

David Johannes Hauck¹
Insa Melle¹

¹Technische Universität Dortmund

Digital-kollaboratives Lernen im Anfangsstudium Chemie

Motivation

Untersuchungen der letzten Jahre konnten zeigen, dass viele Chemiestudierende ihr Studium abbrechen. Eine aktuelle Studie von Heublein et al. (2020) im Auftrag des DZHW benennt eine Abbruchquote im Chemie-Bachelorstudium von 47 %, welche weit über dem universitären Gesamtschnitt von 32 % sowie auch leicht über dem Fächergruppenschnitt Mathematik/Naturwissenschaften von 43 % liegt (ebd.). Als Hauptursachen werden vor allem die hohen fachlichen Leistungsanforderungen sowie daraus resultierend ein nachlassendes Interesse am Fach angegeben (ebd., 2017).

Eine Hürde im Chemieanfangsstudium stellen einerseits chemische Grundlagen dar, die die Studierenden beherrschen und zum Teil aufarbeiten müssen, da sie die Universität je nach Vorbildung oder Kurswahl in der Oberstufe mit sehr heterogenen fachlichen Voraussetzungen betreten (vgl. Freyer et al., 2014; Averbek et al., 2017; Demiroglu, 2020). Hinzu kommen quantenphysikalische Modelle wie die Valence-Bond-(VB-) oder die Molekülorbital-(MO-)theorie, die neben allgemeinen Schwierigkeiten im Umgang mit Modellen (vgl. Taber, 2002a; Gilbert & Boulter, 2000; Johnstone, 2000) einige spezifische konzeptuelle Schwierigkeiten auf Seite der Studierenden evozieren. So können zentrale Begriffe wie Atom- und Molekülorbitale nicht eindeutig definiert und abgegrenzt werden; verwandte Konzepte wie Orbitale und Schalen werden verwechselt; hinzu kommen charakteristische, zum Teil hausgemachte, Fehlvorstellungen im Bereich der Resonanz beziehungsweise Delokalisierung (Taber, 2002a; 2002b; Tsapralis, 1997; Partanen, 2018; Bouayad et al., 2014).

Wird nun zusätzlich berücksichtigt, dass drei Viertel der Studienabbrüche innerhalb der ersten vier Fachsemester erfolgen (Heublein et al., 2017), wird ein akuter Bedarf an geeigneten Vermittlungsformaten und Unterstützungsangeboten deutlich, um die Studierenden in den ersten Semestern zu fördern.

Untersuchungsdesign

Im Rahmen dieses Projekts wird eine digital-kollaborative Intervention für den Hochschuleingangsbereich Chemie mit inhaltlichem Schwerpunkt auf der Molekülorbitaltheorie entwickelt. Diese setzt sich aus einer individuell zu bearbeitenden Moodle-basierten Lernumgebung sowie einer daran anschließenden gemeinsamen Arbeitsphase zusammen, in der die Studierenden in leistungsheterogenen Gruppen kollaborativ eine Concept-Map (Novak & Cañas, 2006) erstellen.

Den methodischen Rahmen bildet das *mobile Computer-Supported Collaborative Learning (mCSCL)*, das Ansätze aus dem Kooperativen beziehungsweise Kollaborativen Lernen weiterentwickelt und darauf abzielt, mit Hilfe mobiler digitaler Endgeräte Zusammenarbeit, Diskussion und Austausch innerhalb von Lehr-Lern-Settings zu erleichtern oder überhaupt erst zu ermöglichen (Zurita & Nussbaum, 2004; Sung et al., 2017).

Die digitale Lernumgebung zur Molekülorbitaltheorie

Zunächst sollen in Einzelarbeit Kenntnisse aus der Vorlesung aufgefrischt und vertieft werden. Dabei werden qualitative quantenphysikalische Grundlagen vor dem Hintergrund der Molekülorbitaltheorie wiederholt, bevor die Studierenden sich intensiv mit den sich daraus ergebenden Energiediagrammen auseinandersetzen. Neben der Erklärung, Erstellung und Interpretation ebenjener Diagramme werden auf einer Meta-Ebene auch Grenzen von Modellen aufgezeigt. So werden anhand ausgewählter Kontexte wie dem paramagnetischen Verhalten von Sauerstoff kognitive Konflikte herbeigeführt, um zu zeigen, dass manche Phänomene nicht mit Hilfe der VB-Theorie allein erklärt werden können, die MO-Theorie dies jedoch vermag.

Der fachliche Input erfolgt in dieser Arbeitsphase in Form kurzer Erklärvideos, an die interaktive H5P-basierte Inhalte anknüpfen. Hervorzuheben ist, dass durch die Aufgabenformate, inhaltliche wie strukturelle Hilfen sowie den selbstregulierenden Charakter der Lernumgebung den individuellen Voraussetzungen der Studierenden besondere Rechenschaft getragen wird.

