

Jos Oldag¹
Sascha Schanze¹

¹Leibniz Universität Hannover

Vorbereitung einer automatisierten Analyse von Zeichnungen – Entwicklung eines Kategoriensystems

Problemstellung und theoretischer Hintergrund

Von Lernenden angefertigte Zeichnungen sind wichtiger Bestandteil des Chemieunterrichts (Ainsworth, Prain & Tytler, 2011; Van Meter & Garner, 2005; Wu & Rau, 2019). Problematisch für den Einsatz von Zeichnungsaufgaben in Unterrichtssettings ist eine damit verbundene zeitaufwändige und zumeist unstrukturierte Auswertung der entstehenden Lernendenzeichnungen seitens der Lehrkraft. Als mögliche Lösung für dieses Problem wird im Promotionsprogramm LernMINT (www.lernmint.org) eine automatisierte Analyse von Lernendenzeichnungen in Hinblick auf chemische Konzepte mithilfe von Machine Learning untersucht.

Zeichnungen ermöglichen einen Rückschluss auf Konzeptverständnisse (Devetak, Vogrinc & Glazar, 2009; Akaygun & Jones, 2014; Köse, 2008; Nyachwaya et al., 2011). Die Rückschlüsse sollten aber durch weitere Erhebungsformen, z. B. schriftliche Antworten oder Interviews, gestützt werden (Heeg, Bittorf & Schanze, 2020; Gurel, Eryilmaz & McDermott, 2015). Für die Analyse der in Lernendenzeichnungen zu findenden Konzepte existieren verschiedene Kategorisierungen von übergeordneten chemischen Ideen (z. B. KMK, 2020; Holme, Luxford & Murphy, 2015; National Research Council, 2012; Cooper, Posey & Underwood, 2017). Der Ansatz von Cooper et al. (2017) bietet durch vier gleichwertig zur Erklärung von chemischen Phänomenen nutzbaren Core Ideas eine gute Grundlage für die Analyse von Lernendenzeichnungen hinsichtlich chemischer Konzepte und wurde bereits erfolgreich erprobt (Cooper & Klymkowsky, 2013; Cooper, Stowe, Crandell & Klymkowsky, 2019; McGill et al., 2018). Die vier Core Ideas von Cooper et al. (2017) lauten:

- Atom- und Molekülstrukturen und -eigenschaften,
- elektrostatische und Bindungswechselwirkungen,
- Energie und
- Veränderung und Stabilität im chemischen System.

Für die Analyse von Merkmalen in Lernendenzeichnungen in der Chemie und Physik entwickelten Tang, Won & Treagust (2019) auf Basis von 594 Zeichnungen ein Framework.

Forschungsfragen

Für eine adäquate automatisierte Analyse sollten fachdidaktische Erkenntnisse berücksichtigt werden. Durch die Entwicklung eines Kategoriensystems sollen erste Filter in Bezug auf relevante und weniger relevante Zeichnungsmerkmale innerhalb der Core Ideas von Cooper et al. (2017) gesetzt werden.

Es ergeben sich folgende Forschungsfragen:

FF1: Welche Merkmale können in Lernendenzeichnungen zu verschiedenen Core Ideas erwartet werden?

FF2: Inwiefern ist die Kategorisierung der Zeichnungsmerkmale zu Core Ideas gelungen?

Methodisches Vorgehen

Zur Beantwortung von FF1 wurden aus 24 deutschsprachigen Lehr- / Lernmaterialien 144 kanonische Repräsentationen kriteriengeleitet selektiert. Für die Entwicklung des Kategoriensystems wurde auf Repräsentationen aus Lehr- / Lernmaterialien zurückgegriffen, da nicht ausreichend Lernendenzeichnungen zu allen im Chemieunterricht behandelten Themen vorlagen, welche die Varianz möglicher Zeichnungsmerkmale abdecken. Die Repräsentationen wurden in einem nächsten Schritt von zwei Experten kriteriengeleitet den vier Core Ideas von Cooper et al. (2017) zugeordnet.

Zudem wurde das Framework von Tang et al. (2019) für eine detailliertere Analyse um eine Ebene erweitert, welche die Art der in Beziehung stehenden Objekte berücksichtigt. Die Auswertung der Repräsentationen hinsichtlich ihrer Merkmale erfolgte inhaltsanalytisch (Mayring, 2015) mit einem adaptierten Kodiermanual (IRR $\kappa = 0.762$). Durch die vorherige Zuordnung der Repräsentationen zu Core Ideas ergaben sich häufige, seltene und spezifische Merkmale pro Core Idea.

Zur Beantwortung von FF2 wurden Zeichnungsaufgaben zu verschiedenen Themen der Chemie entwickelt und von Lernenden unterschiedlichen Alters bearbeitet. Es wurden 65 Lernendenzeichnungen, ähnlich dem Vorgehen bei FF1, den Core Ideas nach Cooper et al. (2017) zugewiesen und mit einem Kodiermanual inhaltsanalytisch (Mayring, 2015) ausgewertet. Anschließend wurde verglichen, welche Merkmale aus dem Kategoriensystem in Lernendenzeichnungen einer Core Idea wiedergefunden werden konnten.

Vorläufige Ergebnisse

Es konnte festgestellt werden, dass jede Core Idea für sich spezifische Merkmale aufweist, die in Tabelle 1 dargestellt sind.

