

Entwicklung und Evaluation von feedbackgestützten Online-Chemieaufgaben

Seit 2006 liegen die Abbruchquoten in der Eingangsphase der Chemiestudiengänge an Hochschulen bei ca. 42 %. Jeder zweite Studienabbruch ist durch ungenügende Leistungen bedingt. 70 % der betroffenen Studierenden geben hierfür zu hohe Anforderungen und eine nicht zu bewältigende Stofffülle als Gründe an (Heublein, Ebert, Hutzsch, Isleib, König, Richter, & Woisch, 2017). Zudem konnte gezeigt werden, dass 41 % der Studienabbrechenden in der Fächergruppe Mathematik und Naturwissenschaften in der Studieneingangsphase ihre Defizite im Vorwissen durch universitäre Lehr-/Lernangebote nicht aufholen (Heublein et al., 2017), wie Averbeck, Fleischer, Sumfleth, Leutner & Brand (2017) auch an der Universität Duisburg-Essen noch einmal explizit für den Chemiestudiengang belegen konnten. Diese Befunde zeigen insbesondere im Umgang mit Studierenden mit wenig Vorwissen einen Handlungsbedarf auf der Ebene der Stoffvermittlung auf.

Ein bedeutender Einflussfaktor für Lernprozesse stellt Feedback dar, wie Hattie & Timperley (2016) in einer Metastudie aufzeigen konnten. Doch in der Studieneingangsphase treten Vorlesungen, die vor allem aus strukturellen Gründen wenig Raum für Interaktionen mit dem Lehrenden bieten, an die Stelle von Unterrichtssituationen mit einer vergleichsweise individuellen Betreuung durch Lehrkräfte. Ferner müssen Studierende den Kontakt nun selbst suchen und Feedback einfordern, was gerade unter den Studienabbrechenden vergleichsweise selten passiert (Heublein et al., 2017). Die Abschaffung der Anwesenheitspflicht im aktuellen Hochschulgesetz NRW vom 16. September 2014 (§64, Absatz 2) verleitet zudem viele Studierende dazu, bestehende Lehrveranstaltungen und damit die Chance auf Feedback nicht wahrzunehmen, wenngleich sich daraus für Sie andere Vorteile ergeben.

Als ökonomische Alternative zu solchen interpersonellen Lehr-/Lernsituationen kann eine Online-Lernumgebung dienen. Über einen webbasierten Übungsbetrieb lässt sich zeitlich und räumlich weitgehend unabhängig fehlerspezifisches Feedback über eine automatisierte Evaluation von Fehlern für viele Studierende gleichzeitig zugänglich machen. Über einen Bug-Related-Tutoring Algorithmus (Narciss, 2006) ergibt sich insbesondere für Studierende mit wenig Vorwissen als Risikogruppe für einen Studienabbruch der Vorteil, zeitlich und räumlich flexibel spezifische Rückmeldungen zum Lernstand und Hilfestellungen erhalten zu können. Die Digitalisierung spielt dank immer leistungsfähiger werdenden Rechnern auch der Hochschullehre eine immer größere Rolle. Dieses Feld ist jedoch vergleichsweise jung. Daher gestaltet sich die Entwicklungsarbeit und Forschung in diesem Bereich zwar interessant, zugleich aber auch herausfordernd. Für das Modul Allgemeine Chemie, das erste Modul im Bachelorstudiengang Chemie, wird im vorgestellten Projekt ein entsprechendes neues Übungsformat realisiert.

Bevor ein großer Pool an Aufgaben erstellt werden kann, der den Stoff eines Semesters adäquat zu trainieren vermag, muss zunächst eine geeignete Plattform gewählt werden, auf der eine Lernumgebung im oben beschriebenen Umfang realisiert werden kann. Des Weiteren muss die Lernumgebung durch einen Prototyp, der erste repräsentative Aufgaben enthält, hinsichtlich Anwenderfreundlichkeit und Feedbacknutzen evaluiert werden. Die Wahl fiel auf die universitätsintern entwickelte Lehr-/ Lernplattform „JACK“ (Goedicke, 2018), die es bereits ermöglicht, computergestützte Übungen und Prüfungen mit automatischer Bewertung und fehlerspezifische Feedback-Generierung für die Fächer Mathematik und Informatik zu

erstellen. Das Fach Chemie stellt diese Plattform vor besondere Anforderungen in Bezug auf die Eingabe und Überprüfung von Lösungen. Zwischen drei sich wechselseitig beeinflussenden Bereichen musste bei der Aufgabenkonzeption eine Balance gefunden werden: Darstellungs- und Eingabemöglichkeiten und -grenzen der Lernplattform, Programmierung fehlerspezifischen Feedbacks und dem Bedienen der Lernziele aus Vorlesung. Fachliche Grundlage bildeten das Material aus Vorlesung und die Paper-Pencil-Aufgaben aus der Übung. Folgende Forschungsfragen wurden in diesem Projekt adressiert:

FF1: Lassen sich papierbasierte Übungsaufgaben der Allgemeinen Chemie in eine Online-Lernumgebung überführen, ohne die gegebenen Lernziele erheblich zu verändern?

