

Lernwirksamkeit automatisierter Feedback-Loops in einem E-Lernsetting zur Allgemeinen Chemie

Theoretischer Hintergrund

Die Studienabbruchforschung hat für die Studieneingangsphase belegt, dass Studierende – insbesondere in MINT Fächern – mit Leistungsproblemen zu kämpfen haben, die häufig schon sehr früh zum Studienabbruch führen. Bereits jetzt werden knapp ein Viertel aller Studienabbrüche in den MINT Studiengängen durch Leistungsprobleme verursacht und bei 80 % aller Studienabbrüche im MINT Sektor kommt diesen mindestens eine „eher große“ Rolle zu (Heublein et al., 2017). So liegen für Chemiestudiengänge in Deutschland alarmierende Abbruchquoten von mittlerweile 47 % vor (Heublein, Richter & Schmelzer, 2020) was eindeutig auf ein Performance-Problem hindeutet.

Zugleich befinden sich die Studierenden zu Beginn ihres Studiums in einer schwierigen Umbruchsphase (Trautwein & Bosse, 2017). Die Loslösung vom früheren Umfeld (Phase eins), Adaption neuer Normen und Verhaltensmuster (Phase zwei) und die schließlich die dritte Phase, in der auf eins und zwei aufbauende Prozesse zu sozialer Einbindung (Tinto, 1988) stehen hier im Fokus. In der letzten Phase wird „die Kontaktaufnahme zu anderen Studierenden und zu Lehrenden zu einem entscheidenden Faktor für den Verbleib an der Hochschule“ (Sarletti & Müller, 2011, S. 237). In dieser Zeit der sozialen Umorientierung und dann folgender Einbindung in Sozialstrukturen ist das Anfangsverhältnis zu Mitstudierenden tendenziell schon durch Distanziertheit geprägt. Gleichzeitig ändert sich auch das Verhältnis in Bezug auf die Hochschullehrenden hinsichtlich der Kommunikation. Feedback und der Rat der Lehrenden müssen nun aktiv eingefordert werden (Heublein et al., 2017; Rost, 2018). Feedback stellt aber einen der bedeutendsten Einflussfaktoren auf Lern- und Motivationsprozesse dar (Hattie & Timperley, 2007), und da insbesondere von späteren Studienabbrechenden im Verhältnis zu späteren Absolvierenden signifikant weniger Feedback eingefordert wird, gibt es hier deutliche Indizien für ein Feedback-Problem in dieser Umbruchsphase. Dass sich die Wahrscheinlichkeit für einen Studienabbruch erhöht, wenn Leistungsprobleme nicht im ersten Studienjahr überwunden werden (Heublein et al., 2017), aber durch bestehende Hochschullernangebote Lücken im Vorwissen nicht geschlossen werden (Averbeck, 2020), zeigt gleichermaßen die Verbindungsstelle dieser beiden Problembereiche, wie auch einen Ansatzpunkt für eine Intervention auf.

Das Modul *Allgemeine Chemie* findet sich an nahezu allen Universitäten im ersten Semester des Studiengangs Chemie wieder und ist unter anderem dazu konzipiert, um ein Grundlagenverständnis für das weitere Studium zu vermitteln bzw. dieses zu festigen. Damit kommt diesem Modul eine Schlüsselrolle bei der möglichen Aufarbeitung von fachlichen Defiziten zu, weshalb es gewählt wurde, um in dieser entscheidenden Phase den Studierenden räumlich, zeitlich und vor allem auch personenunabhängiges externes Feedback zur Verfügung zu stellen und so dabei zu helfen, Lücken im Vorwissen zu schließen.

