

Konkrete und abstrakte Repräsentationen im Chemieunterricht

Ausgangslage

Aus der fachdidaktischen Forschung geht hervor, dass das Lernen mit multiplen externen Repräsentationen (MER) zu tieferem Verständnis der Fachinhalte führt (Ainsworth, Bibby, & Wood, 2002; Gilbert, Reiner, & Nakhleh, 2008). Darüber hinaus konstruieren Lernende ausgehend von ihrem Vorwissen Wissen mithilfe von MER (Ainsworth, 2006; Corradi, Elen, Schraepen, & Clarebout, 2014). Insbesondere in der Chemie besteht die Notwendigkeit des Nutzens von MER, um Phänomene aus dem nicht sichtbaren Bereich zu visualisieren (Johnstone, 1993). Bezüglich des Einflusses abstrakter und konkreter Repräsentationsformen auf den Wissenserwerb besteht dahingegen wenig Konsens, da inkonsistente Ergebnisse bezüglich der Wirkung abstrakter und konkreter Repräsentationen im naturwissenschaftlichen Unterricht vorliegen (Jaakkola & Veermans, 2015). Insbesondere in der Mathematik und Physik führe das Lernen mit abstrakten Repräsentationsformen zu höherer Leistung während andere Studien über eine höhere Effektivität beim Lernen mit kontinuierlich konkreten Repräsentationen berichten (Jaakkola & Veermans, 2015; Kaminski, Sloutsky, & Heckler, 2009; Taramopoulos & Psillos, 2017). Studien, die das Lernen mit konkreten und abstrakten MER im Chemieunterricht untersuchen, berichten ebenfalls von unterschiedlichen Ergebnissen sowie der Effektivität des kontinuierlichen Nutzens einer Repräsentationsform gegenüber mehrerer wechselnder (Georgiadou, A. & Tsapalis, G., 2000; Lin, Son, & Rudd, 2016). Diese Studien basieren auf einer Einteilung von abstrakten und konkreten Repräsentationen nach Johnstone (1993), die von den Autoren selbst angezweifelt wird (Lin et al., 2016). Gegenstand der folgenden Studie ist folglich die Analyse des Einflusses konkreter und abstrakter Repräsentationen auf den chemischen Fachwissenserwerb.

Theoretischer Hintergrund

Studien, die konkrete und abstrakte Repräsentationen zum Forschungsgegenstand haben, basieren auf unterschiedlichen Definitionen von *konkret* und *abstrakt*. Eine Repräsentation wird allgemein als ein Objekt bzw. Ereignis verstanden, das für ein anderes steht bzw. dieses visualisiert (Giere, 2004). Laut Ainsworth (2004) ist eine Kategorisierung externer Repräsentationen nach unterschiedlichen Merkmalen darunter auch dem Abstraktionsgrad möglich, der anhand von Schnotz (2002) näher beschrieben werden kann (siehe Abb.1).

Schnotz differenziert externe Repräsentationen in depiktionale und deskriptive Repräsentationen, die unterschiedliche Charakteristika vorweisen insbesondere im Hinblick auf die Beziehung zwischen der Repräsentation und dem Referenzobjekt.

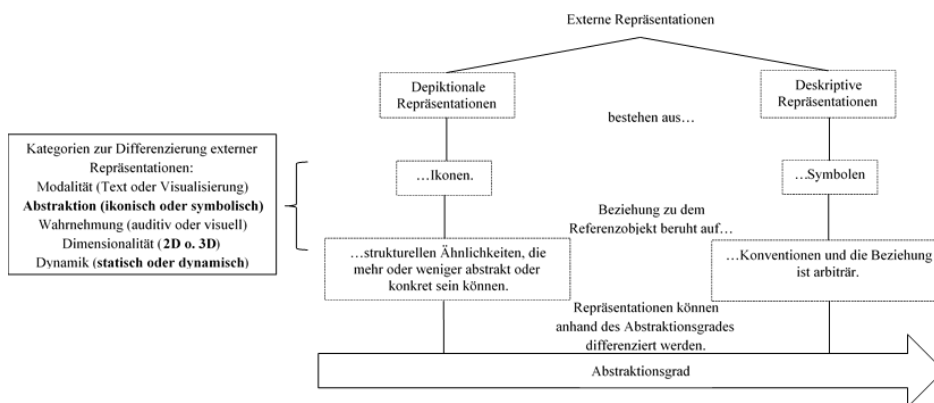


Abb.1. Definition konkreter und abstrakter Repräsentationen (angelehnt an Ainsworth & VanLabeke, 2004; Schnotz, 2002)

