

Lisa Bering¹
Rüdiger Tiemann¹

¹Humboldt-Universität zu Berlin

Model-Eliciting Activities (MEA's) im Chemieunterricht

Überblick

Im Rahmen einer Kompetenzorientierung des naturwissenschaftlichen Unterrichts sollen Schüler:innen in der Lage sein verschiedene Untersuchungsmethoden zu nutzen und die gewonnenen Erkenntnisse mit Modellvorstellungen verknüpfen und überprüfen zu können (KMK, 2005). Die Untersuchung mentaler Modelle bei der kollaborativen Bearbeitung chemischer Problemstellungen in der Schule ist in der empirischen fachdidaktischen Forschung bereits von zentraler Bedeutung. Modelle zählen in den Naturwissenschaften zu einem bedeutsamen Arbeits- und Hilfsmittel, da sie zum Beispiel zur Erkenntnisgewinnung benutzt werden können (Krüger, Kauertz & Upmaier zu Belzen, 2018). Aber auch in anderen prozessbezogenen Kompetenzen, wie zum Beispiel der Kommunikation, bilden Modelle eine wesentliche Säule (Bindernagel & Eilks, 2008). „Model-Eliciting Activities“ (MEA's) wurden in der Mathematik- bzw. Technikdidaktik entwickelt, um Schüler:innen zum Modellieren von komplexeren mathematischen und technischen Problemstellungen anzuregen (Lesh, Hoover, Hole, Kelly & Post, 2000). Eine Besonderheit dieser ist, dass nicht die Lösung, sondern der Lösungsweg im Vordergrund steht. Außerdem erlangen die Schüler:innen weitere Fähigkeiten im kollaborativen Problemlösen, da sie zusammenarbeiten müssen, um eigene Modelle bzw. Konzepte zu entwerfen, zu testen und um ein schließlich ein realistisches Problem lösen zu können (Diefes-Dux, Moore, Zawojewski, Imbrie & Follman, 2004).

Da es bislang kaum Aufzeichnungen über den Einsatz von MEA's im Chemieunterricht gibt, sollen in diesem Promotionsvorhaben MEA's für den Chemieunterricht erstellt und erprobt werden. Die Umsetzung findet mit Hilfe des digitalen Tools „WebChem“ (CreativeQuantum GmbH, 2022) statt. Mit dieser digitalen webbasierten Lernumgebung sind Modifizierungen und quantenchemische quantitative Analysen von Molekülen in Echtzeit möglich. Ziel ist es, MEA's für den Chemieunterricht zu entwickeln und empirisch auf ihre Effektivität zur Förderung der Modellkompetenz hin zu untersuchen, da diese bislang hauptsächlich für mathematische und technische Inhaltsbereichen nachgewiesen wurden (s. Diefes-Dux, Hjalmarson, Zawojewski & Browman, 2006; Gilat & Amit, 2014; Pertamawati & Retnowatie, 2019; Elçi, 2020).

Theoretische Rahmung

Die Erstellung der MEA's erfolgt nach sechs Prinzipien, welche von Lesh et al. (2000) formuliert wurden (Abb. 1). Diese sind nicht hierarchisch oder aufeinander aufbauend zu interpretieren, sondern stellen ein Set von Merkmalen dar, welches lernförderliche MEA's kennzeichnen.

Ein Prinzip ist das der Modellbildung. Danach sollen Probleme so gestaltet werden, dass sie die Erstellung eines Modells von der Problemsituation erforderlich machen. Damit die MEA für die Schüler:innen gedanklich nachvollziehbar ist, kann sie eine explizite Strukturierung, Beschreibung, Erläuterung oder eine begründete Vorhersage beinhalten. Das Endprodukt

sollte nach Lesh et al. (2000) ein Modell sein, das Elemente beinhaltet, Beziehungen zwischen den Elementen sowie Operatoren für die Interaktion dieser definiert und Muster oder Regeln festlegt, die für die Beziehungen und Operatoren gelten.

Das Realitätsprinzip besagt, dass die Schüler:innen die Problemsituationen als sinnvoll und relevant anerkennen müssen und diese auf realen bzw. leicht modifizierten Daten beruhen. Auch eine reale Lösung des Problems, das bestenfalls im Alltag der Lernenden eine Bedeutung aufzeigt, ist erstrebenswert. Um dies zu erreichen, sollte die Problemsituation des Kontextes

- für die Zielgruppe identifizierbar sein,
- den Zweck der Lösung nennen,
- die Bedeutsamkeit der Lösung für die Zielgruppe erkenntlich machen und
- ein Problem benennen, das in Bezug auf Wissen und Erfahrung aus dem wirklichen Leben Sinn ergibt (Lesh et al, 2000).