FF2: Wie beurteilen Studierende die so entwickelte Lernumgebung hinsichtlich Feedbacknutzen, Anwenderfreundlichkeit und weiteren Veränderungen im Vergleich zu Papieraufgaben?

Zur Beantwortung der ersten Forschungsfrage wurden die zugrundeliegenden Operatoren (Cursio & Duiomba, 2015) der Aufgaben aus der Übung auf Umsetzbarkeit mit der Lernumgebung geprüft. Hierbei wurde eng mit dem Entwickler-Team der JACK-Plattform zusammengearbeitet. Die Prinzipien multimedialen Lernens nach Mayer (2009) bildeten den Ausgangspunkt für die Gestaltung der Aufgaben (in Anhängigkeit von den Möglichkeiten der JACK-Plattform). Zurzeit können Aufgaben über Fill-In-Felder und Drop-Down-Menüs mit folgenden Operatoren durch bestehende JACK-Aufgaben abgebildet werden: auswerten, klassifizieren, nennen, bestimmen, berechnen, prüfen und formulieren. Aus den Aufgaben aus der Übung wurden Lernziele mit den entsprechenden Operatoren abgeleitet und zu diesen Lernzielen dann wiederum JACK-Aufgaben erstellt, deren Eingabemöglichkeiten den Paper-Pencil-Eingaben visuell sehr nahekommen. Problematisch erwiesen sich hingegen die Operatoren skizzieren und zeichnen (Analyse der freien Eingabe von Formen notwendig) sowie erklären und beschreiben (Analyse von Freitext notwendig). Obwohl diese Operatoren in vielen Lernzielen der Allgemeinen Chemie vorkommen, können diese von JACK-Aufgaben bislang nicht realisiert werden. Die Lernplattform ist zudem nicht in der Lage ganze Lösungswege nach Fehlern zu evaluieren. Somit waren auch Anpassungen in den Aufgabenstellungen nötig. Zwischenergebnisse mussten abgefragt werden, um Fehler in den Lösungswegen der Studierenden verorten zu können. Das führte zu einer Vorstrukturierung des Lösungsprozesses durch die Aufgabenstellung. Es wird aber weiterhin das gleiche Hauptlernziel wie bei den Paper-Pencil-Aufgaben bedient, jedoch ändern sich so die Teilernziele. Insgesamt konnten 24 feedbackgestützte Aufgaben zu vier Themenbereichen entwickelt werden, an denen exemplarisch die Benutzeroberfläche evaluiert wurde. Der BRT-Feedback Algorithmus (Narciss, 2006) bildet die Grundlage für die Online-Lernumgebung. Je Aufgabe existieren drei Möglichkeiten für den Studierenden Feedback zu erhalten.

1. Stufe: Nach dem ersten Fehlversuch

- Knowledge of result
(Korrektheit)

2. Stufe: Nach dem zweiten Fehlversuch

- Knowledge of result
- Knowledge of mistake
(Fehlerort)
- Knowledge of how to proceed

3. Stufe: Nach dem dritten Fehlversuch

- detaillierte Musterlösung

Löst ein Lernender die Aufgabe nicht, gelangt er zur nächsten Feedbackstufe. Löst er die Aufgabe, wird er zur nächsten Aufgabe aus demselben Themenkomplex weitergeleitet.

Es konnten sieben Probanden gewonnen werden, vier davon mit didaktischer Expertise (Master-Studierende im Lehramtsstudium), drei Probanden aus der Studieneingangsphase des Chemiestudiengangs, um die Lernumgebung adäquat testen zu können. Der Fokus lag hier nicht nur auf der Lösung der Aufgaben, sondern vor allem auch auf der Bewertung der Lernsituation.

Die Probanden wurden dazu angehalten sich auf vergangene Paper-Pencil-Übungen zu besinnen und im Vergleich dazu die Lernumgebung, im Anschluss an die Erkundungsphase, gestützt durch Leitfragen, in einem Interview zu bewerten. Es gibt dementsprechend nur einen Messzeitpunkt, an diesem wurde die Lernumgebung sowohl erprobt (120 Minuten Arbeitszeit), als auch über ein leitfadengestütztes Interview evaluiert. Die Transkripte wurden hinsichtlich der Aspekte Feedbacknutzen, Anwenderfreundlichkeit und weiterer Veränderungen im Vergleich zu Paper-Pencil-Aufgaben mit Hilfe einer qualitativen Inhaltsanalyse (Mayring, 2010) ausgewertet. Insbesondere die Visualisierung der Aufgaben stand hierbei im Vordergrund.

