

## Repräsentationswechsel zwischen molekularen Darstellungsformen

### Ausgangslage

Für das Verständnis und die Kommunikation chemischer Inhalte sind die Verwendung einer Vielzahl externer Repräsentationen der molekularen Ebene bedeutend, da chemische Vorgänge nicht durch direkte Beobachtung zugänglich sind und jede Darstellungsart spezifische Aspekte und somit einen limitierenden Bereich des Referenzobjektes abbildet (Justi & Gilbert, 2002; Kozma & Russell, 2005; Taskin, Bernholt, & Parchmann, 2015; Wu & Shah, 2004). Dasselbe Molekül kann folglich durch unterschiedliche Moleküldarstellungen repräsentiert werden, damit chemische Phänomene mittels verschiedener Blickwinkel betrachtet und erfasst sowie entsprechende Zugänge für Lernende gewährleistet werden können. Das betont die Notwendigkeit, die verschiedenen Repräsentationsarten der molekularen Ebene in Beziehung setzen und ineinander überführen zu können. Die dahinterstehende Fähigkeit wird unter dem Begriff *Translationsfähigkeit* gefasst und stellt einen wesentlichen Bestandteil der Repräsentationskompetenz dar, die für ein tiefergehendes Chemieverständnis essentiell ist (Kozma & Russell, 1997, 2005). Lernende zeigen jedoch Schwierigkeiten beim Umgang mit verschiedenen externen Repräsentationen des gleichen Zielbereiches (Ainsworth, 2006; Taskin & Bernholt, 2014; Wu & Shah, 2004). Aus diesem Grund widmet sich dieses Promotionsprojekt der Untersuchung der Translationsfähigkeit bei Lernenden.

### Theoretischer Hintergrund

Repräsentationen der molekularen Ebene lassen sich aufgrund ihrer strukturellen Merkmale gruppieren. Dabei wurden im Rahmen dieses Projektes drei Kategorien identifiziert: Symbolisch, Hybrid und Ikonisch (Abb. 1). Ausgangslage bildet dabei die nach Schnotz (2001, 2002, 2014) vorgenommene Einteilung externer Repräsentationen in *descriptions* und *depictions*. Dabei bestehen *descriptions* aus Symbolen, besitzen eine arbiträre Struktur und sind durch Konventionen mit dem Referenzobjekt verbunden (Schnotz, 2002). *Depictions* hingegen weisen strukturelle Ähnlichkeiten zum Referenzobjekt auf und beinhalten ikonische Zeichen (Schnotz, 2002). Bezugnehmend zu chemischen Moleküldarstellungen bestehen symbolische Darstellungen aus Zeichen und Zahlen. Sie umfassen Summen- und Halbstrukturformeln, welche keine räumlichen Informationen enthalten und strukturelle Informationen nur in Ansätzen aufweisen (Gilbert, 2005, 2008; Talanquer, 2011). Bei ikonischen Repräsentationen dominieren geometrische Formen und eine 3-Dimensionalität, sodass die räumliche Struktur einer chemischen Verbindung direkt erkennbar ist (Talanquer, 2011). Dennoch existieren weitere Moleküldarstellungen, die weder den symbolischen noch den ikonischen Repräsentationen zugeordnet werden können (Talanquer, 2011). Somit bedarf es einer weiteren Kategorie - der Mischform (Hybrid). Repräsentationen dieser Kategorie beinhalten symbolische als auch ikonische Merkmale. In den 2-dimensionalen Darstellungen können strukturelle Informationen direkt entnommen werden. Dies wird bei Betrachtung von funktionellen Gruppen organischer Verbindungen deutlich: das Kohlenstoffgerüst ist im Vergleich zu symbolischen Darstellungen direkt erkennbar. Räumliche Informationen sind nicht oder nur indirekt entnehmbar, sodass es einer entsprechenden Interpretation der Darstellung und mentalen Verarbeitung bedarf, wie dies bei Keilstrichformeln deutlich wird. Abbildung 1 zeigt die in dieser Arbeit zugrunde gelegte Klassifikation chemischer Moleküldarstellungen.

