

Die Wahrnehmung des Abstraktionsgrades von multiplen Repräsentationen

Ausgangslage

Multiple externe Repräsentationen (MER) sind für das Verstehen und Kommunizieren von Fachinhalten in der Chemie unerlässlich (Coll, 2006). Das Bestehen und der Nutzen von MER ist insbesondere auf die Notwendigkeit der Visualisierung des nicht-sichtbaren bzw. atomaren Bereichs zurückzuführen (Johnstone, 1993). Externe Repräsentationen (ER) tragen die Eigenschaft eine begrenzte Anzahl der Merkmale des Referenzobjektes zu visualisieren, sodass in der Chemie verschiedene ER für den gleichen Zielbereich bestehen (Justi & Gilbert, 2002). Studien zeigen, dass der Einsatz von MER für den gleichen Zielbereich effizienter für den Lernerfolg ist als das Nutzen einer einzigen ER. Über den Einfluss konkreter und abstrakter MER im naturwissenschaftlichen Unterricht bestehen inkonsistente Ergebnisse, die zum einen auf unterschiedliche Definitionen zurückzuführen sind, zum anderen in Abhängigkeit zum Lernkontext stehen (Jaakkola & Veermans, 2015). Für die Effektivität unterschiedlicher Repräsentationen im Chemieunterricht liegen bisher wenige Ergebnisse vor. Die Ergebnisse der Studie von Lin, Son, and Rudd (2016) zeigen, dass Instruktionen beginnend mit konkreten ER einen positiven Effekt auf den Lernprozess haben, verglichen zu abstrakten ER. Über das Nutzen von MER für den atomaren Bereich geht aus der fachdidaktischen Forschung hervor, dass insbesondere Lernende mit niedrigem Fachwissen zu „simple realistic models“ neigen (Cheng & Gilbert, 2017; Harrison & Treagust, 1996). Des Weiteren unterscheiden sich Experten von Novizen bezüglich des pragmatischen Gebrauchs von Repräsentationen als auch der Kenntnisse über ihre Eigenschaften (Coll, 2006; Grosslight, Unger, & Jay, 1991).

Theoretischer Hintergrund

Im Allgemeinen lässt sich eine externe Repräsentation als ein reales Objekt definieren, das für ein anderes steht (Gieryn, 2004; Schnotz, 2002). Der Term „multiple“ beschreibt das Nutzen mehrerer verschiedener ER für den gleichen Zielbereich. Ainsworth and VanLabeke (2004) führen für die Differenzierung von MER verschiedene Kategorien an, u.a. den Abstraktionsgrad, der zwischen diesen variieren kann. Der Abstraktionsgrad lässt sich anhand der Theorie von Schnotz (2002) präziser definieren. Die Kategorisierung des Abstraktionsgrades einer ER steht laut Schnotz in Abhängigkeit zu der Art der Visualisierung von Merkmalen des Referenzobjektes. Depiktionale Repräsentationen enthalten Ikonen und ihre Beziehung zu dem Bezeichneten beruht auf strukturellen Ähnlichkeiten während deskriptive Repräsentationen aus Symbolen bestehen, deren Beziehung zum Referenzobjekt arbiträr ist und auf Konventionen beruht. Zudem können sich depiktionale und deskriptive Repräsentationen anhand des Informationsgehaltes und ihrer Nutzungseigenschaften unterscheiden. Zwei ER sind unter Einbezug der Aufgabenklasse dann informationsäquivalent, wenn die zur Aufgabenbewältigung benötigten Informationen enthalten sind. Der Informationsgehalt einer Repräsentationsform steht im Zusammenhang mit ihrer internen Struktur sowie den Prozeduren, mithilfe derer die Informationen aus diesen entnommen werden können. Eine Nutzungsäquivalenz zweier ER liegt dann vor, wenn die Informationsentnahme aus beiden Repräsentationen eine ähnliche kognitive Belastung beansprucht. Neben Schnotz schlägt Gilbert (2008) ebenfalls eine Kategorisierung von MER vor, die auf einem System in Abhängigkeit von der Anzahl der physikalischen Dimensionen der Darstellung beruht. In Bezug auf die chemischen ER eines Atoms definiert der Autor die bestehende strukturelle Ähnlichkeit zwischen Darstellungen und dem dargestellten Objekt als positive Analogie, während fehlende strukturelle Eigenschaften als

negative Analogien bezeichnet werden. Darüber hinaus geht er davon aus, dass 1D-Darstellungen wie chemische Symbole von Natur aus abstrakt sind und aus Symbolen bestehen (Gilbert, 2008).

