

**Verstehen von chemischen Problemen**  
**„SIMBA“ – Studie: Charakterisierung situativer mentaler Modellbildung in**  
**der Chemie**

**Problemstellung**

Im Rahmen der Kompetenzorientierung im naturwissenschaftlichen Fachunterricht ist es ein zentrales Anliegen Schülerinnen und Schülern einen Forschungsprozess im Sinne des hypothetisch-deduktiven Vorgehens zu vermitteln. Es wird gefordert, dass Lernende wissenschaftliches Denken zur Bearbeitung einer Problemstellung nutzen (Koenen & Tiemann, 2018). Werden naturwissenschaftliche Fragestellungen bearbeitet, sollen im Rahmen des deduktiven Vorgehens begründete Hypothesen von den Schülerinnen und Schülern generiert werden (Wellnitz & Mayer, 2013). Im Unterrichtsfach Chemie sind Problemstellungen allerdings sehr abstrakt, da Schülerinnen und Schüler auf eine ihnen unbekannte Ebene, die submikroskopische Ebene (Johnstone, 1991), wechseln müssen. Lernende haben folglich große Schwierigkeiten, chemische Problemstellungen zu verstehen (Scherer, Meßinger-Koppelt, & Tiemann, 2014). Allerdings bildet das Verstehen einer Problemsituation die Voraussetzung, um naturwissenschaftliche Fragestellungen im Chemieunterricht bearbeiten zu können. Es stellt sich die Frage, welche kognitiven Subprozesse das Verstehen und Charakterisieren (Scherer et al., 2014) eines Problems bestimmen.

**Theorie**

Anhand eines mentalen Modells können mögliche kognitive Prozesse, die während des Verstehens ablaufen, beschrieben werden (Johnson-Laird, 1983) und erklären letztlich, wie die Informationen zum Verständnis strukturiert werden. Vereinfacht könnte man mentale Modelle somit als *Tools* für *Reasoning* beschreiben (Wang & Barrow, 2010). Bislang ist allerdings unklar, anhand welcher Indikatoren Informationen strukturiert werden, um Probleme mit chemischen Inhaltsbereichen erfolgreich zu verstehen, eine Hypothese generieren und im Verlauf das Problem lösen zu können. Ein Ansatz zur Untersuchung dieser Frage basiert auf einem aus der Theorie abgeleiteten (Lesh, Hoover, Hole, Kelly, & Post, 2000) und in ersten empirischen Studien untersuchten Modellverständnis, welches die Besonderheiten der Naturwissenschaft Chemie berücksichtigt und die individuellen Voraussetzungen in Form interner Ressourcen sowie die Einflüsse der Umgebung als externe Stimuli auf die Situation erfasst (Nave & Tiemann, 2018; Rost & Tiemann, 2017). Dieser **situative mentale Modellbildungsansatz (SIMBA)** beschreibt das Problemverstehen anhand von vier „Bausteinen“ (Proposition, Relation, Implikation und Konzeption), die sowohl deskriptive als auch kausale Beziehungen eines naturwissenschaftlichen Phänomens berücksichtigen (siehe Abb. 1).

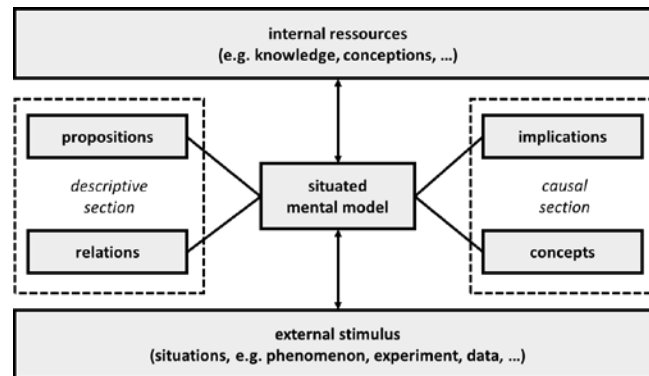


Abbildung 1 Vorschlag zur kognitiven Organisation eines mentalen Modells (Tiemann, 2019, unpublished).