Die Konstruktion adäquaten Feedbacks stellte jedoch eine Hürde dar. Dass Feedback kompatibel zum Vorwissen sein muss (Hattie & Timperley, 2007) erscheint fast trivial. Es wirkt plausibel, dass Lernende mit geringem Vorwissen eher durch erklärendes als durch korrekatives Feedback profitieren (Krause, Stark & Mandl, 2009; Moreno, 2004), da das Finden von Fehlern bereits Vorwissen voraussetzt (Schuhmacher, 2008). Gleichermäßen erscheint vor dem Hintergrund des Expertise Reversal Effektes (Chen, Kalyuga & Sweller, 2017) ebenfalls plausibel, dass im Falle hohen Vorwissens korrekatives Feedback lernwirksamer sein könnte (Smits, Boon, Sluijsmans & van Gog, 2008). Studien, die sich mit

der Lernwirksamkeit von Feedbackumfang bzw. Feedbackkomponenten in Abhängigkeit vom Vorwissen beschäftigen, lassen allerdings aktuell keine gesicherten Erkenntnisse zu (z. B. Fyfe, Rittle-Johnson & DeCaro, 2012; Narciss, 2006), weil sie sich hinsichtlich Stichprobe, Feedbackmaßnahme und/oder Aufgabenbereich stark voneinander unterscheiden. Für chemienahe Kontexte deuten jedoch einige Studien darauf hin, dass Studierenden entsprechend des Niveaus an Vorwissen auch mit unterschiedlichen Feedbackkomponenten begegnet werden muss (z. B. Albacete & VanLehn, 2000; Narciss & Huth, 2006).

Vor dem Hintergrund dieser Forschungslücke wurden zwei Typen von Online-Lernaufgaben entwickelt, die bei gleicher Aufgabenstellung unterschiedliche Feedbackkomponenten aufweisen. Der zugrundeliegende Feedbackalgorithmus beruht auf dem dreistufigem Bug-Related-Tutoring-Feedback Algorithmus von Narciss (2006), in dem die Lernenden rekurrend auf die gemachten Fehler in zwei Feedback-Loops Fehlerort und Hinweise zum Lösungsverfahren erhalten. Folgt dem dritten Lösungsversuch keine korrekte Lösung, wird eine detaillierte Musterlösung der Aufgabe präsentiert. Im Kontrast dazu wurde ein ebenfalls dreistufiger Korrektiver Feedback Algorithmus entwickelt, der lediglich anzeigt, dass Fehler gemacht wurden. Erfolgt nach dem dritten basalen Feedback keine korrekte Lösung der Aufgabe, so wird das korrekte Ergebnis ohne weitere Erklärung präsentiert.

Ziele und Fragestellung

Über diesen systematischen Vergleich sollten weitere Erkenntnisse in Bezug auf die lernförderliche Wirkung von Feedbackkomponenten gewonnen werden, die dazu beitragen sollen, die oben erwähnte Forschungslücke zu schließen.

Die zugrundeliegende Forschungsfrage ist die folgende:

Wie wirken sich die beiden unterschiedlichen Feedback-Algorithmen (BRT-Feedback vs. KOR-Feedback) in Abhängigkeit vom fachspezifischen Vorwissen auf den Studienerfolg von Erstsemesterstudierenden in der Allgemeinen Chemie aus?

Theoriegeleitet ergeben sich die folgenden Hypothesen:

H1: Studierende mit *geringem* fachspezifischem Vorwissen profitieren in ihrem Studienerfolg stärker durch ein Training mit einem BRT-Feedback-Algorithmus als Studierende mit hohem Vorwissen (Krause et al., 2009; Schuhmacher, 2008).

H2: Studierende mit *hohem* fachspezifischem Vorwissen profitieren in ihrem Studienerfolg stärker durch ein Training mit einem KOR-Feedback-Algorithmus als Studierende mit geringem Vorwissen (Narciss & Huth, 2006; Smits et al., 2008)