Ein weiteres Prinzip ist das der Selbsteinschätzung. Es beschreibt die grundsätzliche Eignung einer MEA, die Lernenden die Nützlichkeit einer Lösung selbst einschätzen oder messen zu können. Dies impliziert, dass die Problemstellung die Formulierung geeigneter Kriterien für die Bewertung der Nützlichkeit einer Lösung ermöglicht und zudem die Selbstbeurteilung und Verbesserungsbedarf der Schüler:innen fördert. Es sollten klare Kriterien erkennbar sein, wann eine Lösung erreicht ist (ebd.).

Auch die Modelldokumentation wird nach Lesh et al. (2000) als zu beachtendes Prinzip hervorgehoben. Es ist zielführend, dass die Lernenden ihre Denk- und Arbeitsweisen zur Lösungsfindung offenlegen und dokumentieren, um dadurch ihre Selbstreflexion und Metakognition zu fördern. Eine Rollenverteilung der einzelnen Gruppenmitglieder ist dafür vorteilhaft und könnte sich zum Beispiel in folgende Funktionen gliedern: Planung, Überwachung und Bewertung des Fortschritts.

Weiterhin soll das Prinzip der Teilbar- und Wiederverwendbarkeit des Modells beachtet werden. Dadurch soll sichergestellt werden, dass die erstellten Lösungen verallgemeinerbar sind und an ähnliche Situationen angepasst werden können. Ein Baustein zur Umsetzung dieses Prinzips ist die möglichst eindeutige und verständliche Kommunikation des Lösungsweges und des Ergebnisses, sodass sie von anderen wiederverwendet werden können. Zusätzlich soll das erstellte Modell so einfach wie möglich, aber dennoch bedeutsam sein, damit es einen nützlichen Lernprototyp oder eine Metapher für die Interpretation anderer Probleme mit gleicher Struktur darstellen kann (Prinzip des effektiven Prototyps). Abbildung 1 fasst die ausformulierten Prinzipien noch einmal schlagwortartig zusammen.

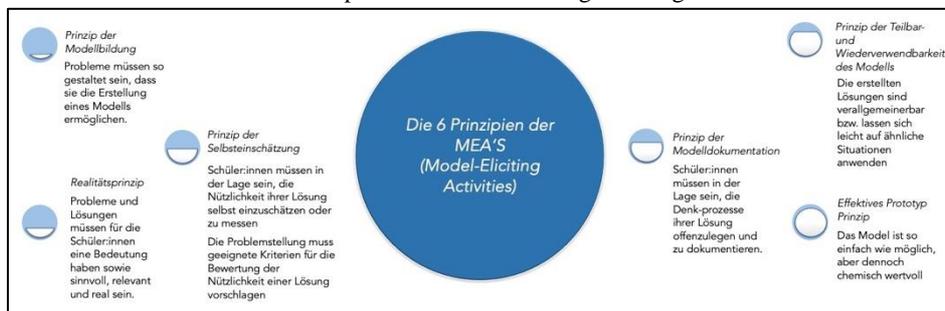


Abb. 1: Prinzipien der Model-Eliciting Activities nach Lesh et al. (2000)

Lernumgebung

Die Lernumgebung „WebChem“ ist ein webbasiertes, digitales Tool, welches von der CreativeQuantum GmbH konzipiert und nun in Zusammenarbeit mit der Fachdidaktik und Lehr-/Lernforschung Chemie der Humboldt-Universität zu Berlin weiterentwickelt wird. Es bietet verschiedene Möglichkeiten, mit denen Lehrer:innen und Schüler:innen zu chemischen Problemstellungen miteinander interagieren können (Abb.2). Zum einen können Lerninhalte für die Schüler:innen erstellt werden, zum anderen können die Lernenden aktiv auf diese zugreifen und bearbeiten. Ein besonderes Highlight ist, dass mit Hilfe des „MolekülEditor“ chemische Strukturen dargestellt, erstellt und modifiziert werden können, zudem sind quantitative Analysen in Echtzeit möglich. So können die Schüler:innen beispielsweise den pKs-Wert einer Struktur per Mausklick bestimmen oder energetische Betrachtungen bei der Substitution von Atomen oder Molekülgruppen in einem Molekül direkt untersuchen. Die Lehrkraft erhält einen Einblick in die Lernfortschritte der Schüler:innen, indem sie die bearbeiteten Inhalte simultan einsehen, kommentieren und bewerten kann.