Digital-kollaboratives Concept-Mapping

Im Anschluss an die Bearbeitung der digitalen Lernumgebung erstellen die Studierenden in Vierergruppen kollaborativ eine Concept Map zu den vermittelten Inhalten. Dadurch soll einerseits die Verarbeitung, Sicherung sowie Strukturierung großer Informationsmengen erleichtert werden, wovon die Studierenden auch auf metakognitiver Ebene in ihrem späteren Studium profitieren sollen: Dort werden sie noch öfter mit umfangreichen Inhaltsfeldern konfrontiert, die sie vernetzen und ordnen müssen (Stoyanova & Kommers, 2002). Andererseits bietet die Methode gute Voraussetzungen zur Unterstützung des Lernprozesses in Form eines formativen Feedbacks (Ropohl & Scheuermann, 2018).

Durch die kollaborative Herangehensweise soll angeregt werden, dass sich die Studierenden in Interaktion sehr aktiv mit dem Lerngegenstand auseinander setzen (Roschelle & Teasley, 1995), was sich gerade für hochvernetzte Inhalte und zum Aufbau von Transferwissen in den Naturwissenschaften bewährt hat (Berger & Walpuski, 2018). Weiterhin wurde das unterschiedliche Vorwissen der Studierenden bei der Zusammensetzung der Gruppen berücksichtigt: Gerade leistungsschwächere Studierende profitieren im Lernprozess stärker von einer heterogenen Gruppenzusammensetzung (Vygotsky, 1978; Noroozi et al., 2012).

Eingesetzte Tools

Um aufgrund der aktuellen Corona-Krise die Intervention auch im Distanzlernformat durchführen zu können, wird sie so konzipiert, dass die Studierenden mit ihren eigenen mobilen Endgeräten von zu Hause aus daran teilnehmen können. Dies hat den zusätzlichen Vorteil, dass diese Geräte gegebenenfalls schon individualisiert barrierefrei sind und durch ihre differenzierte Zugänglichkeit einen Beitrag zum adaptiven Lernen leisten können (Bosse, 2019). Hierbei kommen die folgenden Anwendungen zum Einsatz:

- Kursverwaltung, digitale Lernumgebung: Moodle
- Kollaboratives Concept-Mapping: CmapTools
- Fixierung offener Fragen und digitale Tests: LimeSurvey
- Austausch innerhalb der Gruppen: Zoom

Forschungsinteresse und Instrumente

Basierend auf den vorangehenden Überlegungen berücksichtigt der Forschungsansatz zwei verschiedene Dimensionen des Erkenntnisgewinns.

Praktischer Ertrag für die Hochschullehre

In diesem Projekt wird eine Lernumgebung entwickelt, die eine typische Hochschulvorlesung im Chemieanfängsstudium ergänzt und Studierende dabei unterstützt, zentrale Konzepte im Bereich der MO-Theorie zu durchdringen. Zunächst wird dazu die grundlegende Frage nach der Lernwirksamkeit des kollaborativen Formats untersucht, gerade vor dem Hintergrund der heterogenen Voraussetzungen auf Seiten der Studierenden. Hierzu werden ein selbstentwickelter Fachwissenstest sowie Fragebögen zur *Usability* und zum *Cognitive Load* der Lernumgebung eingesetzt.

Theoretischer Ertrag für die mCSCL-Forschung

Im Bereich des *mCSCL* bestehen Forschungslücken hinsichtlich Kriterien effektiver Kollaboration sowie der Untersuchung des Potenzials mobiler Endgeräte zur Optimierung von Gruppenarbeitsprozessen. Im Fokus stehen hierbei in diesem Projekt neben dem Fachwissenszuwachs die individuelle Nutzung der digitalen Lernumgebung, die Einschätzung des Gruppenarbeitsprozesses durch die Lernenden sowie die Gestaltung der kollaborativen Elemente des Lernsettings (Johnson et al., 2005; Sung et al., 2017; Song et al., 2014). Dementsprechend werden, ergänzend zu den oben beschriebenen Instrumenten, Fragebögen zum individuellen studentischen Selbstkonzept sowie zur Selbst- und Fremdeinschätzung im Rahmen der kollaborativen Arbeitsphase genutzt.

Ausblick

Aktuell wird die digitale Lernumgebung entwickelt; anschließend werden darauf abgestimmte Testinstrumente ausgewählt und adaptiert beziehungsweise ebenfalls entwickelt. Im Wintersemester 2020/21 wird die Studie zunächst mit einer kleinen Gruppe Studierender pilotiert, bevor die erste Hauptuntersuchung mit einer Stichprobe $N \approx 200$ im Rahmen der erstsemestrigen Grundvorlesung „Allgemeine und Anorganische Chemie 1“ durchgeführt wird. Im Anschluss werden die eingesetzten digitalen und analogen Arbeitsmaterialien, das Forschungsdesign sowie die Test- und Diagnoseinstrumente vor dem Hintergrund der ersten Untersuchungsergebnisse evaluiert und überarbeitet, bevor im Wintersemester 2021/22 die zweite Hauptuntersuchung stattfindet.

