

Florian Trauten¹
Carolin Eitemüller¹
Maik Walpuski¹

¹Universität Duisburg-Essen

Interaktive E-Lernlektionen mit automatisiertem Feedback in der Allgemeinen Chemie

Theoretischer Hintergrund

Die Gruppe der Erstsemesterstudierenden im Fach Chemie zeichnet sich durch ein hohes Maß an Heterogenität im Vorwissen aus, nicht zuletzt bedingt durch die Chemie-Kurswahl in der Oberstufe (Averbeck, 2020). Das Modul „Allgemeine Chemie“ wiederholt im ersten Semester wesentliche Grundlagen der Chemie und versucht so ein Fundament für weiterführende Disziplinen der Chemie zu festigen. Es zeigt sich aber, dass auch im 2. Semester das schulische Vorwissen noch maßgeblich die Ausprägung chemiebezogener Fähigkeiten beeinflusst und vorhersagen kann (Averbeck, 2020). Somit gelingt es bestehenden Hochschullernangeboten nicht, Vorwissensdefizite effektiv abzubauen. Fachliche Defizite sollten aber bereits in der frühen Studieneingangsphase aufgearbeitet werden, da sich andernfalls das Risiko für Studienabbruch deutlich erhöht (Heublein et al., 2017), was sich an der Abbruchquote in Chemiestudiengängen von aktuell 52 % niederschlägt (Heublein et al., 2022).

Diese Performance-Problematik ist mit zwei weiteren Problembereichen verzahnt. Zum einen wurden über zwölf Jahre lang im institutionellen Kontext der Schule Verhaltensmuster erworben und gefestigt, die sich so direkt nicht auf den Hochschulkontext anwenden lassen. Feedback muss z. B. nun aktiv eingefordert werden (Heublein, 2017; Rost, 2018). Es ist zudem von einem potentiellen Mangel an Feedbackgelegenheiten auszugehen, da aufgrund der erst anlaufenden Sozialisationsprozesse in die akademische Gesellschaft (Trautwein & Bosse, 2017) soziale Strukturen zu Peers und Hochschullehrenden durch einen aktiven Integrationsprozess zunächst erarbeitet werden müssen (Tinto, 1988) und somit in der Studieneingangsphase nicht in Gänze zur Verfügung stehen. Zum zweiten ist die Aufarbeitung des Oberstufenstoffs in der Chemie sehr zeitintensiv und umfangreich. Studierende benötigen dazu gerade zu Beginn des Studiums eine sichere Quelle für qualitativ hochwertiges Feedback (Heublein, 2017; Sarcletti & Müller, 2011) z. B. in Form von formativen Assessments – um sich besser selbst einschätzen zu können – oder elaboriertem Feedback, das fehlendes Wissen bereitstellt. Der potentielle Mangel an Feedbackgelegenheiten, von dem auszugehen ist (Feedback-Problematik), resultiert in einer Mehrarbeitsproblematik. Denn all das, was nicht in Interaktion mit Lehrenden und Peers erarbeitet werden kann, obliegt dem Individuum selbst. Damit schließt sich der Kreis zur Performance-Problematik: Es zeigt sich, dass die Gruppe der Studienabbrechenden besonders selten Feedback von ihren Hochschullehrenden in Anspruch nimmt. Zudem gaben über 50 % der Abbrechenden (Math./Naturwiss.) „zu hohe Anforderungen“ oder eine „nicht zu bewältigende Stofffülle“ als relevante Abbruchsgründe an, und für 41 % der Abbrechenden spielte die Selbsteinschätzung, fehlende Vorkenntnisse nicht ausgleichen zu können, eine relevante Rolle bei der Abbruchsentscheidung (Heublein et al., 2017).