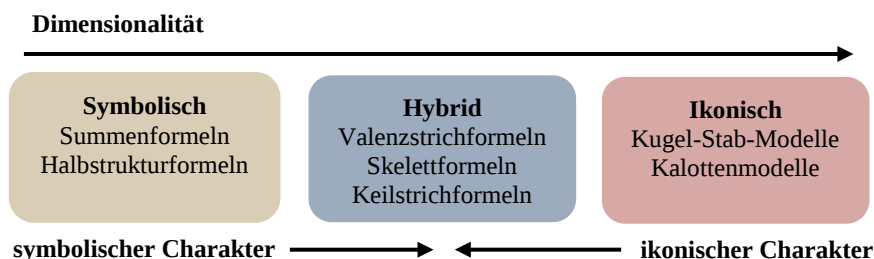


Abb. 1: Klassifikation chemischer Moleküldarstellungen

Auf Basis der Klassifikation resultieren entsprechende Übersetzungswege zwischen einzelnen Moleküldarstellungen, welche die Grundlage dieser Studie bilden. Damit ein erfolgreicher Wechsel zwischen verschiedenen Repräsentationen stattfinden kann, muss die gegebene Darstellung entsprechend verarbeitet werden, die Beziehung zur Zieldarstellung und deren Konventionen präsent sein und in diese schlussendlich transformiert werden. Jedoch existieren kaum systematische und detaillierte Befunde zu möglichen Zusammenhängen der Fähigkeit eines erfolgreichen Repräsentationswechsels und personenspezifischer Variablen. Dies scheint allerdings ein entscheidendes Puzzleteil, um ein elaborierteres Verständnis der zugrundeliegenden kognitiven Prozesse der Lernenden zu erhalten und somit mögliche schwierigkeitsbestimmende Faktoren beim Erlernen von chemischen Inhalten zu identifizieren. Bereits bestehende Untersuchungen zu Korrelationen sind häufig durch kleine Stichprobengrößen und der betrachteten Übersetzungswege limitiert. So stellten Keig und Rubba (1993) in ihrer Studie einen Zusammenhang zum domänenspezifischen Wissen zu den entsprechenden Repräsentationen sowie zur *reasoning ability* fest, konnten jedoch keinen Zusammenhang zum räumlichen Vorstellungsvermögen finden. Die Autoren betonen, dass ein Zusammenhang durchaus vorhanden sein könnte, dieser jedoch durch das Untersuchungsdesign nicht erkannt werden konnte. Gerade das räumliche Vorstellungsvermögen lässt einen positiven Zusammenhang zur Translationsfähigkeit vermuten, da unter anderem Wu & Shah (2004) die Bedeutung von *spatial ability* für das Verständnis und Erlernen chemischer Inhalte betonen. Um tiefergehende Erkenntnisse zur Translationsfähigkeit zu erhalten, ist die Betrachtung weiterer Kovariablen aus dem kognitiven, affektiven und schulisch-soziodemographischen Bereich zu empfehlen.

### Forschungsfragen

Ziel des Promotionsprojektes ist die Analyse der Übersetzungsleistung bei verschiedenen Moleküldarstellungen von Lernenden (Translationsfähigkeit) und dessen Zusammenhang mit explorativ ausgewählten personenspezifischen Variablen. Daher wird folgenden Forschungsfragen nachgegangen:

FF1: Inwiefern lassen sich die angenommenen Übersetzungswege basierend auf strukturellen Merkmalen der Repräsentationsarten im chemischen Kontext empirisch wiederfinden und differenzieren?

FF2: Welche Zusammenhänge bestehen zwischen der Translationsfähigkeit im chemischen Kontext und ausgewählten personenbezogenen Kovariablen?

### Studiendesign

Im Rahmen einer quantitativ-deskriptiven Querschnittstudie werden die Forschungsfragen bearbeitet, um einen globalen Blick auf das Thema zu gewährleisten. Die Zielgruppe für die

Analyse dessen, bilden Schülerinnen und Schüler der 10. und 11. Jahrgangsstufe. Für das Erhebungsvorgehen wird eine Untersuchungsmatrix aufgespannt (Tab. 1), welche basierend auf der Klassifikation chemischer Moleküldarstellungen (Abb. 1) durch die entstehenden Zellen die einzelnen Übersetzungswege darstellt.

Tab. 1: Untersuchungsmatrix

| Ausgangs-<br>repräsen-<br>tation |                | Zielrepräsentation |            |              |
|----------------------------------|----------------|--------------------|------------|--------------|
|                                  |                | Symbolisch (S)     | Hybrid (H) | Ikonisch (I) |
|                                  | Symbolisch (S) | S-S                | S-H        | S-I          |
|                                  | Hybrid (H)     | H-S                | H-H        | H-I          |
|                                  | Ikonisch (I)   | I-S                | I-H        | I-I          |

Das für die Erhebung der Translationsfähigkeit von Lernenden bei chemischen Moleküldarstellungen einzusetzende Testinstrument stellt einen Multiple-Choice Test dar, welcher durch technologiebasiertes Verfahren eingesetzt wird. Jeder Übersetzungswege der identifizierten Kategorien (Symbolisch, Hybrid und Ikonisch) und folglich jede der neun Zellen in der Untersuchungsmatrix (Tab. 1) wird durch je zehn Items repräsentiert. Die Items beinhalten die Aufforderung, eine gegebene chemische Verbindung in eine andere Repräsentationsart zu übersetzen. Dabei sind notwendige Fachinformationen gegeben, um die Fachwissensunabhängigkeit zu gewährleisten. Die in den Items verwendeten Moleküldarstellungen sind im Rahmen einer Schulbuchanalyse identifiziert worden, welche die Analyse der Verwendung chemischer Repräsentationen der molekularen Ebene zum Ziel hatte. Die Testentwicklung orientiert sich unter anderem an dem Vorgehen nach Terzer, Hartig und Upmeyer zu Belzen (2013) sowie Jonkisz, Moosbrugger und Brandt (2012). Demnach erfolgen im Rahmen von Vorstudien eine qualitative (N = 10) und quantitative Itemanalyse (N = 200), um entsprechende Itemerprobungen zu gewährleisten und Itemüberarbeitungen einzuleiten. Die Items werden mittels eines Multi-Matrix-Designs auf Testhefte aufgeteilt, da die Bearbeitung aller Items durch einen Probanden aus testökonomischen Gründen nicht möglich ist.

