

Vanessa Lang<sup>1</sup>  
Annika Eichinger<sup>1</sup>  
Dr. Christine Eckert<sup>1</sup>  
Prof. Dr. Franziska Perels<sup>1</sup>  
Prof. Dr. Christopher W. M. Kay<sup>1,2</sup>  
Johann Seibert<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität des Saarlandes  
<sup>2</sup>University College London

## Förderung der Modellbildungskompetenz in der Chemie

Modelle sind in der Chemie unverzichtbar (KMK, 2020), jedoch erfordert deren Einsatz eine umfassende Modellkompetenz der Lehrenden und Lernenden (Upmeyer zu Belzen & Krüger, 2010). Trotz der großen Bedeutung für den Lernprozess in der Chemie (Nerdel, 2017) weisen viele Schüler\*innen enorme Defizite in ihrer Modellkompetenz auf (Graf, 2002). In diesem Beitrag wird aus literatur- und umfragebasierten Ergebnissen eine Studie abgeleitet, in der die Wirksamkeit einer Lerneinheit zum *Gesetz der Erhaltung der Masse* zur Förderung der Modellbildungskompetenz von Schüler\*innen untersucht wird.

### Modell-, Modellbildungskompetenz und Modellierung

Upmeyer zu Belzen und Krüger (2010) ordnen der Modellkompetenz folgende Subdimensionen unter: Eigenschaften von Modellen, Alternative Modelle (konzeptuell), Zweck von Modellen, Testen von Modellen und Ändern von Modellen (prozedural). Um die Unterscheidung zwischen konzeptuell und prozedural hervorzuheben, findet eine Ausdifferenzierung der Begrifflichkeiten statt (Lang et al., 2021): Die konzeptuellen Subdimensionen werden mit Modellkompetenz, die prozeduralen mit Modellbildungskompetenz und die übergeordnete Kompetenz wird als Modell-methodische Kompetenz angesehen (Tab. 1).

Tab. 1 Subdimensionen der Modell-methodischen Kompetenz (Lang et al., 2021)

Modell-methodische Kompetenz				
Modellkompetenz		Modellbildungskompetenz		
Eigenschaften von Modellen	Alternative Modelle	Zweck von Modellen	Testen von Modellen	Ändern von Modellen

Zur Förderung der Modellbildungskompetenz bieten sich Modellierungsprozesse besonders an, die als iterative Kreisläufe aus Herstellung, Anwendung und Überprüfung von Modellen (Koch et al., 2015) definiert werden können. Aus diesem Grund stellen Fördermaßnahmen häufig Bezüge zu Modellierungsprozessen her, sodass die Schüler\*innen fortlaufend über den aktuellen Stand ihres individuellen Modellierungsprozesses reflektieren (z.B. Caspari et al., 2019).

### Forschungsvorhaben

Das Forschungsvorhaben zur Entwicklung einer Unterrichtseinheit zum *Gesetz der Erhaltung der Masse* zur Förderung der Modellbildungskompetenz von Schüler\*innen gliedert sich in vier Phasen, welche kontinuierlich aufeinander aufbauen.

#### Phase 1

In einer ersten Phase wird ausgehend von einer Experte\*innenbefragung (N=98) mit universitären Fachdidaktiker\*innen und aktiven Chemielehrkräften ein Modellierungsprozess für die Chemie konzipiert. Dabei werden existierende Modellierungsprozesse,