Es werden immer wieder Versuche unternommen, Studierende zu Beginn des Studiums in der Aufarbeitung von Vorwissensdefiziten zu unterstützen. Oft wird in Vorkursen versucht, vor Semesterbeginn die Grundlagen der Chemie zu wiederholen. Eitemüller & Habig (2020) fanden hier in einer systematischen Evaluation im Mittel auch positive Effekte auf den Klausurerfolg am Ende des ersten Semesters für Vorkursteilnehmende verglichen mit

Studierenden, die keinen Vorkurs besucht hatten. Betrachtet man die Vorwissensniveaus jedoch gesondert, zeigt sich in dieser Studie ein Matthäus-Effekt für Studierende die vormals einen Leistungskurs in der Chemie besucht haben. In einer Studie, die Studierenden semesterbegleitend Hilfestellung in Form automatisierten Feedbacks in digitalen Lernaufgaben bereitstellte, konnte hingegen für Studierende, die z. B. bedingt durch die Kurswahl mit einem geringeren Vorwissen ins Studium starten, gezeigt werden, dass elaboriertes Feedback signifikante Lernvorteile mit sich bringt und so helfen kann, Wissensdefizite aufzuarbeiten (Trauten et al., 2023).

Diese und weitere Unterstützungsangebote haben jedoch gemeinsam, dass sie in der Regel die freiwillige Mitarbeit der Studierenden voraussetzen. Besonders zu Beginn der akademischen Laufbahn unterschätzen Studierende meist die zum erfolgreichen Studieren notwendige Arbeitszeit und widmen sich gerade zu Beginn des ersten Semesters häufig Tätigkeiten, die weniger förderlich für den Studienerfolg sind (Trentepohl et al., 2022). Trentepohl et al. (2022) konnten zudem zeigen, dass sich deutlich bessere Ergebnisse im Rahmen eines Hochschulkurses (Bauingenieurwesen) erzielen lassen, wenn regelmäßig von der Lehrperson verbindliche Abgaben eingefordert werden.

Befunde zum Zeitmanagement in der Studieneingangsphase legen nahe, dass Studierende Unterstützung benötigen, sich ihre Lernzeit adäquat einzuteilen. Dies ist insbesondere dann geboten, wenn Wissensdefizite aufgearbeitet werden müssen, denn hierbei entsteht ein zusätzlicher Workload neben dem bereits bestehenden Workload der Studieneingangsphase. Ein Unterstützungsangebot sollte zudem die zur Wissensaufarbeitung relevanten Informationen möglichst niederschwellig und kompakt bereitstellen, damit möglichst viel Zeit für die Wissensaufarbeitung genutzt werden kann. Die Vielzahl an Visualisierungen in Chemie Lehrbüchern (Dickmann, 2019) und der komplizierte Umgang mit diesen (Rau, 2017) erfordern häufig dynamische Darstellungsformen, die die Brücke zwischen den verschiedenen Visualisierungstypen spannen können. Ziel ist es genau in dieser Phase ein Unterstützungsangebot bereit zu stellen, das die oben genannten drei Problembereiche und deren Wechselspiel zu reduzieren vermag. Daher wurden interaktive E-Lernlektionen als Medium gewählt, nicht zuletzt, weil im Rahmen solcher E-Lernlektionen automatisiert auswertbare Aufgaben sowie just-in-time Feedback gut implementiert werden kann.

Forschungsfragen

- FF1: In welchem Umfang können Vorwissensdefizite mit Hilfe interaktiver E-Lernlektionen mit automatisiertem Feedback aufgeholt und die Wissensentwicklung unterstützt werden?
- FF2: Wie wirken sich die interaktiven E-Lernlektionen mit automatisiertem Feedback in Abhängigkeit von den Implementationsbedingungen (selbstbestimmt vs. verpflichtend) auf (a) die Akzeptanz hinsichtlich der E-Lernlektionen und (b) den Studienerfolg von Erstsemesterstudierenden in der Allgemeinen Chemie aus?

Methode und Design

Zur Beantwortung dieser Fragestellungen soll im Wintersemester 2023/2024 über eine Intervention im Zwei-Gruppen Prä-Post-Design an voraussichtlich $N = 300$ Studierenden überprüft werden, inwiefern sich eine zeitlich begrenzte und verpflichtende Bearbeitung verglichen mit eigenverantwortlichem Arbeiten mit den interaktiven E-Lernlektionen als vorteilig für den Lernerfolg erweist. Hierzu werden die Lehramtsstudierenden im Fach Chemie (IG₁: Verpflichtende Bearbeitung) mit Studierenden der Fachwahl Bachelor Chemie