### Ziel der Studie

Neben einer validen Operationalisierung des situativen mentalen Modells (Abb. 1) unter Berücksichtigung von domänenspezifischen, externen Stimuli und personenspezifischer Variablen verfolgt das Promotionsvorhaben das Ziel, genauer den Prozess der Hypothesenbildung beschreiben (Teilstudie 1) und durch geeignete Prompting-Maßnahmen unterstützen zu können (Teilstudie 2). Aus diesem Anspruch ergeben sich folgende Forschungsfragen:

F1: Wie können die SIMBA-Kategorien unter Berücksichtigung von verschiedenen chemischen Inhalten und personenspezifischen Variablen operationalisiert werden?

F2: Wie nutzen Schülerinnen und Schüler die SIMBA-Kategorien, um in Form eines deduktiven Vorgehens Hypothesen zu generieren?

F3: Wie beeinflusst das mentale Modell, die Fähigkeit zur Hypothesenbildung?

F4: Wie können Schülerinnen und Schüler durch verschiedene Prompting-Maßnahmen bei der Bildung geeigneter mentaler Modelle unterstützt werden?

### Untersuchungsdesign

Die Studie weist einen explorativen Forschungscharakter auf und orientiert sich an einem Mixed Method-Ansatz, mit einer sequenziellen Datenaufnahme. Sie gliedert sich somit in zwei Teilstudien. Um kognitive Prozesse auf einer individuellen Ebene abbilden zu können, wurde für eine Studie 1 ein qualitatives Design gewählt. Mit Hilfe einer Kombination aus der Methode des Lauten Denkens, das Anfertigen von Concept Maps und der Generierung von Hypothesen, sollen die Forschungsfragen eins bis drei beantwortet werden. Vor Beginn der eigentlichen Befragung erhalten alle Schülerinnen und Schüler ein Training zur Erstellung von Concept Maps (Sumfleth, Neuroth, & Leutner, 2010). Für die Studie 1 erfolgt zunächst eine Pilotierung mit einem Leistungskurs der Klassenstufe 11 an einem Berliner Gymnasium N= 8. Im Anschluss erfolgt die eigentliche qualitative Erhebung, für die eine Stichprobe von N= 30 Schülerinnen und Schüler angestrebt wird. Die Erhebung verteilt sich auf drei weitere Berliner Gymnasien. Da sich mentale Modelle durch individuelles Vorwissen unterscheiden, werden in einem Fragebogen Variablen wie chemisches Vorwissen, kognitive Grundfertigkeit, räumliches Denken, die Fähigkeit Hypothesen zu bilden, *Need for Cognition* und die chemiespezifische Motivation als Co-Variablen erhoben. Um den *Cognitive Load*

während der Bearbeitung der Schülerinnen und Schüler zu erfassen, wird auch dieser in Form einer Kurzsкала am Ende der Befragung erhoben.

Darüber hinaus ist für die Bildung eines mentalen Modells auch der externe Stimulus entscheidend. Hierfür wurden interaktive Demonstrationsvideos entwickelt, die ein mentales Modell bei den Schülerinnen und Schülern initiieren sollen.

Nach der Konkretisierung der Forschungsergebnisse aus Studie 1 wird in einem quantitativen Ansatz eine finale Operationalisierung anhand einer Fragebogenstudie (Studie 2) erfolgen. Hierfür werden sowohl Schülerinnen und Schüler als auch Lehrerinnen und Lehrer nach Sichtung der Demonstrationsvideos befragt, wie wichtig ihnen die erarbeiteten Operatoren für ein Verständnis der Problemsituationen erscheinen. Zur Validierung des Fragebogens erfolgt auch in Studie 2 eine Pilotierung des Testinstruments. Darüber hinaus werden ebenfalls in dieser Studie personenspezifische Co-Variablen erfasst. Anhand dieser Ergebnisse soll die Forschungsfrage vier beantwortet werden.

