

ChemAktiv: Interaktive Simulationen am Übergang von Schule zu Studium Ergebnisse einer Pilotstudie

Ausgangslage und Zielsetzung

Simulationen spielen eine zentrale Rolle im Lehr-Lern-Kontext Chemie (Suits & Sanger, 2013), besonders zur Vermittlung submikroskopischer Vorgänge und in der physikalischen Chemie. Gerade in diesem Bereich zeigen sich jedoch Verständnisschwierigkeiten bei Lernenden – an Schule sowie Universität (Barke, 2006; Bain & Towns, 2016; Heeg et al. 2020; Schwedler & Kaldewey, 2020).

Deshalb wird die Eingangsvorlesung „Allgemeine Chemie“ an der Johannes Gutenberg-Universität Mainz seit dem Sommersemester 2022 mit hauseigenen Simulationen begleitet (<https://interaktiv.chemie.uni-mainz.de/ac/index/>). Aus Evaluationsbögen ging jedoch hervor, dass die Simulationen nicht den gewünschten Lerneffekt bei den Studierenden hervorriefen und auch die Nutzung der Simulationen geringer ausfiel als erwartet. Als ein Grund hierfür wird eine nicht adressatengerechte Gestaltung und Einbettung der Simulationen vermutet (Smethana & Bell, 2012). Im Projekt *ChemAktiv* sollen die Simulationen zu den Themen chemisches Gleichgewicht und Reaktionskinetik daher didaktisch aufgearbeitet und angepasst werden. Ziel dabei ist die Entwicklung, Erstellung und Erforschung neuer Materialien, welche an Schulstandards orientiert die Komplexität der Simulationen aufbrechen, indem thematisch prägnante digitale Microeinheiten konzipiert werden. Diese dienen als Ergänzung zu den Ausgangssimulationen und adressieren bekannte alternative Konzepte und Herausforderungen (bspw. den dynamischen Charakter chemischer Gleichgewichte) und sollen als Trittstufe zwischen der den Studierenden bekannten schulischen Lehre und der von Selbststeuerung geprägten Hochschullehre fungieren, um so einen leichteren Zugang zu den vorhandenen Simulationen zu gewährleisten. Somit geht das Projekt auf Forderungen nach einer adressatengerechteren Lehre an der Hochschule ein (Busker et al, 2010).

Ergebnisse der Pilotierung

Studiendesign und Stichprobe

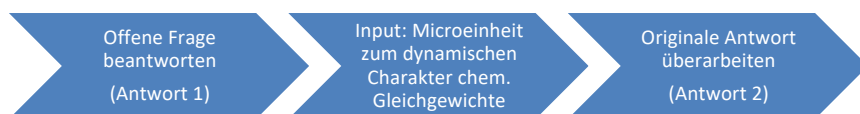


Abbildung 1: Ablauf der Pilotierung

Im Rahmen der Pilotstudie wurde untersucht, welchen Einfluss die Microeinheiten auf die Länge der Studierendenantworten (Abb.1) sowie auf eventuell vorhandene alternative Konzepte haben. Dazu wurden mittels eines Prä-Post-Studiendesign (Abb.1) 13 Studierende befragt. Sie erhielten zunächst folgende offene Frage: *Betrachtet wird folgende Reaktion $A \rightleftharpoons B$. Beschreiben Sie den Ablauf der Reaktion vom Start der Reaktion bis zur Einstellung eines chemischen Gleichgewichts. Nehmen Sie dabei an, dass zu Beginn der Reaktion nur Edukt A im Reaktionsgefäß vorhanden ist. Gehen Sie sowohl auf Stoff- sowie Teilchenebene ein. Nutzen Sie Fachsprache.*

Zunächst beantworteten die Studierenden die Frage schriftlich (digital). Dieser Schritt diente der Erhebung eventuell vorhandener Ausgangskonzepte. Anschließend erfolgte die Bearbeitung der Microeinheit. Im Anschluss erhielten die Studierenden ihre originale Antwort (Antwort 1) und hatten die Gelegenheit, diese zu überarbeiten und präzisieren (Antwort 2). Beide Antworten wurden bezüglich ihrer Länge verglichen und inhaltlich auf alternative Konzepte untersucht.