und Bachelor Water Science (IG₂: Eigenverantwortliche Bearbeitung) verglichen. Über ein Propensity-Score-Matching werden mithilfe der Kontrollvariablen (z. B. Fachwissen, kognitiven Fähigkeiten, Studienmotivation, Lern- und Leistungsstrategien) statistische Zwillingspaare in den beiden Teilstichproben ermittelt. Die Teilstichproben werden nicht direkt, sondern anhand dieser Zwillingspaare miteinander verglichen, wodurch sich der Bias dieser Gelegenheitsstichprobe in quasi experimentellem Design deutlich reduzieren lässt. Zudem soll über einen Kohortenvergleich mit einem früheren Jahrgang ermittelt werden, inwiefern sich Vorwissensdefizite über den Semesterverlauf mit den E-Lernlektionen aufarbeiten lassen.

Zu diesem Zweck wurden auf Basis der Principles of Multimedia-Learning (Cognitive Theory of Multimedia Learning; Mayer, 2014) für die Erstellung digitaler multimedialer Lernmaterialien (insbesondere Signaling-, Spatial-Contiguity- und Temporal-Contiguity-Principle) und unter Berücksichtigung von Aspekten des Universal Designs for Learning (Burgstahler, 2008, Schreffler et al., 2019) zehn interaktive digitale Selbstlern-Lektionen entwickelt. Die Lerninhalte leiten sich dabei aus den Kernideen der ersten drei Lernjahre des Chemieunterrichtes (QUA-LiS NRW, 2021) ab, welche nach inhaltlicher Passung zu den Themen gruppiert und für eine optimale Verzahnung mit dem Modul Allgemeine Chemie im ersten Semester inhaltlich angereichert wurden. Die Lerninhalte werden in unterschiedlichen Modi vermittelt. Der überwiegende Teil wird in Form von interaktiven Inhaltsfolien präsentiert, aber auch durch Lernvideos, die durch Expertinnen und Experten geprüft wurden. Die Anwendung des Wissens wird durch feedbackgestützte Lernaufgaben und virtuelle Experimente gewährleistet. So soll der vorwissensheterogenen Studierendenschaft durch Verknüpfung von Inhaltsebene und korrespondierenden Feedbackaufgaben maßgeschneiderte just-in-time Hilfestellung angeboten werden (E-tutorielle Selbstlernphase). Es wird hier ein zweistufiger Feedback-Algorithmus verwendet, der nach der ersten fehlerhaften Eingabe den Fehlerort indiziert (Knowledge of Mistake) und zusätzliche Hinweise präsentiert (Knowledge on how to proceed), die auf die Vermeidung dessen hindeuten. Dann erhalten die Lernenden einen zweiten Lösungsversuch. Reicht dieses Feedback (Feedback-Principle; Johnson & Priest, 2014; Moreno & Mayer, 2007) nicht aus, um eine korrekte Lösung der Lernaufgabe herbeizuführen, wird die Musterlösung anhand eines Worked-Examples (Worked-Examples-Principle; Renkl, 2014) präsentiert. In der sich an die Selbstlernphase anschließenden Reflexionsphase müssen die Lernenden zunächst auf einer vierstufigen Likert-Skala selbst ihre Performance einschätzen, dann folgt ein Assessment mit automatisierter Auswertung. Diese Aufgaben zeigen nicht den Fehlerort oder die korrekte Lösung an, sondern präsentieren nur Knowledge of Result und Knowledge of Performance (Narciss, 2006). Sie korrespondieren mit den inhaltlichen Anforderungen der Lernphase. Abhängig von der Performance (ab < 80 %) wird eine themenspezifische Wiederholungsempfehlung gegeben. Die IG₁ ist zudem dazu verpflichtet acht von zehn E-Lernlektionen mit min. 80 % Performance zu bearbeiten.

Das erhaltene Paket an E-Lernlektionen, das sich inhaltlich auf empirisch fundierte Kernideen der ersten drei Lernjahre stützt, soll schließlich nach der Validierung als Open Educational Ressource für das Selbststudium in der Studieneingangsphase bereitgestellt werden. Des Weiteren liefert das Projekt eine Argumentationsgrundlage für ggf. verpflichtende digitale Vorbereitungskurse vor Studiumsbeginn zur Aufarbeitung schulischer Wissensdefizite.

