

Natalia Spitha¹
Rüdiger Tiemann¹

¹Humboldt Universität zu Berlin

Simulationsbasierte Aktivitäten für Chemiestudierende

Lernumgebungen für den Chemieunterricht in der Sekundarstufe werden auf Grundlagen der aktuellen Lehr- und Lernforschung als auch der technologischen Fortschritte kontinuierlich bewertet und weiterentwickelt. Dieser Evaluierungs- und Verbesserungszyklus scheint sich jedoch viel weniger auf der Hochschulebene weiter fortzusetzen, wo das Chemiestudium „traditionell“ und eher passiv bleibt. Sowohl die Heterogenität im Vorwissen der ankommenden Studierenden (Busker et al., 2010) als auch die überproportionalen (ca. 50%) Abbruchquoten im Fach Chemie (Heublein et al., 2022) weisen darauf hin, dass eine große Anzahl von Studierenden von einer Umgestaltung des universitären Chemieunterrichts profitieren würde. Die Breite an neueren Strategien zur Förderung der Leistungen von Chemiestudierenden umfasst sowohl kleinere gezielte Interventionen (z.B. adaptives Feedback (Trauten et al., 2020), Scaffolding für die Argumentation (Lieber et al., 2022) und Simulationen für selbstreguliertes Lernen (Schwedler, 2019)) als auch umfangreiche Curriculum-Reformen (Pazicni et al., 2021). Darunter ist die Verwendung von Lernsimulationen eine besonders vielversprechende Strategie, denn die Kombination von Simulationen mit einem geeigneten Scaffolding kann das Lernen komplexer Konzepte vereinfachen und Studierende unterschiedlicher Vorbereitungsniveaus unterstützen (Chernikova et al., 2020; Schwedler & Kaldewey, 2020). In diesem von der Alexander-von-Humboldt-Stiftung geförderten Projekt werden die Auswirkungen einer Reihe von neu entwickelten simulationsbasierten Aktivitäten auf die Motivation und das Lernen von Studienanfänger im Fach Chemie untersucht. In diesem Beitrag werden die Prinzipien hinter der Entwicklung der Aktivitäten und das Studiendesign für ihre erste Umsetzung in einem Chemiekurs für Lehramtsstudierende zusammengefasst.

Studiendesign

Im Rahmen dieser Studie wurden insgesamt sechs simulationsbasierte Lerneinheiten für die Übungsseminare der Einführungskurse in Chemie konzipiert, welche die Themen Atombau (I), periodische Trends (II), chemische Bindung (III), Thermodynamik (IV), Säure und Basen (V) und Redoxreaktionen (VI) betreffen. Die Reihenfolge und die Inhalte der simulationsbasierten Aktivitäten wurden eng an die bestehenden Aufgaben angepasst, die für die Übungen verwendet werden. Durch dieses Design ist die Lernwirksamkeit der digitalen Lerneinheiten direkt vergleichbar zum „traditionellen“ Übungsformat. Jede Lerneinheit besteht aus einer schriftlichen Aufgabenreihe und einer HTML-Website mit Animationen und Simulationen, mit denen die Studierenden bei der Bearbeitung der Aufgabestellungen interaktiv arbeiten. Die Webseite enthält auch entsprechende Konstanten, Gleichungen und fakultative Hinweise, welche die Studierenden konsultieren können. Der Hauptteil jeder Lernumgebung soll während eines 90-minütigen Übungsseminars mithilfe eines Tablets bearbeitet werden, außer einer kürzeren Reihe von Vorbereitungsaufgaben (ca. 10 Min), welche die Studierenden mit den Repräsentationen, der Terminologie und der Simulationssteuerung im Voraus vertraut machen.

Die erste Umsetzung der simulationsbasierten Lernumgebungen soll im Wintersemester 2022-23 im Modul *Allgemeine und Anorganische Chemie* (AAC) erfolgen, welcher die Einführungsveranstaltung für Chemie-Lehramtsstudierende an der Humboldt – Universität zu Berlin ist. Studierende besuchen für diesen Kurs wöchentlich zwei Übungsseminare, die von zwei verschiedenen Kursverantwortlichen geleitet werden und für die unterschiedliche Materialien bearbeitet werden. Jeder der beiden Seminartypen wird zweimal in der Woche angeboten und die Studierenden sind in zwei Gruppen verteilt, so dass jede Gruppe jede Woche beide Seminartypen besucht (Abb. 1a). Die wöchentliche Zeiteinteilung der Übungsseminare ermöglicht ein „Crossover“-Kontrollgruppe-Studiendesign (siehe Abb. 1b), wobei beide Studierendengruppen die Möglichkeit haben, an der simulationsbasierten Aktivität teilzunehmen, während die andere Gruppe in derselben Woche, mit derselben Lehrperson und zum gleichen Thema, an der traditionellen Übungsformat teilnimmt. Die Auswirkungen der beiden Lernumgebungen auf die kognitiven und affektiven Bereiche werden jeweils mit Prä- und Posttests zu chemischen Inhalten und mit einer wöchentlichen Umfrage zur Selbstwirksamkeit erhoben.