Die Performanz der Probanden in den erstellten Items ermöglicht die Erfassung des latenten Konstruktes der Translationsfähigkeit. Dies bildet die Grundlage für die Bearbeitung der ersten Forschungsfrage mittels Analysen mit dem Rasch-Modell. Dazu wird eine Stichprobengröße von 700 Probanden antizipiert (Bond & Fox, 2015).

Für die Bearbeitung der zweiten Forschungsfrage werden zusätzlich personenspezifische Kovariablen, wie das räumliche Vorstellungsvermögen mittels standardisierter Testinstrumente erhoben.

# Literatur

- Ainsworth, S. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and instruction*, 16(3), 183-198. doi:10.1016/j.learninstruc.2006.03.001
- Bond, T. G., & Fox, C. M. (2015). *Applying the Rasch Model: Fundamental Measurement in the Human sciences* (3. ed.). New York: Routledge.
- Gilbert, J. K. (2005). Visualization: A metacognitive skill in science and science education. In J. K. Gilbert (Ed.), *Visualization in Science Education* (pp. 9-27). Dordrecht: Springer.
- Gilbert, J. K. (2008). Visualization: An Emergent Field of Practice and Enquiry in Science Education. In J. K. Gilbert, M. Reiner, & M. Nakhleh (Eds.), *Visualization: Theory and Practice in Science Education* (pp. 3-24). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Jonkisz, E., Moosbrugger, H., & Brandt, H. (2012). Planung und Entwicklung von Tests und Fragebogen. In H. Moosbrugger & A. Kelava (Eds.), *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion* (pp. 27-74). Berlin: Springer.
- Justi, R., & Gilbert, J. (2002). Models and Modelling in Chemical Education. In J. K. Gilbert, O. De Jong, R. Justi, D. F. Treagust, & J. H. Van Driel (Eds.), *Chemical Education: Towards Research-based Practice* (pp. 47-68). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Keig, P. F., & Rubba, P. A. (1993). Translation of Representations of the Structure of Matter and its Relationship to Reasoning, Gender, Spatial Reasoning, and Specific Prior Knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(8), 883-903. doi:10.1002/tea.3660300807
- Kozma, R., & Russell, J. (1997). Multimedia and Understanding: Expert and Novice Responses to Different Representations of Chemical Phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(9), 949-968. doi:10.1002/(SICI)1098-2736(199711)34:9<949::AID-TEA7>3.0.CO;2-U
- Kozma, R., & Russell, J. (2005). Students Becoming Chemists: Developing Representational Competence. In J. K. Gilbert (Ed.), *Visualization in Science Education* (pp. 121-145). Dordrecht: Springer.
- Peirce, C. S. S. (1906). Prolegomena to an apology for pragmatism. *The Monist*, 16(4), 492-546. Retrieved from <https://www.jstor.org/stable/27899680>
- Schnotz, W. (2001). Wissenserwerb mit Multimedia. *Unterrichtswissenschaft*, 29(4), 292-318.
- Schnotz, W. (2002). Commentary: Towards an Integrated View of Learning from Text and Visual Displays. *Educational Psychology Review*, 14(1), 101-120. doi:10.1023/A:1013136727916
- Schnotz, W. (2014). Integrated Model of Text and Picture Comprehension. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (2. ed., pp. 72-103). Cambridge: Cambridge University Press.
- Talanquer, V. (2011). Macro, Submicro, and Symbolic: The many faces of the chemistry "triplet". *International Journal of Science Education*, 33(2), 179-195. doi:10.1080/09500690903386435
- Taskin, V., & Bernholt, S. (2014). Students' Understanding of Chemical Formulae: A review of empirical research. *International Journal of Science Education*, 36(1), 157-185. doi:10.1080/09500693.2012.744492
- Taskin, V., Bernholt, S., & Parchmann, I. (2015). An inventory for measuring student teachers' knowledge of chemical representations: design, validation, and psychometric analysis. *Chemistry Education Research and Practice*, 16(3), 460-477. doi:10.1039/C4RP00214H
- Terzer, E., Hartig, J., & Upmeyer zu Belzen, A. (2013). Systematische Konstruktion eines Tests zu Modellkompetenz im Biologieunterricht unter Berücksichtigung von Gütekriterien. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 19(1), 51-76.
- Wu, H.-K., & Shah, P. (2004). Exploring Visuospatial Thinking in Chemistry Learning. *Science Education*, 88(3), 465-492. doi:10.1002/sce.10126