Forschungsfragen

Im Fokus des Promotionsprojekts steht zum einen die Analyse der Wahrnehmung von und der Umgang mit MER von Lernenden, zum anderen die Analyse des Nutzens unterschiedlicher Repräsentationen beim Erklären chemischer Phänomene. Dem zweiteiligen Promotionsprojekt liegen folgende Forschungsfragen zugrunde:

FF1: Wie werden unterschiedliche externe Repräsentationen des atomaren Bereichs in Bezug auf ihre Eignung für die Informationsentnahme von Lernenden wahrgenommen?

FF2: Inwieweit nimmt die Nutzung unterschiedlicher externer Repräsentationen Einfluss auf das Erklären der phänomenologischen Ebene und den Lernprozess?

Folgende Ausführungen beziehen sich auf die erste Teilstudie.

Design

Zunächst wurde eine Schulbuchanalyse durchgeführt, deren Ergebnisse zeigt, dass folgende ER des atomaren Bereichs in Schulbüchern verwendet werden und nach Schnotz folgendermaßen nach *konkret* und *abstrakt* angenommen werden können: Verhältnisformel, Ionenschreibeweise, Wortgleichung (*abstrakt*) und Lewisformel bzw. das Kalottenmodell (*konkret*). In der ersten Studie wurden quantitative Daten mithilfe eines selbst entwickelten Paper-pencil-Test erhoben, der drei Teile umfasst: einen Repräsentationstest, ein semantisches Differential und einen Fachwissenstest. Ziel ist die Analyse von Zusammenhängen zwischen 1) der Fähigkeit, Informationen aus MER abzurufen und zu extrahieren, 2) der Wahrnehmung der Lernenden gegenüber verschiedenen MER und 3) dem zugrundeliegenden Fachwissen zum Thema Säure und Basen. Ausgehend von dem zuvor pilotierten Fachwissenstest wurden Items im Multiple-Choice Format entwickelt, um die Fähigkeit der Lernenden zur Informationsentnahme aus MER zu erheben. Hierzu wurden die Inhalte der einzelnen Items des Fachwissenstests mithilfe zweier Repräsentationsformen visualisiert, sodass ein Itempool von 48 Items vorliegt. Die 48 Items wurden nach dem *balanced incomplete block design* auf vier Blöcke à 12 Items verteilt und diese so kombiniert, dass vier unterschiedliche Testhefte vorliegen (Gonzalez & Rutkowski, 2010). Die Verteilung der Items erfolgte unter den Bedingungen, dass in jedem Testheft nur ein Item zu den Inhalten des Fachwissenstests vorkommt und die Anzahl der unterschiedlichen Repräsentationsformen über die Testhefte gleichgehalten wird. Da jeweils zwei der vier Blöcke die gleichen Items aus dem Fachwissenstest, allerdings in unterschiedlichen Repräsentationen beinhalteten, wurde die Zusammenführung dieser zwei Blöcke zu einem Testheft vermieden. Basierend auf Schnotz' Definition wurde anhand der Methode nach Osgood (1964) ein semantisches Differential konzipiert, das dichotome Attribute beinhaltet, um die Wahrnehmung sowie Beurteilung der Lernenden in Bezug auf die MER nach *abstrakt* und *konkret* zu erheben. Anhand einer sechsstufigen bipolaren Rating-Skala sollten Lernende die bereits aus dem ersten Test bekannten Repräsentationsformen nach ihren strukturellen Eigenschaften sowie dem Informationsgehalt beurteilen. Der aus 32 Items bestehende Fachwissenstest wurde im Multiple-Choice Format entwickelt. Die Items sind teilweise aus bereits bestehenden Fachwissenstests adaptiert (Fechner, 2009; Harbach, 2013; Ropohl, 2010).