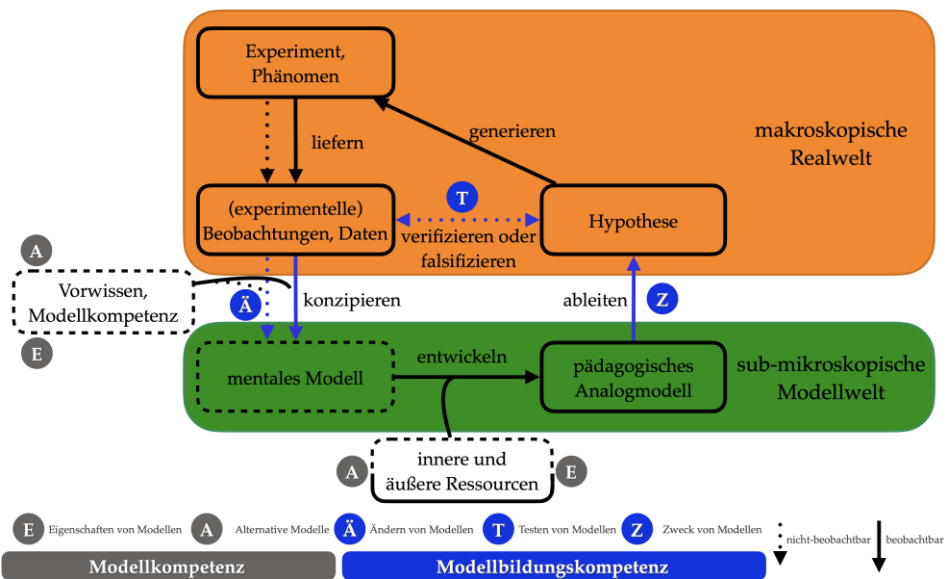


Abb. 1 Modellierungsprozess in der Chemie zur Förderung der Modellbildungskompetenz (Lang et al., 2021)

welche hauptsächlich in der Biologie (Upmeier zu Belzen & Krüger, 2010) und der Mathematik (Schupp, 1988) Anwendung finden, auf Ihre Anwendbarkeit für Modellbildungen in der Chemie unter Berücksichtigung der sub-mikroskopischen Ebene untersucht. Der resultierende Modellierungsprozess für die Chemie (Abb. 1, nach Lang et al., 2021) unterscheidet zwischen einer makroskopischen Realwelt und einer sub-mikroskopischen Modellwelt und präzisiert dabei die sechs Schritte der Modellierung. Außerdem werden Einflussfaktoren wie z.B. das Vorwissen, eine solide Modellkompetenz oder innere und äußere Ressourcen genannt und die Stellen des Modellierungsprozesses gekennzeichnet, an denen Einflussfaktoren für den erfolgreichen Fortgang der Modellierung wichtig sind. Zuletzt werden durch die blaue Farbe die Schritte hervorgehoben, in welchen die Modellbildungskompetenz angesprochen wird.

#### Phase 2

In der zweiten Phase findet eine Pilotierung der Unterrichtseinheit zum *Gesetz der Erhaltung der Masse* mit 21 Schüler\*innen in zwei Doppelstunden einer neunten Realschulklasse statt. Der grundlegende Aufbau der Unterrichtseinheit sieht vor, mit einem Schüler\*innenexperiment zur Verbrennung von Streichhölzern unter Beobachtung einer Massenabnahme zu starten und die Beobachtung auf Teilchenebene zu erklären. Im weiteren Verlauf wird dasselbe Vorgehen noch einmal mit dem Experiment zur Verbrennung von Streichhölzern in einem geschlossenen System durchgeführt. Das Gesetz der Erhaltung der Masse wird anschließend abgeleitet und das erste Experiment unter Verwendung des Gesetzes und der Unterscheidung zwischen offenen und geschlossenen Systemen erneut erklärt. Dadurch soll es zu einer Überarbeitung der anfänglichen Modelldarstellung kommen. Der begleitende Fragebogen umfasst neben offenen (Grünkorn et al., 2014) und geschlossenen (Engelschalt, 2021) Items zur Erfassung der Modell- und Modellbildungskompetenz auch Skalen zum Fachwissen (selbst konzipierte Items), der aktuellen Motivation (FAM, Rheinberg et al., 2001) und dem Fachinteresse (Bergmann, 2020). Durch diese Auswahl an Variablen sollen ein umfassendes Bild über die Kompetenzentwicklung und mögliche Einflussfaktoren

generiert werden. Als ein Ergebnis der Pilotierung zeigte sich z.B. die Notwendigkeit, eine Phase zur Wiederholung grundlegender Aspekte der Modellkompetenz und zur Einführung des Modellierungsprozesses vor der Unterrichtseinheit zu platzieren, um eine solide Basis zur Förderung der Modellbildungskompetenz zu sichern. Außerdem konnten die Schüler\*innen nur schwer zwischen der Real- und der Modellebene unterscheiden. An dieser Stelle soll zukünftig eine farbliche Darstellung in den Arbeitsblättern dabei helfen, die Verortung in einer der Welten zu erleichtern und schneller Bezüge zum Modellierungsprozess herzustellen. Darüber hinaus erwies sich eine analoge Durchführung der begleitenden Fragebögen als sehr materialintensiv, weshalb eine digitale Variante der Fragebögen entwickelt wird.