Neben Produkten wie den erstellten Concept Maps und Testergebnissen der Studierenden werden auch Prozessdaten in Form von Video- und Chataufzeichnungen sowie Bearbeitungsstatistiken der digitalen Lernmaterialien erhoben, die anhand von Kodiermanualen ausgewertet werden, um einen Einblick über entsprechende Prozessdaten zu erhalten.

Förderhinweis

Dieses Projekt wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert.

Literatur

- Averbeck, D., Fleischer, J., Sumfleth, E., Leutner, D., & Brand, M. (2017). Analyse chemischen Fachwissens und dessen Einfluss auf Studienerfolg. In C. Maurer (Ed.), *Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Zürich 2016. Universität Regensburg, 83–87
- Berger, R., & Walpuski, M. (2018). Kooperatives Lernen. In D. Krüger, I. Parchmann, & H. Schecker (Eds.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*. Springer Berlin Heidelberg, 227–244
- Bosse, I., Schluchter, J.-R., & Zorn, I. (Eds.). (2019). *Handbuch Inklusion und Medienbildung* (1. Auflage). Beltz Juventa
- Bouayad, A., Kaddari, F., Lachkar, M., & Elachqar, A. (2014). Quantum Model of Chemical Bonding: Barriers and Learning Difficulties. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 116, 4612–4616
- Demiroglu, H. (2020). Evaluation einer iPad-basierten Lernumgebung zur Stöchiometrie im Chemieanfangsstudium. Unveröffentlichte Masterarbeit, Technische Universität Dortmund
- Freyer, K., Epple, M., Brand, M., Schiebener, J., & Sumfleth, E. (2014). Studienerfolgsprognose bei Erstsemesterstudierenden in Chemie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 20(1), 129–142
- Gilbert, J. K., & Boulter, C. J. (2000). *Developing Models in Science Education*. Springer Netherlands
- Heublein, U., Ebert, J., Hutzsch, C., Isleib, S., König, R., Richter, J., & Woisch, A. (2017). Zwischen Studiererwartungen und Studienwirklichkeit: Ursachen des Studienabbruchs, beruflicher Verbleib der Studienabbrecherinnen und Studienabbrecher und Entwicklung der Studienabbruchquote an deutschen Hochschulen. *Forum Hochschule: 2017*, 1. DZHW
- Heublein, U., Richter, J., & Schmelzer, R. (2020). Die Entwicklung der Studienabbruchquoten in Deutschland. DZHW
- Johnson, D. W., Johnson, R. T., & Holubec, E. J. (2005). *Kooperatives Lernen, kooperative Schule: Tipps - Praxishilfen - Konzepte*. Verl. an der Ruhr
- Johnstone, A. H. (2000). Teaching of Chemistry-Logical or psychological? *Chem. Educ. Res. Pract.*, 1(1), 9–15
- Noroozi, O., Weinberger, A., Biemans, H. J.A., Mulder, M., & Chizari, M. (2012). Argumentation-Based Computer Supported Collaborative Learning (ABCSCCL): A synthesis of 15 years of research. *Educational Research Review*, 7(2), 79–106
- Novak, J. D., & Cañas, A. J. (2006). The Origins of the Concept Mapping Tool and the Continuing Evolution of the Tool. *Information Visualization*, 5(3), 175–184
- Partanen, L. (2018). Student-centred active learning approaches to teaching quantum chemistry and spectroscopy: quantitative results from a two-year action research study. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 19(3), 885–904
- Ropohl, M., & Scheuermann, H. (2018). Welche Rückmeldungen wirken am besten? *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 24(1), 151–165
- Roschelle, J., & Teasley, S. D. (1995). The Construction of Shared Knowledge in Collaborative Problem Solving. In C. O'Malley (Ed.), *NATO ASI Series, Series F: Vol. 128. Computer Supported Collaborative Learning*, 69–97
- Song, Y. (2014). Methodological Issues in Mobile Computer-Supported Collaborative Learning (mCSCL): What Methods, What to Measure and When to Measure? *Educational Technology & Society*, 17(4), 33–48
- Stoyanova, N., & Kommers, P. (2002). Concept Mapping as a Medium of Shared Cognition in Computer-Supported Collaborative Problem Solving. *Journal of Interactive Learning Research*, 13(1), 111–133.
- Sung, Y.-T., Yang, J.-M., & Lee, H.-Y. (2017). The Effects of Mobile-Computer-Supported Collaborative Learning: Meta-Analysis and Critical Synthesis. *Review of Educational Research*, 87(4), 768–805.
- Taber, K. S. (2002a). Compounding quanta: Probing the frontiers of student understanding of molecular orbitals. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 3(2), 159–173
- Taber, K. S. (2002b). Conceptualizing quanta: Illuminating the ground state of student understanding of Atomic Orbitals. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 3(2), 145–158
- Tsaparlis, G. (1997). Atomic orbitals, molecular orbitals and related concepts: Conceptual difficulties among chemistry students. *Research in Science Education*, 27(2), 271–287
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in Society*. MA: Harvard University Press
- Zurita, G., & Nussbaum, M. (2004). Computer supported collaborative learning using wirelessly interconnected handheld computers. *Computers & Education*, 42(3), 289–314