Ergebnisse

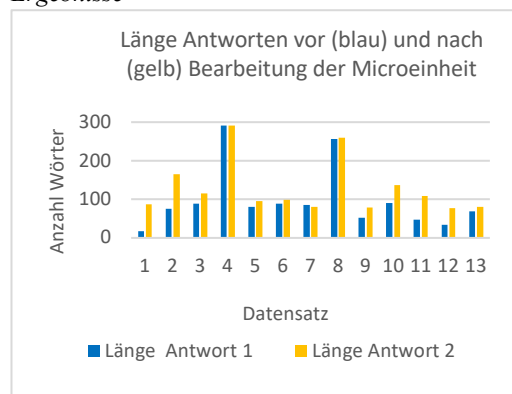


Abbildung 2: Antwortenlänge und alternative Konzepte in Studierendenantworten

Die Studierendenantworten wurden in fast allen erfassten Antworten ausführlicher, was die Wortanzahl betrifft (Abb.2). Ausnahmen hierzu bilden Datensatz 4 und 8, bei welchen die Antworten gleich lang blieben und Datensatz 7, bei welchem die zweite Antwort um vier Wörter kürzer ausfiel (Abb.2). Zusätzlich wurden in vier Datensätzen alternative Vorstellungen identifiziert (Tab.1). In Datensatz 2 wurde in der ersten Antwort beschrieben, dass im Gleichgewichtszustand die Edukt- und Produktkonzentration gleich hoch ist. Diese alternative Vorstellung wurde in der zweiten Antwort richtiggestellt, indem beschrieben wurde, dass in einem chemischen Gleichgewicht die Verhältnisse der Stoffmengenkonzentrationen gleich bleiben. Dazu wurde die originale Antwort zum Großteil neu formuliert und erweitert (Tab.1). In Datensatz 4 wird beschrieben, dass bis zum Einstellen des chemischen Gleichgewichts die Konzentration der Edukte und Produkte pendelartig schwankt. Diese Aussage wurde zusätzlich mit einem Beispiel veranschaulicht. Die Antwort wurde nicht verändert und blieb in Länge und Wortlaut komplett gleich (Tab. 1). In Datensatz 7 wurde beschrieben, dass eine höhere Masse auf Stoffebene einer höheren Molekülanzahl auf Teilchenebene entspricht. Diese Aussage wurde in der zweiten Antwort nicht wiederholt. Der Begriff der Masse wurde in der zweiten Antwort durch das Konzept der Stoffmengenkonzentration ersetzt. Antwort 2 wurde dabei komplett neu formuliert (Tab.1). In Datensatz 9 wird beschrieben, dass die Rückreaktion erst einsetzt, wenn die Gleichgewichtskonzentration des Stoffs B erreicht ist. Es wird ebenso beschrieben, dass dies auf Stoffebene mit einer anfänglichen Anreicherung von Produkt B zu beobachten ist. Die Aussage wurde in Antwort 2 nicht verändert, sondern blieb mit gleichem Wortlaut bestehen. Die Antwort wurde allerdings um einen weiteren Absatz ergänzt (Tab.1).