Literatur

- Averbeck, D. (2021). Zum Studienerfolg in der Studieneingangsphase des Chemiestudiums Der Einfluss kognitiver und affektiv-motivationaler Variablen (Band 308). Berlin: Logos. Burgstahler, S. & Cory, R. C. (Hrsg.). (2008). *Universal design in higher education. From principles to practice*. Cambridge, Mass.: Harvard Education Press. Verfügbar unter: <https://permalink.obvsg.at/AC07602846>
- Dickmann, T. (2019). *Visuelles Modellverständnis und Studienerfolg in der Chemie. Zwei Seiten einer Medaille* (Studien zum Physik- und Chemielernen). Logos.
- Eitemüller, C. & Habig, S. (2020). Enhancing the transition? - effects of a tertiary bridging course in chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 21(2), 561-569. <https://doi.org/10.1039/C9RP00207C>
- Eitemüller, C., Trauten, F. & Walpuski, M. (2023). Digitalization of multistep chemistry exercises with automated formative feedback. *Journal of Science Education and Technology*.
- Heublein, U., Ebert, J., Hutzsch, C., Isleib, S., König, R., Richter, J. et al. (2017). *Zwischen Studiererwartungen und Studienwirklichkeit. Ursachen des Studienabbruchs, beruflicher Verbleib der Studienabbrecherinnen und Studienabbrecher und Entwicklung der Studienabbruchquote an deutschen Hochschulen* (Forum Hochschule). Hannover: Deutsches Zentrum für Hochschul- und Wissenschaftsforschung GmbH.
- Heublein, U., Hutzsch, C. & Schmelzer, R. (2022). *Die Entwicklung der Studienabbruchquoten in Deutschland* (DZHW Brief). Deutsches Zentrum für Hochschul- und Wissenschaftsforschung (DZHW). Verfügbar unter: https://www.dzhw.eu/publikationen/pub_show?pub_id=7922&pub_type=kbr
- Mayer, R. E. (Hrsg.). (2014). *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139547369>
- Rau, M. A. (2017). Conditions for the Effectiveness of Multiple Visual Representations in Enhancing STEM Learning. *Educational Psychology Review*, 29(4), 717-761. <https://doi.org/10.1007/s10648-016-9365-3>
- Rost, F. (2018). *Lern- und Arbeitstechniken für das Studium* (Lehrbuch, 8., vollständig überarbeitete und aktualisierte Auflage). Wiesbaden: Springer VS.
- Sarcelletti, A. & Müller, S. (2011). Zum Stand der Studienabbruchforschung. Theoretische Perspektiven, zentrale Ergebnisse und methodische Anforderungen an künftige Studien. *Zeitschrift für Bildungsforschung*, 1(3), 235–248. <https://doi.org/10.1007/s35834-011-0020-2>
- Tinto, V. (1988). Stages of Student Departure: Reflections on the Longitudinal Character of Student Leaving. *The Journal of Higher Education*, 59(4), 438. <https://doi.org/10.2307/1981920>
- Trauten, F., Eitemüller, E. & Walpuski, M. (im Druck). Lernaufgaben mit automatisiertem Feedback in einem digitalen Hochschultutorium zur Vorlesung der Allgemeinen Chemie als Angebot zur Binnendifferenzierung. *Zeitschrift für empirische Hochschulforschung*, 7(1), 13-33. (DOI voraussichtlich: <https://doi.org/10.3224/zehf.v7i1.03>)
- Trautwein, C. & Bosse, E. (2017). The first year in higher education—critical requirements from the student perspective. *Higher Education*, 73(3), 371–387. <https://doi.org/10.1007/s10734-016-0098-5>
- Trentepohl, S., Waldeyer, J., Fleischer, J., Roelle, J., Leutner, D. & Wirth, J. (2022). How Did It Get So Late So Soon? The Effects of Time Management Knowledge and Practice on Students' Time Management Skills and Academic Performance. *Sustainability*, 14(9), 5097. <https://doi.org/10.3390/su14095097>
- QUA-LiS NRW (Käuser, R., Hrsg.). (2021). *Vernetztes Lernen im Chemieunterricht*. Verfügbar unter: https://www.schulentwicklung.nrw.de/sinus/front_content.php?idart=10969