Während depiktionale Repräsentationen aus Ikonen bestehen und die Beziehung zu dem Bezeichneten auf struktureller Ähnlichkeit beruht, bestehen deskriptive Repräsentationen aus Symbolen, deren Beziehung zum Referenzobjekt arbiträr ist und auf Konventionen beruht. Depiktionale und deskriptive Repräsentationen lassen sich darüber hinaus auch nach ihrem Informationsgehalt und ihren Nutzungseigenschaften unterscheiden. Zwei externe Repräsentationen 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 (Schnotz & Bannert, 2003). Bezüglich der Nutzungseigenschaften zweier Repräsentationsformen lässt sich sagen, dass diese nutzungsäquivalent sind, wenn die Informationsentnahme aus beiden Repräsentationen ähnliche kognitive Forderungen beanspruchen. Sowohl Cheng und Gilbert (2009) als auch Ainsworth (2008) sehen die Fähigkeit aus unterschiedlichen MER Informationen zu entnehmen als relevante Teilkompetenz im Umgang mit MER in der Chemie.

Forschungsfragen

Um den Einfluss abstrakter und konkreter Repräsentationsformen auf den Fachwissenserwerb in Chemie zu untersuchen wird das Projekt in zwei Teilstudien gegliedert, denen folgende Fragen zugrunde liegen:

FF1: Welche externen Repräsentationen werden von Lernenden als konkret oder abstrakt wahrgenommen?

FF2: Welchen Einfluss nehmen konkrete und abstrakte Repräsentationen auf den Erwerb von chemischem Fachwissen?

Die folgenden Erläuterungen beziehen sich auf die erste Teilstudie.

Methode und Design

Neben der Wahrnehmung von MER nach abstrakt und konkret werden sowohl die Fähigkeit der Lernenden zur Informationsentnahme aus MER als auch das Wissen im Themenbereich Säure-Base-Reaktion erhoben, um Aussagen darüber treffen zu können, ob diese einen Einfluss auf die Beurteilung der MER nehmen.

Basierend auf einem zuvor pilotierten Fachwissenstest zum Thema Säure-Base-Reaktion 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 48 Items vorliegen. Die in der Studie verwendeten Repräsentationsformen für chemische Reaktionen im atomaren Bereich lassen sich nach dieser Definition und anhand ihrer strukturellen Beschaffenheit wie folgt kategorisieren: Kalottenmodell und Strukturformel entsprechen den Depiktionen während die Summen- und Ionenformel sowie Wörter den Deskriptionen zuzuordnen sind.

Die 48 Items wurden nach dem *balanced incomplete block design* auf vier Blöcke á 12 Items verteilt und diese so kombiniert, dass vier unterschiedliche Testhefte vorliegen. 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.

Um die Wahrnehmung sowie Beurteilung der Lernenden in Bezug auf die unterschiedlichen externen Repräsentationen nach *abstrakt* und *konkret* zu erheben, wurde basierend auf Schnotz' Definition ein semantisches Differential bestehend aus dichotomen Attributen entwickelt. Anhand einer sechsstufigen bipolaren Rating-Skala sollten Lernende die bereits aus

dem ersten Test bekannten Repräsentationsformen nach ihren strukturellen Eigenschaften sowie dem Informationsgehalt beurteilen.

Im letzten Schritt wurde mithilfe des Fachwissenstests, ebenfalls im Multiple-Choice Format und bestehend aus 32 Items, Inhalte über Säuren und Basen erhoben. Die Items entstammen teilweise aus bereits bestehenden Fachwissenstests (Fechner, 2009; Harbach, 2013; Ropohl, 2010). Auf der Grundlage einer Concept-Map sowie einer Abstimmung mit dem Kernlehrplan NRW wurden Modifikationen im Sinne der Validität an diesen vorgenommen (Ross & Munby, 1991).

Vorläufige Ergebnisse

Bei der Pilotierung kann auf eine Stichprobe von $N = 20$ ($M_{Alter} = 20,19$, $SD = 3,56$) zurückgegriffen werden. Bei den Teilnehmenden handelt es sich um angehende Chemiestudierende, die an der Sommerschule Chemie an der Universität Paderborn zur Vorbereitung auf das Chemiestudium teilnahmen. Eine zufriedenstellende Güte weist sowohl das pilotierte Testheft, um die Fähigkeit der Studierende Informationen aus MER zu entnehmen ($\alpha_{Cronbachs} = .88$, $.13 < r_{IT} < .69$) als auch der Fachwissenstest ($\alpha_{Cronbachs} = .93$, $-.21 < r_{IT} < .89$) auf.

Erste Auswertungen weisen auf eine signifikante Korrelation und somit einem starken Zusammenhang zwischen dem Fachwissenstest und der Fähigkeit der Informationsentnahme aus MER hin ($r_p = .92$, $p < .001$).

Analysen des semantischen Differentiales weisen Tendenzen dahingehend auf, dass Attribute, die die strukturellen Ähnlichkeiten betreffen, von Lernenden entsprechend der theoretischen Definition den Repräsentationsformen zugeordnet werden. So wird dem Kalottenmodell und der Strukturformel große strukturelle Ähnlichkeiten mit dem Atom zugewiesen während Wörter sowie die Ionen- und Summenformel keine strukturellen Ähnlichkeiten aufweisen.