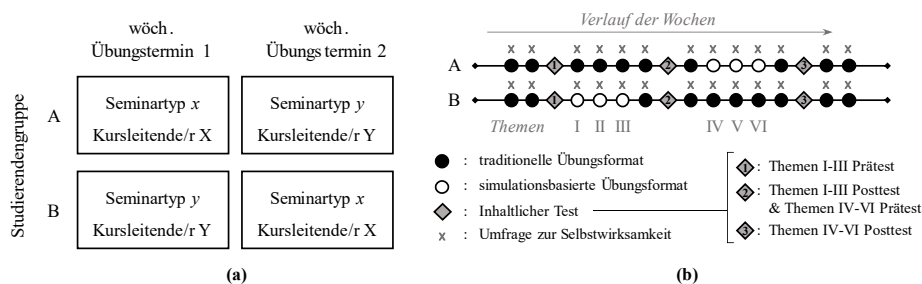


Abb. 1. (a) Wöchentliche Zeiteinteilung der besuchten Übungsseminare für zwei Studierendengruppen im Modul AAC. (b) Einteilung der simulationsbasierten Lerneinheiten und entsprechender Assessments im Laufe des Wintersemesters 2022-23.

In dieser Phase unserer Studie werden die folgenden Forschungsfragen beantwortet:

- Inwiefern beeinflusst die Teilnahme an simulationsbasierten Aktivitäten den fachlichen Lernzuwachs von Studienanfänger in Chemie?
- Inwiefern beeinflusst die Teilnahme an simulationsbasierten Aktivitäten die Selbstwirksamkeit und Motivation von Chemiestudierenden?

Design-Elemente der simulationsbasierten Aktivitäten

Die Simulationen für Interaktives Lernen in Chemie (SILC) und die begleitenden Aktivitäten wurden mit Rücksicht sowohl auf bestimmte Zielkompetenzen als auch auf zuvor ermittelte Bereiche mit Verbesserungspotenzial bei dem existierenden Übungsformat entwickelt. Insbesondere wurden die Aktivitäten zu den folgenden Prinzipien angepasst:

- *Scaffolding* (Reiser, 2004): die Strukturierung der Aktivitäten zielt darauf ab, das Vorwissen der Studierenden visuell und durch Vorbereitungsaufgaben, Hinweise und Fragmentierung der Fragen schrittweise und in produktiver Weise zu aktivieren.
- „dreidimensionales“ Lernen (*3D-Learning Framework*): durch die Strukturierung der Aktivitäten nach naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen (*scientific practices*)

sollen die Studierenden ihr Wissen mit den Kernideen der Chemie und mit fachübergreifenden Konzepten verknüpfen (National Research Council, 2012). Insbesondere liegt für SILC der Schwerpunkt auf der Modellierung und der Konstruktion von Erklärungen.

- Gruppenarbeit: die Aktivitäten werden im eigenen Tempo durchgeführt, bieten aber explizite Punkte für Diskussionen in kleinen Gruppen. Dies soll die Teilnahme aller Studierenden fördern.

Die Aktivitäten begleitet eine Mischung von neu entwickelten, Open-Source Simulationen (D3.js, VPython, HTML) und eingebetteten bzw. modifizierten bestehenden Simulationen.

Schwerpunkte der inhaltlichen Tests

Drei schriftliche Tests werden während des Semesters durchgeführt, die insgesamt einen Prä-Post-Vergleich für jedes Simulationsthema ermöglichen (s. Abb. 1b). Der Schwerpunkt der Beurteilung liegt auf der Fähigkeit der Studierenden, Erklärungen zu konstruieren und Modelle zur naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung zu verwenden. Die Tests bestehen aus einer mehrteiligen Frage pro Aktivitätsthema, die auf eine Kernidee (z.B. Energie) abzielt und auch häufig dokumentierte Fehlvorstellungen aufdecken könnte (z.B., „exothermes“ Brechen von Bindungen (Galley, 2004)). Die Prä- und Post-Fragen sind für jedes Thema weitgehend identisch.