Analyse und Ergebnisse

Für die Analyse der ersten Forschungsfrage kann auf eine Stichprobe von 130 Studierenden aus der Studieneingangsphase mit einem Durchschnittsalter von 20 Jahren ($M = 20,0$; $SD = 2,0$) zurückgegriffen werden, die aus einer Chemievorlesung rekrutiert wurden. Um zu unter-

suchen, ob die Informationsentnahme aus MER und das Fachwissen sich als separate Konstrukte erfassen lassen, erfolgte die Überprüfung des Datensatzes mithilfe des ein- und zweidimensionalen Rasch-Modells. Sowohl die Deviance als auch die Fitkriterien weisen darauf hin, dass das zweidimensionale Modell besser zu den Daten passt als das eindimensionale Modell (Bond & Fox, 2007).

Tab. 1 Merkmale der berechneten Rasch-Modelle für den Fachwissens- und Repräsentationsstest.

Modell	Dimension	EAP reliability	Geschätzte Parameter	Deviance	BIC	AIC
1	1	.92	81	8063	8458	8225
2	1	.91	83	8034	8439	8200
	2	.88				

Zwischen den zwei separaten Fähigkeiten lässt sich zudem eine hohe Korrelation feststellen, die signifikant ist, $r = .9, p < .001$. Anhand der Itemschwierigkeit der einzelnen Repräsentationsitems wurde für jede der fünf ER eine mittlere Itemschwierigkeit ermittelt, um Aussagen über die Schwierigkeit der Informationsentnahme für die einzelnen Visualisierungsformen des atomaren Bereichs zu treffen. Repräsentationsitems, die mithilfe des Kalottenmodells visualisiert wurden, haben durchschnittlich die höchste Itemschwierigkeit ($M = 0.52, SD = 0.87$), während die mit der Ionenschreibweise die geringste aufweisen ($M = -0.6, SD = 1.1$). Um die Wahrnehmung der Lernenden zu analysieren, wurde die Skala des semantischen Differentials zunächst mithilfe einer Faktorenanalyse validiert. Ziel der Faktorenanalyse ist es Attribute in Bezug auf die Konstrukte *konkret* und *abstrakt* zu bestimmen und die Struktur der latenten Variablen aufzudecken.

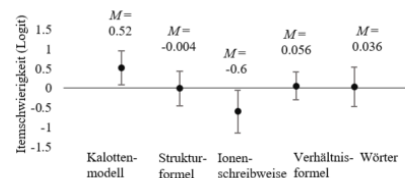


Abb. 1 Itemschwierigkeit für die MER

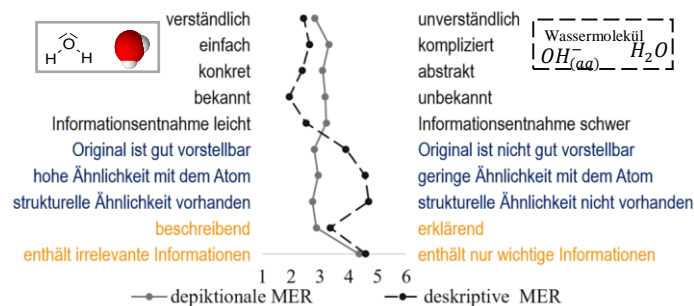


Abb. 2 Ergebnisse des semantischen Differentials

Insgesamt ließen sich drei Komponenten extrahieren. Die erste Komponente beinhaltet fünf Attribute, die die Wahrnehmung der Studierenden in Bezug auf die Eignung zum Abrufen von Informationen beschreiben ($\alpha = .9$), während sich die Attribute auf die Beziehung zwischen ER und der atomaren Ebene beziehen, auf der zweiten Komponente bündeln ($\alpha = .6$). Zwei Attribute zeigen die höchste Faktorladung auf der dritten Komponente, dessen Reliabilität allerdings unzureichend für die Akzeptanz als Skala ist. Studierende nehmen die strukturelle Ähnlichkeit zwischen ER und dem Referenzobjekt theoriekonform wahr (Abb.2), während sie entgegen theoretischer Annahmen, die Informationsentnahme aus abstrakteren ER als leichter wahrnehmen, was sich zudem in der Itemschwierigkeit widerspiegelt.

