

Förderung der Modellierungskompetenz im Chemieunterricht mit MEA's

Überblick

Um Problemstellungen zu lösen, sollen Schüler:innen mit Hilfe von *Model-Eliciting Activities* (MEA's) selbstständig Modelle entwickeln, testen und überarbeiten. Außerdem sollen MEA's die Lernenden zu Transferleistungen anregen. Diese Methode wurde in der Mathematik- und Technikdiaktik bereits eingesetzt und validiert (Lesh, Hoover, Hole, Kelly & Post, 2000; Diefes-Dux., Follman, Imbrie, Zawojewski, Capobianco & Hjalmarson, 2004). MEA's, als eine Methode zur Förderung der Modellierungskompetenz im Chemieunterricht, stellt bislang ein Desiderat in der fachdidaktischen Forschung dar. In diesem Forschungsprojekt soll der Einsatz einer MEA im chemischen Kontext und die daraus erwartete Förderung der Modellierungskompetenz untersucht werden. Für diesen Zweck soll in einem Mixed-Method Ansatz die entwickelte und evaluierte Lernumgebung betrachtet und ausgewertet werden. Die Datengrundlage hierfür wurde bereits im Juni/Juli 2023 an drei brandenburger Gymnasien in der Jahrgangsstufe 9 und 10 (n=145 Schüler:innen) erhoben.

Theoretische Rahmung

Modelle spielen in der Chemie eine wichtige Rolle da sie viele Funktionen einnehmen. Sie können nicht nur komplexe Phänomene darstellen, sondern auch eine Möglichkeit bieten Erklärungen für diese zu finden (Justi & Gilbert, 2006). Nach Krüger, Kauertz und Upmeyer zu Belzen (2018) können kontextualisierte Probleme, die im naturwissenschaftlichen Sinn gelöst werden sollen, Anwendungsbereiche für Modelle darstellen. Diese sind durch zusätzliche Merkmale charakterisiert, die nicht im Modell abgebildet werden sollen. Lesh et al. (2003) beschreiben den Ansatz der Modell- und Modellierungsperspektive beim Problemlösen. Hierbei arbeiten die Schüler:innen kollaborativ daran Situationen auf verschiedene Weise zu interpretieren, mögliche Lösungswege zu bewerten und einen zyklischen Prozess zur Problemlösung zu durchlaufen. Dafür werden Problemlösungsaktivitäten präferiert bei denen Lernende zusammenarbeiten, Ideen und Modelle entwickeln, testen und reflektieren können. Eine *Model-Eliciting Activity* stellt eine solche Aktivität dar (Aguilar, 2021). *Model-Eliciting Activities* bilden im Allgemeinen ein realistisches Problem ab, welches von den Schüler:innen in kollaborativer Zusammenarbeit gelöst werden soll (Diefes-Dux et al., 2004). Die Erstellung einer MEA erfolgt nach den sechs Prinzipien von Lesh et al. (2000). Diese sind nicht hierarchisch oder aufeinander aufbauend zu interpretieren, sondern sollen als Konstrukte zur Aufgabenerstellung dienen. Eine genaue Beschreibung der Prinzipien ist dem GDCP Tagungsbandbeitrag von Bering und Tiemann (2023) zu entnehmen. Um das aufgezeigte Problem zu lösen, sollen die Schüler:innen eigene Modelle entwerfen, testen und überarbeiten (Diefes-Dux. et al., 2004). Die erstellten Modelle sollen sich im Anschluss auf ähnliche Problemstellungen transferieren lassen. Dieses Design veranlasst die Schüler:innen den Fokus auf den Lösungsprozess, anstatt auf eine einzelne Antwort zu legen (Aguilar, 2021; Lesh, Doerr, Carmona & Hjalmarson, 2003). Demnach gibt es beim Lösen einer MEA nicht das eine richtige Modell, viel mehr ist der Prozess des Modellierens von Bedeutung. Ritchey (2012) benennt fünf Eigenschaften des Modellierens:

- Spezifikation: Konstrukte können Werte aufweisen oder nominal sein
- Direktionalität: Zusammenhänge zwischen den Konstrukten weisen gerichtete oder ungerichtete Eigenschaften auf
- Quantifizierung: Beziehungen lassen sich quantifizieren oder nicht
- Beziehungen können zyklisch oder azyklisch sein
- Art der Konnektivität: Beziehungen sind mathematisch/funktional, probabilistisch, quasi-kausal oder nicht kausal.