#### *Phase 3*

In Phase 3 wird die überarbeitete Unterrichtseinheit zum *Gesetz der Erhaltung der Masse* in Anlehnung an Caspari et al. (2018) um ein Reflexionsschema erweitert. Dadurch werden an Schlüsselstellen (z.B. Visualisierung der Erklärung des Experiments) Reflexionsfragen wie z.B. „Beschreibe den Zweck, den das von dir gewählte Modell hier erfüllt.“ (Upmeier zu Belzen & Krüger, 2019) integriert. In einem Prä-Post-Vergleich wird schließlich mit Hilfe des Fragebogens aus Phase 2 die Wirksamkeit des Reflexionsschemas zur Förderung der Modellbildungskompetenz erhoben. Ausgehend von den Erfahrungen des praktischen Einsatzes und den Ergebnissen des Vergleichs erfolgt eine Überarbeitung des Reflexionschemas z.B. hinsichtlich ungünstiger Formulierungen oder des Umfangs.

#### *Phase 4*

Digitale Medien ermöglichen neben einer Motivationssteigerung (Seibert et al., 2019) oder vielfältigen Individualisierungsoptionen (Huwer & Brünken, 2018) auch Vorteile beim Umgang mit Modellen (Seibert et al., 2020). Sie erlauben z.B. die Veranschaulichung von Modellvorstellungen, die analog nicht möglich sind (z.B. Formverändernde Körper, Saborowski, 2000), oder durch aktive, digitale Modellmanipulation eine tiefere Auseinandersetzung mit dem Modellierungsprozess (Graf, 2000). Daher sollen in der letzten Phase digitale Medien auf ihre Möglichkeiten zur Förderung der Modellbildungskompetenz erforscht werden. Hierbei können z.B. Modelldarstellungen mit Augmented Reality realisiert (Chen, 2006) oder die Modelldarstellungen der Schüler\*innen durch das Erstellen von (Stop-Motion®-) Videos dynamisiert werden (Seibert, Kay & Huwer, 2019). Unabhängig davon zeigen vorangegangene Studien, dass Schüler\*innen häufig Schwierigkeiten beim Erarbeiten und Modifizieren von Modellen haben (Graf, 2002) und durch das Vorherrschen eines gegenständlichen Modellbegriffs anstelle einer hypothetisch-generativen Vorstellung von Modellen (Mikelskis-Seifert et al., 2011) Unterstützungsmaßnahmen notwendig werden (Nicoll, 2001), um die Modellbildungskompetenz erfolgreich zu fördern. Daher soll weiterhin der Einfluss von Unterstützungsmaßnahmen erforscht werden. Hierbei können beispielsweise gestufte Lernhilfen angeboten werden, sodass möglichst viele Schüler\*innen entsprechend ihres modell-methodischen Vorwissens durch die Modellierung kognitiv angeregt werden (Franke-Braun et al., 2008). In einem 2x2-Design mit den Ausprägungen Einsatz digitaler Medien und Unterstützung werden die begleitenden Fragebögen (Phase 1), die Unterrichtseinheit zum *Gesetz der Erhaltung der Masse* (Phase 2) und das Reflexionsschema (Phase 3) eingesetzt, um schließlich Gelingensbedingungen zur Förderung der Modellbildungskompetenz zu bestimmen.

## Ausblick

Zum aktuellen Forschungsstand sind die Phasen 1 zur Entwicklung eines Modellierungsprozesses für die Chemie und 2 zur Pilotierung der Unterrichtseinheit abgeschlossen. Die vorbereitende Phase wird ebenso wie das Reflexionsschema aktuell entwickelt. Der Einsatz des Reflexionsschemas in Phase 3 und die Benennung von Gelingensbedingungen zur Förderung der Modellbildungskompetenz in Phase 4 stehen noch bevor.