Die alternative Vorstellung wurde in der zweiten Antwort richtiggestellt, indem beschrieben wurde, dass in einem chemischen Gleichgewicht die Verhältnisse der Stoffmengenkonzentrationen gleich bleiben. Dazu wurde die originale Antwort zum Großteil neu formuliert und erweitert (Tab.1). In Datensatz 4 wird beschrieben, dass bis zum Einstellen des chemischen Gleichgewichts die Konzentration der Edukte und Produkte pendelartig schwankt. Diese Aussage wurde zusätzlich mit einem Beispiel veranschaulicht. Die Antwort wurde nicht verändert und blieb in Länge und Wortlaut komplett gleich (Tab. 1). In Datensatz 7 wurde beschrieben, dass eine höhere Masse auf Stoffebene einer höheren Molekülanzahl auf Teilchenebene entspricht. Diese Aussage wurde in der zweiten Antwort nicht wiederholt. Der Begriff der Masse wurde in der zweiten Antwort durch das Konzept der Stoffmengenkonzentration ersetzt. Antwort 2 wurde dabei komplett neu formuliert (Tab.1). In Datensatz 9 wird beschrieben, dass die Rückreaktion erst einsetzt, wenn die Gleichgewichtskonzentration des Stoffs B erreicht ist. Es wird ebenso beschrieben, dass dies auf Stoffebene mit einer anfänglichen Anreicherung von Produkt B zu beobachten ist. Die Aussage wurde in Antwort 2 nicht verändert, sondern blieb mit gleichem Wortlaut bestehen. Die Antwort wurde allerdings um einen weiteren Absatz ergänzt (Tab.1).

Tabelle 1: Auszug der Studierendenantworten vor und nach Bearbeitung der Microeinheit

Daten-satz	Antwort 1	Antwort 2
2	Bei Einstellung des chemischen Gleichgewichts ist immer gleich viel A und immer gleich viel B vorhanden.	Ab Einstellung des chemischen Gleichgewichts liegen Edukt A und Produkt B in immer gleichen Verhältnis vor, sodass es auf der Stoffebene so wirkt, als würde keine Reaktion mehr stattfinden
4	Bis sich ein (reaktionsabhängiges) Gleichgewicht zwischen vorhandener Menge an Edukt A und	Bis sich ein (reaktionsabhängiges) Gleichgewicht zwischen vorhandener Menge an Edukt A und

	Produkt B eingependelt hat, schwanken die Verhältnisse zwischen Edukt und Produkt. Heißt, mal ist mehr Edukt vorhanden und mal mehr Produkt. Auf der Stoffebene erkennt man dies beispielsweise durch Farbwechsel, sollten Edukt und Produkt unterschiedlich sein. Wenn Edukt A rosa ist und Produkt B farblos, würde die Reaktion sich zunächst entfärben und dann immer wieder zwischen den unterschiedlich starken Rosafärbungen schwanken.	Produkt B eingependelt hat, schwanken die Verhältnisse zwischen Edukt und Produkt. Heißt, mal ist mehr Edukt vorhanden und mal mehr Produkt. Auf der Stoffebene erkennt man dies beispielsweise durch Farbwechsel, sollten Edukt und Produkt unterschiedlich sein. Wenn Edukt A rosa ist und Produkt B farblos, würde die Reaktion sich zunächst entfärben und dann immer wieder zwischen den unterschiedlich starken Rosafärbungen schwanken.
7	Auf Stoffebene bedeutet dieses Gleichgewicht, dass ein Stoff in unserem Reaktionsgefäß in einer höheren Masse vorkommt, was auf Teilchenebene wiederum bedeutet, dass mehr Moleküle vorhanden sind.	Die Stoffmengenkonzentrationen ändern sich nicht mehr.
9	zunächst entsteht viel von Produkt B bis die Gleichgewichtskonzentration erreicht ist und sich anschließend über die Rückreaktion auch wieder Edukt A bildet. die Gleichgewichtskonstante entscheidet dabei über die Konzentrationen von A und B. Auf Stoffebene sollte man zunächst eine größere Menge Produkt B erkennen bevor sich durch die Rückreaktion wieder Edukt A bildet.	zunächst entsteht viel von Produkt B bis die Gleichgewichtskonzentration erreicht ist und sich anschließend über die Rückreaktion auch wieder Edukt A bildet. die Gleichgewichtskonstante entscheidet dabei über die Konzentrationen von A und B. Auf Stoffebene sollte man zunächst eine größere Menge Produkt B erkennen bevor sich durch die Rückreaktion wieder Edukt A bildet.