Krüger, Kauertz und Upmeyer zu Belzen (2018) betonen, dass sich der Charakter eines Modells weniger auf seine repräsentativen Eigenschaften in Bezug auf das Phänomen beziehen sollte, als auf die Eigenschaft Modelle als Werkzeuge im Erkenntnisprozess zu identifizieren. Modellieren beschreibt einen komplexen Prozess in der wissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung (Justi & Gilbert, 2006; Krüger et al., 2018). Einen Ausgangspunkt des Modellierens stellt ein beobachtbares Phänomen dar. Wird dieses von einer Person beobachtet, führt es zu einem ersten Entwurf des Modells auf gedanklicher Ebene (mentales Modell). Dieses kann in verschiedenen Darstellungsformen ausgedrückt werden (z.B. verbal, visuell, mathematisch). Es folgt eine Überprüfung des Modells, wenn sich dabei eine fehlende Passung zwischen dem Modell und dem Phänomen aufzeigt muss es optimiert oder die Vorstellung über das zu modellierende Phänomen neu interpretiert werden. Anschließend erfolgt eine wiederholte Testung des Modells, was zu einem zyklischen Charakter des Modellierens führt (Justi & Gilbert, 2006; Krüger et al., 2018).

Methode

Die Datenerhebung erfolgte im Juni/Juli 2023 in der Jahrgangsstufe 9 und 10 an drei Gymnasien in der Nähe von Berlin. Insgesamt nahmen 145 Schüler:innen mittels einem Paper-Pencil-Tests innerhalb von zwei Unterrichtsstunden (90min) teil, anschließend haben 14 Lernende an Einzelinterviews (ca.10 min) teilgenommen. Die Untersuchung ist in einem Mixed-Method Ansatz angelegt. Quantitative Untersuchungselemente beinhalten sowohl die Erhebung des allgemeinen Interesses und der Motivation der Schüler:innen am Chemieunterricht, als auch eine Erhebung der Einschätzung der Lernumgebung durch die Schüler:innen. Mittels einem Fachwissenstest wurde das Vorwissen zum Thema der Lernenden ermittelt. Zu den qualitativen Elementen der Untersuchung zählen die inhaltsanalytische Auswertung der erstellten Dokumente/Modelle und die inhaltsanalytische Auswertung der Interviews einzelner Proband:innen nach Mayring (2015). Außerdem findet eine Bewertung der erstellten Lösungen mit Hilfe *des Quality Assessment Guides* (QAG) von Lesh und Clarke (2000) statt, mit welchen die Qualität der von den Schüler:innen erarbeiteten Lösungen im Zuge einer MEA bewertet werden kann. Das erstellte Modell wird hierbei anhand von fünf Leistungsebenen bewertet (s. Tab. 1). Die Bewertung des Modells soll unter Bezugnahme zur Problemstellung erfolgen (Aguilar, 2021)

Tabelle 1 Ausschnitt aus dem *Quality Assurance Guide* von Lesh & Clarke (2000, S.145) übersetzt aus dem Englischen.

Leistungsebene	Wie nützlich ist das Produkt?
Perspektivwechsel erforderlich	Das Produkt ist für den Einsatz ungeeignet. Eine längere oder intensivere Weiterarbeit wäre nicht zielführend. Die Schüler:innen benötigen möglicherweise zusätzliches Feedback vom Lehrer.
Erweiterungen/ Verbesserungen erforderlich	Das Produkt ist ein guter Anfang, um die Anforderungen zu erfüllen. Es sind noch viele Erweiterungen/Verbesserungen notwendig, um die gesamte Problemsituation zu lösen.
Geringe Erweiterungen/ Verbesserungen nötig	Das Produkt ist fast gebrauchsfähig. Es sind noch geringe Erweiterungen/ Verbesserungen notwendig, um die gesamte Problemsituation zu lösen.
Für den spezifischen Einsatz nützlich	Es sind keine Änderungen notwendig, damit das Produkt diese spezifische Problemsituation lösen kann.
Teilbar- oder Wiederverwendbarkeit	Das Produkt funktioniert nicht nur für diese spezifische Problemsituation, sondern könnte auch leicht an ähnliche Situationen angepasst und verwendet werden.

Lernumgebung

Die Lernumgebung ist in zwei Abschnitte gegliedert. Als Einstieg werden die Schüler:innen mit dem Phänomen konfrontiert, wie sich der pH-Wert von Wasser durch das Einleiten von Kohlenstoffdioxid verändert (Abb. 1). Dadurch soll ihr Vorwissen aktiviert werden und sie erstellen ein Protokoll.

Anschließend erhalten die Schüler:innen das Material zur Modellerstellung.

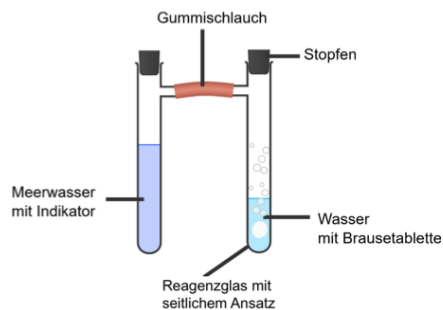


Abbildung 1 Versuchsaufbau des zu protokollierenden Phänomens.