## Literatur

- Bergmann, A. (2020). *Mathematisch-naturwissenschaftliches Fachinteresse durch Profilunterricht fördern: Theoriebasierte Evaluation eines Thüringer Schulversuchs in der Sekundarstufe I* [Universität Leipzig]
- Caspari, I., Weber-Peukert, G., & Graulich, N. (2018). Der Einsatz von Modellen zum Erkenntnisgewinn— Eine Unterrichtseinheit zur Förderung der Modellkompetenz im Kontext „Batterie“ unter explizitem Einbezug von Schülervorstellungen. *CHEMKON*, 25(1), 23–34. <https://doi.org/10.1002/ckon.201710313>
- Chen, Y.-C. (2006). A study of comparing the use of augmented reality and physical models in chemistry education. In *Proceedings of the 2006 ACM international conference on Virtual reality continuum and its applications* (S. 369–372). Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/1128923.1128990>
- Engelschalt, P. (2021). *Konstruktion und Validierung einer Rating-Skala zur kontextunabhängigen Erfassung von Modellierkompetenz* [Masterarbeit]. Humboldt-Universität zu Berlin.
- Franke-Braun, G., Schmidt-Weigand, F., Stäudel, L., & Wodzinski, R. (2008). Aufgaben mit gestuften Lernhilfen – ein besonderes Aufgabenformat zur kognitiven Aktivierung der Schülerinnen und Schüler und zur Intensivierung der sachbezogenen Kommunikation. In Kasseler Forschergruppe Empirische Bildungsforschung (Hrsg.), *Lernumgebungen auf dem Prüfstand: Zwischenergebnisse aus den Forschungsprojekten* (S. 27–42). Kassel Univ. Press.
- Graf, E. (2002). Modelle im Chemieunterricht. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 13(67), 4–9.
- Grünkorn, J., Lotz, A., & Terzer, E. (2014). *Erfassung von Modellkompetenz im Biologieunterricht*. 11.
- Huwer, J., & Brünken, R. (2018). Individualisierung mit Tablets im Chemie-Unterricht. *COMPUTER + UNTERRICHT*, 110, 4.
- Koch, S., Krell, M., & Krüger, D. (2015). Förderung von Modellkompetenz durch den Einsatz einer Blackbox. *Erkenntnisweg Biologiedidaktik*, 93–108.
- Kultusministerkonferenz. (2020). *Bildungsstandards im Fach Chemie für die Allgemeine Hochschulreife*. [https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2020/2020\\_06\\_18-BildungsstandardsAHR\\_Chemie.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2020/2020_06_18-BildungsstandardsAHR_Chemie.pdf)
- Lang, V., Eckert, C., Perels, F., Kay, C. W. M., & Seibert, J. (2021). A Novel Modelling Process in Chemistry: Merging Biological and Mathematical Perspectives to Develop Modelling Competences. *Education Sciences*, 11(10). <https://doi.org/10.3390/educsci11100611>
- Mikelskis-Seifert, S., Knittel, C., & Pfohl, U. (2011). Vom Modellieren im Alltag zum Modellieren im Unterricht. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, 22(122), 13–18.
- Nerdel, C. (2017). *Grundlagen der Naturwissenschaftsdidaktik*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-53158-7>
- Nicoll, G. (2001). A report of undergraduates' bonding misconceptions. *International Journal of Science Education*, 23(7), 707–730. <https://doi.org/10.1080/09500690010025012>
- Rheinberg, F., Vollmeyer, R., & Burns, B. D. (2001). FAM: Ein Fragebogen zur Erfassung aktueller Motivation in Lern- und Leistungssituationen. *Diagnostica*, 47(2), 57–66. <https://doi.org/10.1026//0012-1924.47.2.57>
- Schupp, H. (1988). Anwendungsorientierter Mathematikunterricht in der Sekundarstufe I zwischen Tradition und neuen Impulsen. *Der Mathematikunterricht*, 34, 5–16.
- Seibert, J., Kay, C. W. M., & Huwer, J. (2019). EXPLAINistry: Creating Documentation, Explanations, and Animated Visualizations of Chemistry Experiments Supported by Information and Communication Technology To Help School Students Understand Molecular-Level Interactions. *Journal of Chemical Education*, 96(11), 2503–2509. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b00819>
- Seibert, J., Marquardt, M., Pinkle, S., Carbon, A., Lang, V., Heuser, K., Perels, F., Huwer, J., & W. M. Kay, C. (2020). Linking Learning Tools, Learning Companion and Experimental Tools in a Multitouch Learning Book. *World Journal of Chemical Education*, 8(1), 9–20. <https://doi.org/10.12691/wjce-8-1-2>
- Upmeyer zu Belzen, A., & Krüger, D. (2010). Modellkompetenz im Biologieunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 41–57.
- Upmeyer Zu Belzen, A., & Krüger, D. (2019). Ein Fall für Erkenntnisgewinnung- Biologische Beiträge zu einem Verständnis naturwissenschaftlichen Modellierens. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 30(171), 38–41.