Forschungsdesign

Die feedbackgestützten Online-Aufgaben wurden in der Webapplikation JACK (Pobel & Striewe, 2019; Striewe, 2016) realisiert, da sich diese Aufgaben als externes Tool in der Lernplattform Moodle einbetten lassen und sich dieses Tool daher sehr gut für einen webbasierten Übungsbetrieb eignet. Im Rahmen von drei Interventionsstudien über die Wintersemester 2018-2020 mit Prä-Post-Vergleichsgruppendesign wurden die feedbackgestützten Aufgaben hinsichtlich der Lernwirksamkeit geprüft. Hierzu wurden die Studierenden in der ersten Semesterwoche entsprechend der Chemie-Kurswahl in der Oberstufe, die als guter Prädiktor für Vorwissen gilt (Averbeck, 2021), in zwei Vorwissensniveaus eingeteilt, die dann jeweils zufällig auf die beiden Algorithmen verteilt wurden, wodurch sich eine 2x2-Matrix ergibt. Mit einem unabhängigen Fachwissenstest in Anlehnung an Freyer (2013) und Averbeck (2021) wurde zu Beginn des Vor- und zum Ende des Semesters das Chemie Fachwissen erhoben. Als weitere Outcome-Variable wurden der Klausurerfolg am Ende des ersten Semesters sowie semesterbegleitend weitere Kontrollvariablen wie z. B. Mathematikfähigkeiten und Aufgaben-Logfiles erfasst.

Ergebnisse

Aufgrund der großen Varianz hinsichtlich der Nutzung der Lernaufgaben konnten über die Jahre $N = 165$ Probanden erhalten werden, die hinreichend viele Aufgaben bearbeitet haben. Diese verteilen sich relativ gleichmäßig auf die vier Interventionsgruppen.

Um das Vorwissen zu kontrollieren, wurde zunächst ein Regressionsmodell gerechnet ($F(1, 120) = 257.7, p < .001$). Zudem wurde damit die prädiktive Kraft von Vorwissen auf das Fachwissen am Ende des Semesters repliziert (Averbeck, 2020). Im Anschluss daran wurde das Modell sukzessive um die Prädiktoren der Feedbackbedingungen (BRT/KOR) und die ehemalige Kurswahl in der Oberstufe (Leistungskurs J/N) erweitert. Erst die Interaktion zwischen Kurswahl und Feedbackgruppe führte zu einer signifikanten Verbesserung der Varianzaufklärung des Modells ($F(4, 117) = 69.73, p < .001$) von 1.4 % ($p < .05$).

Tabelle 1: Regressionen zum Fachwissenserwerb und Modellvergleich

Variable	Modell 1			Modell 2		
	B	β	SE	B	β	SE
Konstante	0.806 ***		0.0602	0.883 ***		0.114
Allg. Ch. Vorw. Prä	0.916 ***	0.826 ***	0.057	0.859 ***	0.775 ***	0.060
Feedback- Gruppe				0.080	0.038	0.149
Kurswahl				0.034	-0.017	0.148
FB-Gruppe x Kurswahl				-0.464 *	-0.186 *	0.214
R ²	0.680			0.694		
ΔR^2				0.014 *		

So ergibt sich ein signifikanter Nachteil im Lernzuwachs für die Gruppe der Studierenden, die keinen Leistungskurs in der Oberstufe belegt haben und den KOR-Algorithmus erhielten. Die Regressionskoeffizienten der anderen Feedbackgruppen weisen keine statistisch signifikanten Unterschiede auf.

Fazit

Der BRT-Algorithmus führt für Studierende, die keinen Leistungskurs in der Oberstufe hatten, zu einem Vorteil im Lernzuwachs. Ein Nachteil durch BRT-Feedback bzw. ein genereller Vorteil des KOR-Feedbacks lässt sich für ehemalige Leistungskurschüler nicht ausmachen. Eine Interaktion mit dem Vorwissen auf Basis des Tests (Averbeck, 2020; Freyer, 2013) und der Feedbackgruppe ließ sich hingegen nicht finden. Allerdings ist hier anzuführen, dass der Test nur abrufbares Chemie-Faktenwissen misst, den Vorteil an effektiver Lernzeit und damit auch die Menge an potentiell besprochenen Inhalten dabei aber nicht erfasst. Dieser Faktor geht aber möglicherweise in der Kurswahl auf, was auf Basis der Ergebnisse plausibel erscheint. In dem Fall könnten die feedbackgestützten Aufgaben als Strukturierungshilfe dienen, um bei gleicher Lernzeit die Inhalte komplett neu zu erlernen, anstatt sich nur wiedererinnern und diese aufarbeiten zu müssen.