Die Ozeane werden saurer

Die Ozeane werden immer saurer, das heißt, ihr pH-Wert sinkt. Grund ist immer mehr CO_2 in der Atmosphäre, das vom Wasser aufgenommen und dort zu Kohlensäure umgewandelt wird. Die entstandene Kohlensäure zerfällt jedoch schnell in Hydrogencarbonat-Ionen und Wasserstoff-Ionen. Für einige marine Lebewesen wie Korallen, Muscheln, Schnecken und andere Tiere mit Kalkskeletten sowie -schalen könnte das ein großes Problem werden. Denn im saureren Wasser gibt es weniger Carbonat-Ionen, die Bestandteil ihrer Skelette und Schalen sind. Wenn das Wasser einen bestimmten Grad der Versauerung erreicht, könnten sich ihre Schalen und Skelette sogar auflösen.

Ozeane für die Korallenriffe zwei der größten Gefahren dar.



Abbildung 2 Ausschnitt des Informationstextes zur Bearbeitung der MEA.

Dies beinhaltet einen Informationstext zum Korallensterben in der Nordsee (Abb.2) sowie einer Aufgabenstellung mit folgenden Hinweisen zur Bearbeitung:

- Berichtverfassung über die Auswirkungen der Umweltbedingungen auf das Wachstum der Korallen und
- grafische Darstellung der Wachstumsbedingungen.

Ziel der Modellierung ist die Erstellung einer Wortgleichung zur Berechnung des pH-Wertes, ab dem sich die Kalkskelette der Korallen auflösen. Für die Bearbeitung der Lerneinheit stehen den Schüler:innen 60-90 min zu Verfügung.

Literatur

- Aguilar, J. (2021). Modeling Through Model-Eliciting Activities: An Analysis of Models, Elements, And Strategies in High School. The Cases of Students with Different Level of Achievement. In *Mathematics Teaching-Research Journal*, Vol. 13, Nr. 1, S. 52–70.
- Bering, L., Tiemann, R. (2023). Model-Eliciting Activities (MEA's) im Chemieunterricht. In: H. van Vorst (Hrsg.), *Lernen, Lehren und Forschen in einer digital geprägten Welt*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Aachen 2022. (S. 933-936)
- Case, R. (1977). Implications of developmental psychology for the design of effective instruction. In I.J.W. Pellegrino, E.S.D. Fokkema & R. Glaser (Hrsg.), *Cognitive psychology and instruction*. New York: Plenum, S. 441 - 465
- Diefes-Dux, H., Follman, D., Imbrie, P. K., Zawojewski, J., Capobianco, B., & Hjalmarson, M. (2004). Model Eliciting Activities: An In Class Approach To Improving Interest And Persistence Of Women In Engineering. In *2004 Annual Conference* (S. 9.919.1-9.919.15).
- Justi, R., Gilbert, J. (2006). The Role of Analog Models in the Understanding of the Nature of Models in Chemistry. In: Aubusson, P.J., Harrison, A.G., Ritchie, S.M. (Hrsg.) *Metaphor and Analogy in Science Education*. Science & Technology Education Library, vol 30., S. 119-130, Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/1-4020-3830-5_10
- Krüger, D., Kauertz, A., Upmeier zu Belzen, A. (2018). Modelle und das Modellieren in den Naturwissenschaften. In: Krüger, D., Parchmann, I., Schecker, H. (Hrsg.) *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*. S. 141-158, Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-56320-5_9
- Lesh, R., & Clarke, D. (2000). Formulating Operational Definitions of Desired Outcomes of Instruction in Mathematics and Science Education. In A. Kelly, R. Lesh (Hrsg.), *Research Design in Mathematics and Science Education*. (S. 120-150).
- Lesh, R., Doerr, H. M., Carmona, G. & Hjalmarson (2003). Beyond Constructivism. In *Mathematical Thinking and Learning*, 5:2-3, S. 211-233,
- Lesh, R., Hoover, M., Hole, B., Kelly, A., Post, T., (2000) Principles for Developing Thought-Revealing Activities for Students and Teachers. In A. Kelly, R. Lesh (Hrsg.), *Research Design in Mathematics and Science Education*. (S. 591-646). Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, New Jersey.
- Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse* (Vol. 12). Weinheim, Basel: Beltz Verlag.
- Ritchey, T. (2012). Outline for a morphology of modelling methods. In *Acta Morphologica Generalis AMG* Vol, 1(1), S. 1012.