Tabelle 1: Spezifische Zeichnungsmerkmale für Core Ideas.

Strukturen und Eigenschaften	Wechselwirkungen	Energie	Veränderung und Stabilität
Statische runde Objekte	Zwei verbundene Objekte, z. B. durch Linien	Darstellung im Diagramm mit Energiepfeil	Kreuz als Verbindung zweier Objekte, sowie Pfeil als Symbol für Bewegung oder zeitliche Sequenz

Die Überprüfung des Kategoriensystems durch eine Analyse der Lernendenzeichnungen unterstützt die in Tabelle 1 aufgeführten spezifischen Merkmale mit Ausnahme der Core Idea 3 *Energie*. Zu dieser Core Idea lagen zum derzeitigen Zeitpunkt keine Lernendenzeichnungen vor. Einschränkend muss erwähnt werden, dass die Stichprobe von 65 Lernendenzeichnungen zu gering ist, um sichere Aussagen zur Evaluation des Kategoriensystems treffen zu können.

Ausblick

Das Kategoriensystem kann sinnvolle Filter für (ir-)relevante Zeichnungsmerkmale in einer automatisierten Analyse setzen. Zur besseren Evaluation des Kategoriensystems werden weitere Zeichnungen zu unterschiedlichen Aufgaben benötigt, um die Varianz möglicher Merkmale zu erfassen. Außerdem ist geplant in Bezug auf eine Interpretation von Zeichnungsmerkmalen Interviews mit Lernenden zu führen.

Literatur

- Ainsworth, S., Prain, V. & Tytler, R. (2011). Drawing to Learn in Science. *Science*, 333, 1096-1097.
- Akaygun, S., Jones, L. L. (2014). Words or Pictures: A comparison of Written and Pictorial Explanations of Physical and Chemical Equilibria. *International Journal of Science Education*, 36 (5), 783 – 807.
- Cooper, M. M., & Klymkowsky, M. (2013). Chemistry, Life, the Universe, and Everything: A New Approach to General Chemistry, and a Model for Curriculum Reform. *Journal of Chemical Education*, 90 (9), 1116-1122.
- Cooper, M. M., Posey, L. A. & Underwood, S. M. (2017). Core Ideas and Topics: Building Up or Drilling Down? *Journal of Chemical Education*, 94 (5), 541-548.
- Cooper, M. M., Stowe, R. L., Crandell, O. M., & Klymkowsky, M. W. (2019). Organic Chemistry, Life, the Universe, and Everything (OCLUE): A Transformed Organic Chemistry Curriculum. *Journal of Chemical Education*, 96 (9), 1858-1872.
- Devetak, I., Vogrinc, J., Glazar, S. A. (2009). Assessing 16-Year- Old Students' Understanding of Aqueous Solution at Sub-microscopic Level. *Research in Science Education*, 39 (2), 157-179.
- Gurel, D. K., Eryilmaz, A. & McDermott, L. C. (2015). A Review and Comparison of Diagnostic Instruments to Identify Students' Misconceptions in Science. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education* 11 (5), 989-1008.
- Heeg, J., Bittorf, R. M. & Schanze, S. (2020). Learners' Conceptions about the Chemical Equilibrium: A Systematic Review. *CHEMKON*, 27 (8), 373-383.
- Holme, T., Luxford, C. & Murphy, K. (2015). Updating the General Chemistry Anchoring Concepts Content Map. *Journal of Chemical Education*, 92 (6), 1115–1116.
- KMK (2020). Bildungsstandards im Fach Chemie für die Allgemeine Hochschulreife. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschlu-esse/2020/2020_06_18-BildungsstandardsAHR_Chemie.pdf
- Köse, S. (2008). Diagnosing Student Misconceptions: Using Drawings as a Research Method. *World Applied Science Journal* 3 (2), 283 – 293.
- Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken* (12. Auflage). Weinheim: Beltz.
- McGill, T. L., Williams, L. C., Mulford, D. R., Blakey, S. B., Harris, R. J., Kindt, J. T., Lynn, D. G., Marsteller, P. A., McDonald, F. E., & Powell, N. L. (2018). Chemistry Unbound: Designing a New Four-Year Undergraduate Curriculum. *Journal of Chemical Education*, 96 (1), 35-46.
- National Research Council. (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. Washington: National Academies Press.
- Nyachwaya, J. M., Abdi-Rizak Mohamed, H., Roehrig, G., Wood, N. B. L., Kern, A., Schneider, J. (2011). The Development of an Open-Ended Drawing Tool: An Alternative Diagnostic Tool for Assessing Students Understanding of the Particulate Nature of Matter. *Chemistry Education Research and Practice* 12 (2), 121-132.
- Tang, K.-S., Won, M. & Treagust, D. F. (2019). Analytical Framework for Student-Generated Drawings. *International Journal of Science Education*, 41 (16), 2296–2322.
- Van Meter, P. & Garner, J. (2005). The Promise and Practice of Learner-Generated Drawing: Literature Review and Synthesis. *Educational Psychology Review*, 17 (4), 285-325.
- Wu, S. P. W., & Rau, M. A. (2019). How Students Learn Content in Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Through Drawing Activities. *Educational Psychology Review*, 31 (1), 87–120.