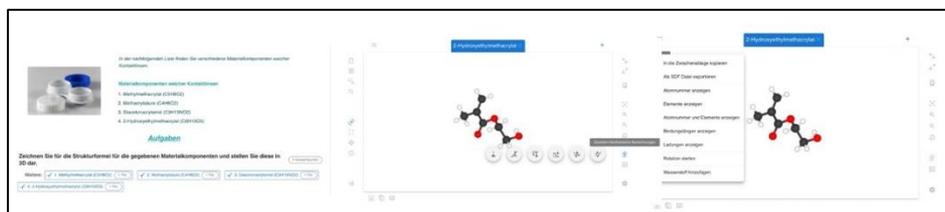


Abb. 2: Ausschnitte verschiedener Inhalte einer Lernumgebung in WebChem: Aufgabenstellung und Darstellung im MolekülEditor mit Beispielen quantitativer Analysen (v.l.n.r.).

Die erstellten MEA's sollen in der Umgebung WebChem von den Schüler:innen bearbeitet werden. Das kollaborative Arbeiten ist hier durch die Erstellung einzelner Gruppen ebenfalls möglich, auch der Austausch der Gruppenmitglieder kann durch einen Chat gewährleistet werden. Zudem ist eine digital unterstützte Aufgabenverteilung denkbar. Diese Merkmale kollaborativer Problemlöseprozesse können also ebenfalls - müssen aber nicht - über das digitale Tool umgesetzt werden. In weiteren Untersuchungen wird die Umsetzung auch hybrider digital/analog Realisierungen betrachtet.

Aktueller Stand und Ausblick

Es wurde im Mai 2022 bereits eine erste kleinere Pilotstudie an einer Berliner Berufsschule durchgeführt. Die Studie wurde mit 22 Schüler:innen im Alter von 18 bis 33 Jahren durchgeführt. Das Thema der zu bearbeitenden Aufgabe befasste sich mit der Polymerchemie im Bereich der Materialkomponenten von Kontaktlinsen. Das Hauptaugenmerk wurde hierbei auf die Lernumgebung WebChem gerichtet. Es gab viele Rückmeldungen der Schüler:innen, die die Arbeits- und Funktionsweise getestet haben. Das Feedback war generell sehr positiv, aber es wurden auch einige Verbesserungsvorschläge geäußert. Die daraus folgenden Anpassungen wurden bereits umgesetzt, sodass ein nächster Testlauf innerhalb eines Schülerferienkurses während der Berliner Herbstferien 2022 in Vorbereitung ist. Inhalt dieses Kurses ist die Bearbeitung einer MEA, die für die Jahrgangsstufe 9/10 erstellt wurde und welche die Schüler:innen kollaborativ bearbeiten sollen. Ferner sollen im Rahmen des

Promotionsvorhabens ein Fortbildungsangebot für Lehrer:innen mit entsprechenden Materialien durchgeführt werden. Des Weiteren wird die Lernumgebung WebChem an einer Schule in Japan eingesetzt und getestet, wodurch eine stetige Weiterentwicklung und Anpassung an bestimmte Zielgruppen ermöglicht wird, aber auch der kulturelle Einfluss auf kollaborative Problemlöse- und Modellbildungsprozesse untersucht werden kann.

Literatur

- Bindernagel, J., & Eilks, I. (2008). Modelle und Modelldenken im Chemieunterricht und ein Einblick in das Verständnis von erfahrenen Chemielehrkräften. *Chemkon*, 15(4), 181–186.
- CreativeQuantum GmbH (2022). WebChem. <https://webchem.org/de/index.html>
- Diefes-Dux, H., Hjalmarson, M., Zawojewski, J., & Bowman, K. (2006). Quantifying aluminum crystal size part 1: The model-eliciting activity. *Journal of STEM education*, 7(1).
- Diefes-Dux, H. A., Moore, T., Zawojewski, J., Imbrie, P., & Follman, D. (2004). *A framework for posing open-ended engineering problems: Model-eliciting activities*. Paper presented at the 34th Annual Frontiers in Education, 2004. FIE 2004.
- Elçi, A. N. (2020). The compatibility of model eliciting activities of secondary school teacher candidates with design principles. *Journal of Computer and Education Research*, 8 (15), 305-322.
- Gilat, T., & Amit, M. (2014). Revealing Students' Creative Mathematical Abilities through Model-Eliciting Activities of "Real-Life" Situations. North American Chapter of the International Group for the Psychology of Mathematics Education.
- KMK. (2005). Bildungsstandards im Fach Chemie für den mittleren Schulabschluss. Beschluss vom 16.12.2004. In *Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland*. Retrieved from https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Chemie.pdf
- Krüger, D., Kauertz, A., Upmeyer zu Belzen, A. (2018). Modelle und das Modellieren in den Naturwissenschaften. In: Krüger, D., Parchmann, I., Schecker, H. (eds) *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*. Springer, Berlin, Heidelberg.
- 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.).
- Pertamawati, L., & Retnowati, E. (2019). Model-Eliciting Activities: Engaging students to make sense of the world. Paper presented at the *Journal of Physics: Conference Series*.