Dahingehend fällt die Beurteilung der Repräsentationen nach konkret und abstrakt entgegen der theoretischen Kategorisierung aus: Die Ionen- und Summenformel werden trotz geringer struktureller Ähnlichkeit zum Atom als die konkretesten Repräsentationen beurteilt. Gleichzeitig geben die Lernenden an, dass die Informationsentnahme und -identifizierung an diesen Repräsentationen am besten gelingen.

Ausblick

In der Hauptstudie werden die Tests mit einer Stichprobe bestehend aus Studierenden des Faches Chemie als auch Oberstufenschülern durchgeführt, um sowohl Ergebnisse von Lernenden mit hohem als auch geringerem Fachwissen zu erhalten. Aufgrund des verwendeten *balanced incomplete block designs* wird für die Auswertung neben der klassischen Testtheorie zusätzlich die probabilistische Testtheorie herangezogen. Ausgehend von diesen Ergebnissen werden in der zweiten Teilstudie unterschiedliche Lernumgebungen mit variierenden konkreten und abstrakten Repräsentationen entwickelt, um den Einfluss von MER auf das Erlernen von chemischem Fachwissen zu erheben.

Literatur

- Ainsworth, S., & VanLabeke, N. (2004). Multiple forms of dynamic representation. *Learning and Instruction*, 14(3), 241–255.
- Ainsworth, S. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction*, 16(3), 183–198.
- Ainsworth, S. (2008). The educational value of multiple-representations when learning complex scientific concepts. 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. 191–208)*. s.l.: Springer Netherlands.
- Ainsworth, S., Bibby, P., & Wood, D. (2002). Examining the effects of different multiple representational systems in learning primary mathematics. *Journal of the Learning in Science*, 11(1), 25–61.
- Cheng, M. M. W., & Gilbert, J. K. (2017). Modelling students' visualisation of chemical reaction. *International Journal of Science Education*, 39(9), 1173–1193.
- Corradi, D. M. J., Elen, J., Schraepen, B., & Clarebout, G. (2014). Understanding possibilities and limitations of abstract chemical representations for achieving conceptual understanding. *International Journal of Science Education*, 36(5), 715–734.
- Fechner, S. (2009). *Effects of context-oriented learning on student interest and achievement in chemistry education (Vol. 95)*. Berlin: Logos Verlag.
- Georgiadou, A. & Tsapalis, G. (2000). CHEMISTRY TEACHING IN LOWER SECONDARY SCHOOL WITH METHODS BASED ON: A) PSYCHOLOGICAL THEORIES; B) THE MACRO, REPRESENTATIONAL, AND SUBMICRO LEVELS OF CHEMISTRY. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 1(2), 217–226.
- Giere, R. N. (2004). How models are used to represent reality. *Philosophy of Science*, 71(5), 742–752.
- Gilbert, J. K., Reiner, M., & Nakhleh, M. (Eds.). (2008). *Visualization: Theory and Practice in Science Education*. Dordrecht: Springer Netherlands.
- Harbach, A. (2013). *Problemorientierung und Vernetzung in kontextbasierten Lernaufgaben (Vol. 149)*. Berlin: Logos Verlag.
- Jaakkola, T., & Veermans, K. (2015). Effects of abstract and concrete simulation elements on science learning. *Journal of Computer Assisted Learning*, 31(4), 300–313.
- Johnstone, A. H. (1993). The development of chemistry teaching: A changing response to a changing demand. *Journal of Chemical Education*, 70(9), 701–705.
- Kaminski, J. A., Sloutsky, V. M., & Heckler, A. F. (2009). Transfer of Mathematical Knowledge: The Portability of Generic Instantiations. *Child Development*, 3(3), 151–155.
- Lin, Y. I., Son, J. Y., & Rudd, J. A. (2016). Asymmetric translation between multiple representations in chemistry. *International Journal of Science Education*, 38(4), 644–662.
- Ropohl, M. (2010). *Modellierung von Schülerkompetenzen im Basiskonzept Chemische Reaktion. Entwicklung und Analyse von Testaufgaben (Vol. 107)*. Berlin: Logos.
- Ross, B., & Munby, H. (1991). Concept mapping and misconceptions: A study of high-school students' understandings of acids and bases. *International Journal of Science Education*, 13(1), 11–23.
- Schnotz, W. (2002). Towards an integrated view of learning from text and visual displays. *Educational Psychology Review*, 14(1), 101–120.
- Schnotz, W., & Bannert, M. (2003). Construction and interference in learning from multiple representation. *Learning and Instruction*, 13(2), 141–156.
- Taramopoulos, A., & Psillos, D. (2017). Complex phenomena understanding in electricity through dynamically linked concrete and abstract representations. *Journal of Computer Assisted Learning*, 33(2), 151–163.