Das Meinungsbild zur Lernumgebung ließ insgesamt auf eine gelungene Umsetzung der Demoversion schließen. Die Aufgaben wurden von allen Probanden als verständlich und gut strukturiert beschrieben. Das fehlerspezifische Feedback wurde von sechs der sieben Probanden bei allen Aufgaben als hilfreich und motivierend empfunden. Besonders die Informationen über den Fehlerort wurden dabei gelobt, da es bei Misserfolgen nach Angabe von drei Probanden den Frustrationsgrad reduzierte.

Verbesserungsvorschläge gab es fast ausschließlich in Bezug auf die visuelle Darstellung der Lernumgebung. Durch zusätzliche Trennstriche und Rahmungen könnten Sinnelemente besser voneinander abgegrenzt werden. Des Weiteren sollten aufgabenbezogene Informationen deutlicher hervorgehoben werden, damit die Lernenden nur noch Fehler machen, die nicht durch Überlesen von Informationen zustande kommen.

Der einzige Kritikpunkt am Feedback wurde am ersten Feedback (knowledge of result) festgemacht. Dieses wurde als wenig hilfreich empfunden, denn ohne genaue Angabe des Ortes scheinen einige chemische Aufgaben (z. B. Reaktionsgleichungen) zu komplex, um Fehler selbstständig finden zu können. Das erste Feedback empfanden Studierende daher als demotivierend. Für die spätere Lernumgebung wünschten sich viele Probanden, bereits beim ersten Feedback eine ungefähre Angabe über Ort und Ausmaß des Fehlers zu erhalten.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass sich auf Basis des von Narciss (2006) entwickelten BRT-Feedback-Algorithmus eine vielversprechende Online-Lernumgebung für das Fach Chemie erstellen lässt. Es konnte eine Demoversion der späteren Lernumgebung erfolgreich zur überwiegenden Zufriedenheit der Probanden realisiert werden. Für Lerninhalte, die in JACK-Aufgaben überführt werden können, konnte gezeigt werden, dass die Hauptlernziele der Übungsaufgaben durch Online-Lernaufgaben abgebildet werden können. Die zur Ermittlung spezifischer Fehler vorgenommenen Änderungen in der Aufgabenstellung der Online-Lernaufgaben strukturieren die Aufgaben zwar stärker vor, die zur Aufgabenlösung erforderlichen Arbeitsschritte bleiben aber gleich. Zudem begrenzt sich die Menge sinnvoller Aufgaben für die feedbackgestützte Online-Lernumgebung auf prozessorientierte Aufgaben. Die reine Abfrage von Faktenwissen (z.B. über Multiple Choice Aufgaben) ist aufgrund des BRT-Algorithmus nur schwer möglich, da hier kaum sinnvolles fehlerspezifisches Feedback gegeben werden kann, das nicht zugleich in einem erheblichen Maße die Lösung vorwegnimmt.

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. (S. 83-87). Universität Regensburg.
- Cursio, M. & Duiomba, F. (2015). *Formulierung kompetenzorientierter Lernziele auf Modulebene* (03.04.2018). Erlangen: Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg. Verfügbar unter <https://www.nat.fau.de/files/2015/12/03-Leitfaden-Leitfaden-zur-Formulierung-kompetenzorientierter-Lernziele-auf-Modulebene-NatFak-und-FBZHL.pdf>
- Goedicke, M. (2018). *Specification of Software Systems. JACK - Ein automatisches Übungs- und Prüfungssystem*, Paluno -The Ruhr Institute for Software and Technology. Zugriff am 07.07.2018. Verfügbar unter <http://www.s3.uni-duisburg-essen.de/jack/>
- Hattie, J. & Timperley, H. (2016). The Power of Feedback. *Review of Educational Research*, 77 (1), 81–112. DOI:10.3102/003465430298487
- Heublein, U., Ebert, J., Hutzsch, C., Isleib, S., König, R., Richter, J., & Woisch, A. (2017). *Zwischen Studienerwartungen und Studienwirklichkeit. Ursachen des Studienabbruchs, beruflicher Verbleib der Studienabbrecherinnen und Studienabbrecher und Entwicklung der Studienabbruchquote an deutschen Hochschulen*. Hannover: DZHW.
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning* (Second edition). Cambridge: Cambridge University Press.
- Mayring, P. (2010). Qualitative Inhaltsanalyse. In G. Mey & K. Mruck (Hrsg.), *Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie* (S. 601–613). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH Wiesbaden.
- Narciss, S. (2006). Informatives tutorielles Feedback. Entwicklungs- und Evaluationsprinzipien auf der Basis instruktionspsychologischer Erkenntnisse (Pädagogische Psychologie und Entwicklungspsychologie, Bd. 56). Münster: Waxmann.