Longitudinale Messung der Selbstwirksamkeit (wöchentliche Umfrage)

Die akademische Leistung und die Identifizierung eines/einer Studierenden mit dem Studienfach (Graham et al., 2013; Heublein, 2014; Hosbein & Barbera, 2020) stehen über das Konstrukt der Selbstwirksamkeit (Bandura, 1986) in engem Zusammenhang mit der Studienmotivation. In dieser Studie wird untersucht, inwiefern die Unterstützung von den simulationsbasierten Aktivitäten die Selbstwirksamkeit fördert (z.B. durch Erfolgserlebnisse und Interesse), was auch später zu Verbesserungen in der Studienmotivation führen könnte (Flowers III & Banda, 2016). Daher werden die Studierenden wöchentlich am Ende eines Seminars einen 13-item Online-Fragebogen ausfüllen, der verschiedene Konstrukte der Studienmotivation (Erfolgserlebnisse und Interessenniveau während der Übung, wahrgenommene Unterstützung und Selbstwirksamkeit in Bezug auf den Kurs) abfragt. Ziel ist zum einen, die Beziehung zwischen diesen Variablen und der – auch wöchentlich abgefragten – Studienmotivation zu validieren und zum anderen, eventuelle Korrelationen zwischen den zeitlichen Veränderungen in der Motivation eines/einer Studierenden und dem Übungsformat, woran er oder sie teilnimmt, aufzudecken.

Verfügbarkeit der SILC-Simulationen

Zum Zeitpunkt der Abfassung dieses Tagungsbeitrags sind fünf von sechs Aktivitäten online unter <https://tcel-hu-berlin.github.io/silc-links> verfügbar.

Förderung

Dieses Projekt wird durch die Unterstützung der Alexander-von-Humboldt-Stiftung ermöglicht.

Literatur

- Bandura, A. (1986). *Social foundations of thought and action: A social cognitive theory* (pp. xiii, 617). Prentice-Hall, Inc.
- 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>
- Chernikova, O., Heitzmann, N., Stadler, M., Holzberger, D., Seidel, T., & Fischer, F. (2020). Simulation-Based Learning in Higher Education: A Meta-Analysis. *Review of Educational Research*, 90(4), 499–541. <https://doi.org/10.3102/0034654320933544>
- Flowers III, A. M., & Banda, R. (2016). Cultivating science identity through sources of self-efficacy. *Journal for Multicultural Education*, 10(3), 405–417. <https://doi.org/10.1108/JME-01-2016-0014>
- Galley, W. C. (2004). Exothermic Bond Breaking: A Persistent Misconception. *Journal of Chemical Education*, 81(4), 523. <https://doi.org/10.1021/ed081p523>
- Garard, D. L., Lippert, L., Hunt, S. K., & Paynton, S. T. (1998). Alternatives to traditional instruction: Using games and simulations to increase student learning and motivation. *Communication Research Reports*, 15(1), 36–44. <https://doi.org/10.1080/08824099809362095>
- Graham, M. J., Frederick, J., Byars-Winston, A., Hunter, A.-B., & Handelsman, J. (2013). Increasing Persistence of College Students in STEM. *Science*, 341(6153), 1455–1456. <https://doi.org/10.1126/science.1240487>
- Heublein, U. (2014). Student Drop-out from German Higher Education Institutions. *European Journal of Education*, 49(4), 497–513. <https://doi.org/10.1111/ejed.12097>
- Heublein, U., Hutzsch, C., & Schmelzer, R. (2022). *Die Entwicklung der Studienabbruchquoten in Deutschland*. 13.
- Hosbein, K., & Barbera, J. (2020). Development and evaluation of novel science and chemistry identity measures. *Chemistry Education Research and Practice*, 21(3), 852–877. <https://doi.org/10.1039/C9RP00223E>
- Lieber, L. S., Ibraj, K., Caspari-Gnann, I., & Graulich, N. (2022). Closing the gap of organic chemistry students' performance with an adaptive scaffold for argumentation patterns. *Chemistry Education Research and Practice*. <https://doi.org/10.1039/D2RP00016D>
- National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas* (T. Keller, Ed.). National Academies Press.
- Pazicni, S., Wink, D. J., Donovan, A., Conrad, J. A., Darr, J. P., Morgan Theall, R. A., Richter-Egger, D. L., Villalta-Cerdas, A., & Walker, D. R. (2021). The American Chemical Society General Chemistry Performance Expectations Project: From Task Force to Distributed Process for Implementing Multidimensional Learning. *Journal of Chemical Education*, 98(4), 1112–1123. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00986>
- Reiser, B. J. (2004). Scaffolding complex learning: The mechanisms of structuring and problematizing student work. *Journal of the Learning Sciences*, 13(3), 273–304. https://doi.org/10.1207/s15327809jls1303_2
- Schwedler, S. (2019). Wie schnell sind die Teilchen denn jetzt? Studienanfänger entwickeln dynamische Vorstellungen zur Maxwellverteilung mit BIRC. *CHEMKON*, 26(1).
- 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. *Chemistry Education Research and Practice*, 21(4), 1132–1147. <https://doi.org/10.1039/C9RP00211A>
- Trauten, F., Eitemüller, C., & Walpuski, M. (2020). Evaluation adaptiven Feedbacks in Online-Aufgaben in der Chemie. *GDCP Jahrestagung, Wien, 2019*, 884–887.