Ausblick

Ausgehend von den Ergebnissen der ersten Studie wird in einer darauffolgenden Interventionsstudie die Wahl von externen Repräsentationen für das Erklären der phänomenologischen Ebene analysiert und der Einfluss auf das Erklären sowie den Lernprozess herausgearbeitet. Hierbei werden insbesondere diejenigen ER fokussiert, die als extrem bewertet wurden.

Literatur

- Ainsworth, S., & VanLabeke, N. (2004). Multiple forms of dynamic representation. *Learning and Instruction*, 14, 241–255.
- Bond, T., & Fox, C. (2007). *Applying the Rasch model: Fundamental measurement in the human sciences* (2nd ed.). Mahwah, N.J: Lawrence Erlbaum Associates.
- Charles E. Osgood. (1964). Semantic differential technique in the comparative study of cultures. *American Anthropologist*, 66, 171–200.
- Cheng, M. M. W., & Gilbert, J. K. (2017). Modelling students' visualisation of chemical reaction. *International Journal of Science Education*, 39, 1173–1193.
- Coll, R. K. (2006). The role of models, mental models and analogies in chemistry teaching. In P. J. Aubusson, A. G. Harrison, & S. M. Ritchie (Eds.), *Metaphor and Analogy in Science Education* (pp. 65–77). Dordrecht: Springer.
- Fechner, S. (2009). Effects of context-oriented learning on student interest and achievement in chemistry education. Berlin: Logos Verlag.
- Giere, R. N. (2004). How models are used to represent reality. *Philosophy of Science*, 71, 742–752.
- Gilbert, J. K. (2008). Visualization: An emergent field of practice and enquiry in science education. In J. K. Gilbert, M. Reiner, & M. Nakhleh (Eds.), *Models and modeling in science education: v. 3. Visualization: Theory and practice in science education* (1st ed., pp. 3–24). s.l.: Springer Netherlands.
- Gonzalez, E. J., & Rutkowski, L. (2010). Principles of multiple matrix booklet designs and parameter recovery in large-scale assessments. In M. von Davier & D. Hastedt (Eds.), *IERI Monograph Series: Issues and Methodologies in Large-Scale Assessments: Volume 3* (pp. 125–156).
- Grosslight, L., Unger, C., & Jay, E. (1991). Understanding models and their use in science: Conceptions of middle and high school students and experts. *Journal of Research in Science Education*, 22, 799–822.
- Harbach, A. (2013). *Problemorientierung und Vernetzung in kontextbasierten Lernaufgaben* (Vol. 149). Berlin: Logos Verlag.
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (1996). Secondary students' mental models of atoms and molecules: Implications for teaching chemistry. *Science Education*, 80, 509–534.
- Jaakkola, T., & Veermans, K. (2015). Effects of abstract and concrete simulation elements on science learning. *Journal of Computer Assisted Learning*, 31, 300–313.
- Johnstone, A. H. (1993). The development of chemistry teaching: A changing response to a changing demand. *Journal of Chemical Education*, 70, 701–705.
- Justi, R. S., & Gilbert, J. K. (2002). Science teachers' knowledge about and attitudes towards the use of models and modelling in learning science. *International Journal of Science Education*, 24, 1273–1292.
- Lin, Y. I., Son, J. Y., & Rudd, J. A. (2016). Asymmetric translation between multiple representations in chemistry. *International Journal of Science Education*, 38, 644–662.
- Ropohl, M. (2010). *Modellierung von Schülerkompetenzen im Basiskonzept Chemische Reaktion. Entwicklung und Analyse von Testaufgaben* (Vol. 107). Berlin: Logos.
- Schnotz, W. (2002). Towards an integrated view of learning from text and visual displays. *Educational Psychology Review*, 14, 101–120.