Diskussion

Aus den Ergebnissen der Pilotstudie lässt sich ableiten, dass das Bearbeiten der Microeinheiten in großem Umfang zu einer Präzisierung und Ergänzung der ursprünglichen Antworten geführt hat (Abb. 2). In zwei von vier Fällen wurden vorhandene alternative Konzepte berichtigt. Beides spricht für eine positive Auswirkung der Microeinheiten auf das Konzeptwissen der Lernenden. Außerdem lässt sich ein weiterer Trend aus den Antworten der Pilotierung ablesen. Antworten, in denen vorhandene alternative Konzepte nicht verbessert wurden, übernahmen die originale Antwort wortlautgetreu. Anpassungen wurden in diesen Fällen ausschließlich durch Ergänzungen vorgenommen (Datensatz 9). Bei den Antworten, in denen alternative Konzepte verbessert wurden, wurden auch die Antworten hingegen (in großen Teilen) neu formuliert (Datensätze 2 und 7).

Allgemein zeigt die Pilotierung, dass die Microeinheiten eine Präzisierung der Studierendenantworten in Bezug auf deren Antwortenlänge bewirken. Aufgrund des Prä-Post-Studiendesigns kann allerdings lediglich ein Vergleich der gegebenen Antworten analysiert werden. Welche Denkprozesse bei den Studierenden stattfanden, bleibt verborgen. Die Pilotierung hat somit zusätzlich den Bedarf an einem prozessbegleitenderen Studiendesign sichtbar gemacht.

Ausblick

Aus der Pilotstudie ging hervor, dass eine Nachschärfung des Studiendesigns erforderlich ist, um die Denkprozesse der Studierenden, insbesondere während der Bearbeitung der Microeinheit, erfassbar und nachvollziehbar zu machen. So können die Auswirkungen der Microeinheit auf das Konzeptverständnis der Lernenden zuverlässiger beschrieben werden. Dies könnte beispielsweise durch eine Erweiterung des Prä-Post-Studiendesigns um Think-Aloud-Protokolle geschehen oder durch nachgeschaltete, leitfadengestützte Interviews. Auch die Erfassung des Einflusses der Mikroeinheiten auf die Arbeit mit der originalen Simulation, die im Rahmen des übergeordneten Forschungsvorhabens geplant ist, könnte von einer solchen Modifizierung des Studiendesigns profitieren.

Literatur

- Bain, K. & Towns, M. H. (2016). A review of research on the teaching and learning of chemical kinetics. In: *Chem. Educ. Res. Pract.*, 17(2), S. 246–262. DOI: 10.1039/C5RP00176E.
- Barke, H.-D. (2006). *Chemiedidaktik. Diagnose und Korrektur von Schülervorstellungen*. Berlin, Heidelberg: Springer (Springer-Lehrbuch)
- Busker, M., Parchmann, I. & Wickleder, M. (2010). Eingangsvoraussetzungen von Studienanfängern im Fach Chemie. *CHEMKON*, 17(4), 163–168. <https://doi.org/10.1002/ckon.201010134>
- Heeg, J., Bittorf, R. M. & Schanze, S. (2020). Learners' conceptions about the chemical equilibrium – A systematic Review. *Chemkon*, 27(8), S. 373–383. DOI: 10.1002/ckon.201900022.
- Johannes Gutenberg-Universität (o.D.). *Interaktive Lernstoffe*. <https://interaktiv.chemie.uni-mainz.de/> (29.10.2025).
- Schwedler, S., Kaldewey, M. (2020). Linking the submicroscopic and symbolic level in physical chemistry: How voluntary simulation-based learning activities foster first-year university students' conceptual understanding. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 21(4), S. 1132–1147. DOI: 10.1039/C9RP00211A.
- Smetana, L. K. & Bell, R. L. (2012). Computer simulations to support science instruction and learning: A critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 34(9), S. 1337–1370. DOI: 10.1080/09500693.2011.605182.
- Suits, J. P. & Sanger, M. J. (2013). Dynamic visualizations in chemistry courses. In: J. P. Suits & M. J. Sanger (Hrsg.), *Pedagogic Roles of Animations and Simulations in Chemistry Courses*, Bd. 1142. Washington, DC: American Chemical Society (ACS Symposium Series), S. 1–13.