### **Entwicklung von interaktiven Demonstrationsvideos**

Insgesamt wurden drei Demonstrationsvideos entwickelt, die chemische Phänomene zu den Themengebieten „Säuren und Laugen“, „Kohlenwasserstoffe“ und „Alkohole“ (LISUM, 2016) in einer experimentellen Laborumgebung zeigen und interaktive Zusatzinformationen darbieten. Die curriculare Validität wurde in Form einer Analyse des Rahmenlehrplans und einer Analyse von drei aktuellen Schulbüchern für das Land Berlin/Brandenburg berücksichtigt. Die Demonstrationsvideos wurden nach den Richtlinien der „*Cognitive Theory of Multimedia Learning*“ (Mayer, 2014) und eines detaillierten Konstruktionsmanuals gestaltet. Anhand eines Ratings durch Expertinnen und Experten (Doktorandinnen und Doktoranden der Fachdidaktik und Lehr-/Lernforschung Chemie N= 5, Studierende im Masterstudium des Lehramts Chemie N= 12 und Referendarinnen und Referendare Chemie N= 12) wurde mithilfe eines selbsterstellten Fragebogens die Qualität und die Umsetzung des Konstruktionsmanuals der Demonstrationsvideos eingeschätzt. Die verschiedenen Populationen wurden gewählt, um möglichst die Inhaltsvalidität zu sichern. Die Videos wurden im Folgenden nach Vorgaben der Expertinnen und Experten optimiert. Weiterhin wird die Inhaltsvalidität der Videos überprüft, indem die Intercoderreliabilität für das theoretische Konstrukt des mentalen Modells bestimmt wird. Die Gestaltung der Videos erfolgt streng kontrolliert, da der externe Stimulus einen großen Einfluss auf die Bildung eines mentalen Modells hat. Damit eine möglichst generelle Aussage zum Erstellen von Prompts zur mentalen Modellbildung möglich ist, wurde bewusst eine Varianz in den Inhalten der Demonstrationsvideos erzeugt. Anhand dieser Vielfalt lässt sich für eine qualitative Studie ein möglichst großer und heterogener Datensatz erzeugen.

**Literatur**

- Johnson-Laird, P. N. (1983). *Mental models : towards a cognitive science of language, inference, and consciousness*. Cambridge, Mass.: Harvard Univ. Press.
- Johnstone, A. H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, 7, 75-83.
- Koenen, J., & Tiemann, R. (2018). *Das Experiment als Methode der Erkenntnisgewinnung – Alleinstellungsmerkmal des Chemieunterrichts*. Baltmannsweiler: Schneiderverlag Hohengehren.
- Lesh, R., Hoover, M., Hole, B., Kelly, H., & Post, T. (2000). Principles for developing thought-revealing activities for students and teachers. In A. Kelly & R. Lesh (Eds.). *Handbook of Research Design in Mathematics and Science Education*. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- LISUM Landesinstitut für Schule und Medien Berlin - Brandenburg (2016). *Rahmenlehrplan Online, Berlin & Brandenburg: Teil C, Chemie Jahrgangsstufe 7-10*. Retrieved from <http://bildungsserver.berlin-brandenburg.de/rlp-online/startseite/> [accessed: 09.10.2019]
- Mayer, R. E. (Ed.) (2014). *The Cambridge handbook of multimedia learning* (Vol. 2). Cambridge: Cambridge University Press.
- Nave, K., & Tiemann, R. (2018). *Mentale Modellbildung - Verstehen und charakterisieren von Problemlöseprozessen in der Chemie*. Paper presented at the Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik GDChP, Kiel, Germany.
- Rost, M., & Tiemann, R. (2017). *Modelle als Mittel der Erkenntnisgewinnung im Chemieunterricht nutzen. Erste Ergebnisse aus einem Ansatz zur Zweckorientierung von Modellen*. Paper presented at the Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik GDChP, Regensburg, Germany.
- Scherer, R., Meßinger-Koppelt, J., & Tiemann, R. (2014). Developing a computer-based assessment of complex problem solving in Chemistry. *International Journal of STEM Education*, 1(2), 15.
- Sumfleth, E., Neuroth, J., & Leutner, D. (2010). Concept Mapping - eine Lernstrategie muss man lernen. Concept Mapping - Learning Strategy is Something You Must Learn. *Chemkon*, 17(2), 66-70.
- Tiemann, R. (2019). Describing the structure of mental models: First insights in a situated mental model building approach. unpublished results.
- Wang, C.-Y., & Barrow, L. H. (2010). Characteristics and Levels of Sophistication: An Analysis of Chemistry Students' Ability to Think with Mental Models. *Research in Science Education*, 41(4), 561-586.
- Wellnitz, N., & Mayer, J. (2013). Erkenntnismethoden in der Biologie - Entwicklung und Evaluation eines Kompetenzmodells. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 19, 315-345.