Literatur

- Albacete, P. L. & VanLehn, K. A. (2000). Evaluating the Effectiveness of a Cognitive Tutor for Fundamental Physics Concepts. *Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society*, 22(22). Verfügbar unter: <https://escholarship.org/uc/item/0166b7p0>
- Averbeck, D. (2020). *Zum Studienerfolg in der Studieneingangsphase des Chemiestudiums* (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 308). Berlin: Logos.
- Chen, O., Kalyuga, S. & Sweller, J. (2017). The Expertise Reversal Effect is a Variant of the More General Element Interactivity Effect. *Educational Psychology Review*, 29(2), 393–405. <https://doi.org/10.1007/s10648-016-9359-1>
- Freyer, K. (2013). *Zum Einfluss von Studieneingangsvoraussetzungen auf den Studienerfolg Erstsemesterstudierender im Fach Chemie* (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 156). Berlin: Logos.
- Fyfe, E. R., Rittle-Johnson, B. & DeCaro, M. S. (2012). The effects of feedback during exploratory mathematics problem solving: Prior knowledge matters. *Journal of Educational Psychology*, 104(4), 1094–1108. <https://doi.org/10.1037/a0028389>
- Hattie, J. & Timperley, H. (2007). The Power of Feedback. *Review of Educational Research*, 77(1), 81–112. <https://doi.org/10.3102/003465430298487>
- Heublein, U., Ebert, J., Hutzsch, C., Isleib, S., König, R., Richter, J. et al. (2017). *Zwischen Studierwartungen 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., Richter, J. & Schmelzer, R. (2020). *Die Entwicklung der Studienabbruchquoten in Deutschland*. https://doi.org/10.34878/2020.03.DZHW_BRIEF
- Krause, U.-M., Stark, R. & Mandl, H. (2009). The effects of cooperative learning and feedback on e-learning in statistics. *Learning and Instruction*, 19(2), 158–170. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2008.03.003>
- Moreno, R. (2004). Decreasing Cognitive Load for Novice Students: Effects of Explanatory versus Corrective Feedback in Discovery-Based Multimedia. *Instructional Science*, 32(1/2), 99–113. <https://doi.org/10.1023/B:TRUC.0000021811.66966.1d>
- Narciss, S. (2006). *Informatives tutorielles Feedback. Entwicklungs- und Evaluationsprinzipien auf der Basis instruktionspsychologischer Erkenntnisse* (Pädagogische Psychologie und Entwicklungspsychologie, Bd. 56). Dresden, Techn. Univ., Habil.-Schr., 2005. Münster: Waxmann.
- Narciss, S. & Huth, K. (2006). Fostering achievement and motivation with bug-related tutoring feedback in a computer-based training for written subtraction. *Learning and Instruction*, 16(4), 310–322. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2006.07.003>
- Pobel, S. & Striewe, M. (2019). Domain-Specific Extensions for an E-Assessment System. In M. A. Herzog, Z. Kubincová, P. Han & M. Temperini (Hrsg.), *Advances in Web-Based Learning – ICWL 2019* (Bd. 11841, S. 327–331). Cham: Springer International Publishing.
- Rost, F. (2018). *Lern- und Arbeitstechniken für das Studium* (Lehrbuch, 8., vollständig überarbeitete und aktualisierte Auflage). Wiesbaden: Springer VS.
- Saracetti, 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>
- Schuhmacher, R. (2008). Der produktive Umgang mit Fehlern. Fehler als Lerngelegenheit und Orientierungshilfe. In R. Caspary (Hrsg.), *Nur wer Fehler macht, kommt weiter. Wege zu einer neuen Lernkultur* (Herder-Spektrum, Bd. 5892, Orig.-Ausg., S. 49–72). Freiburg im Breisgau: Herder.
- Smits, M. H., Boon, J., Sluijsmans, D. M. & van Gog, T. (2008). Content and timing of feedback in a web-based learning environment: effects on learning as a function of prior knowledge. *Interactive Learning Environments*, 16(2), 183–193. <https://doi.org/10.1080/10494820701365952>
- Striewe, M. (2016). An architecture for modular grading and feedback generation for complex exercises. *Science of Computer Programming*, 129, 35–47. <https://doi.org/10.1016/j.scico.2016.02.009>
- 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>
- 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>