

Florian Trauten¹
Carolin Eitemüller¹
Maik Walpuski¹

¹Universität Duisburg-Essen

Feedbackgestützte Lernaufgaben im Online-Tutorium zur Allgemeinen Chemie im ersten Semester

Theoretischer Hintergrund

Die hohen Abbruchquoten in Chemiestudiengängen an deutschen Universitäten von aktuell 52 % (Heublein, Hutzsch & Schmelzer, 2022) lassen darauf schließen, dass es nur einem Teil der Studierenden gelingt, die Hürden der Studieneingangsphase zu meistern. Dabei kommt laut Heublein et al. (2017) für 84 % der Abbrechenden im MINT-Sektor den Leistungsproblemen mindestens eine „eher große Rolle“ bei der Abbruchsentscheidung zu. Sie konnten zudem zeigen, dass sich das Risiko für Studienabbruch zusätzlich erhöht, wenn fachliche Defizite nicht bereits in der Studieneingangsphase überwunden werden.

Zusätzlich sind es die Lernenden aus dem Lernort Schule gewohnt, dass Hilfestellung (z. B. in Form von Feedback) regelmäßig von der Lehrperson an sie herangetragen werden und auch der Austausch mit anderen Mitlernenden von dieser angestoßen wird. An der Hochschule muss Hilfestellung bzw. Feedback – sei es von der Lehrperson oder von anderen Studierenden – nun aktiv eingefordert werden (Heublein et al., 2017; Rost, 2018). Gerade die Studieneingangsphase ist aber von Integrationsprozessen in neue Sozialgefüge geprägt, sodass diese Ressource bestenfalls eingeschränkt zur Verfügung steht, daher „wird die Kontaktaufnahme zu anderen Studierenden und zu Lehrenden zu einem entscheidenden Faktor für den Verbleib an der Hochschule“ (Sarcelletti & Müller, 2011, S. 237). Feedback an Hochschulen wird dabei besonders selten von Studierenden aus der Gruppe der Studienabbrechenden in Anspruch genommen (Heublein et al., 2017) und Defizite im Vorwissen werden auch durch bestehende Lernangebote zurzeit nicht kompensiert (Averbeck, 2020). Zudem konnte gezeigt werden, dass auch im Folgesemester die Performance in Tests zur Organik und Anorganik „maßgeblich von dem Wissen und den Fähigkeiten im Bereich der Allgemeinen Chemie bestimmt wird, die die Studierenden bereits während der Schulzeit erlernt haben“ (Averbeck, 2020, S. 288).

Um Defizite aufarbeiten und zeit- und personenunabhängig Hilfestellung geben zu können, wurde daher ein Online-Tutorium zur Vorlesung der Allgemeinen Chemie im ersten Semester entwickelt, das den Studierenden in dieser entscheidenden Phase des Studiums im Rahmen digitaler Lernaufgaben automatisiert qualitativ hochwertiges Feedback bereitstellen kann. Denn Feedback gilt als einer der wirkmächtigsten Einflussfaktoren auf Lern- und Motivationsprozesse (Hattie & Timperley, 2007), und kann, besonders wenn es Bezug zu der Performance von Lernenden enthält, als Methode der Binnendifferenzierung genutzt werden um so den Lernerfolg zu erhöhen und damit langfristig den Studienerfolg zu verbessern.

Hattie und Timperley (2007) konnten zudem zeigen, dass Feedback kompatibel zum Vorwissen sein muss. Das Feedback Principle (Johnson & Priest, 2014; Moreno & Mayer, 2007) und das Worked Example Principle (Renkl, 2014), deuten in diesem Zusammenhang auf einen Vorteil von elaborierter Hilfestellung für Novizen hin. Besonders Informatives Tutorielles Feedback (Narciss, 2006) bietet in diesem Zusammenhang die Möglichkeit, sehr

elaborierte Hilfestellung zu präsentieren, ohne die Aufgabenlösung vorweg zu nehmen, sodass die Lernenden die präsentierten Informationen nicht nur aufnehmen, sondern auch sogleich anwenden müssen. Es ist aber im ersten Semester von einer heterogenen Lerngruppe auszugehen. Besonders Studierende, die einen Chemie Leistungskurs besucht haben, starten mit einem deutlichen Wissensvorsprung in das Studium (Averbeck, 2020), sodass es wahrscheinlich erscheint, dass mit einem Expertise Reversal Effect zu rechnen ist, wenn die Heterogenität bezogen auf Vorwissen nicht konzeptionell berücksichtigt wird. Die Feedback-Forschung liefert mit einigen Studien aus chemieverwandten Disziplinen zwar Indizien, dass das Vorwissen einen Einfluss auf die Lernwirksamkeit unterschiedlich elaborierter Feedback-Typen hat (Albacete & VanLehn, 2000; Johnson & Priest, 2014; Moreno & Mayer, 2007), leider finden sich auch einige Studien, die diesen Befunden entgegenstehen (Fyfe, Rittle-Johnson & DeCaro, 2012; Narciss, 2006; Smits, Boon, Sluijsmans & van Gog, 2008), aber aufgrund von Variationen in Design und Stichprobe keinen direkten Vergleich zulassen. Aus dieser unsicheren Befundlage ergibt sich eine Forschungslücke, die im Rahmen dieses Projekts durch den Vergleich zweier vom Feedback-Umfang her sehr unterschiedlichen Feedback-Typen angegangen wurde.

Forschungsfrage

Wie wirken sich zwei Feedback-Typen (Error Specific Tutoring Feedback - EST vs. Korrekatives Feedback - KOR), die sich vom Informationsumfang her unterscheiden, auf den Studienerfolg von Erstsemesterstudierenden aus?

- H₁: Training mit dem EST-Feedback hilft besonders Studierenden, die ein geringes Maß an Vorwissen als Eingangsniveau mitbringen (z. B. Johnson & Priest, 2014).
H₂: Training mit dem KOR-Feedback hilft besonders Studierenden, die ein hohes Maß an Vorwissen als Eingangsniveau mitbringen (z. B. Smits et al., 2008).

Methode und Design

Eine Analyse der Modulnhalte sowie bestehender Übungs- und Klausuraufgaben ermöglichte die Ermittlung von relevanten Lernzielen und korrespondierenden Operatoren. Einige lernzielrelevante Operatoren ließen sich jedoch nicht in der Software-Lösung JACK[®] abbilden (Trauten, Eitemüller & Walpuski, 2019), sodass auch nach späterer Erweiterung der Software durch einen Editor zum Schreiben von Reaktionsgleichungen (Eitemüller, Trauten & Walpuski, accepted; Striewe, Trauten & Eitemüller, 2020) nicht alle Aufgabentypen digital abgebildet werden konnten. Entsprechende Lernziele wurden im Stil herkömmlicher Paper-Pencil-Aufgaben dennoch zur Verfügung gestellt. Insgesamt wurden trotzdem 120 Lernaufgaben, je sechs zu 20 Lernzielen in einem dreistufigen Feedback-Algorithmus realisiert, der bei gleicher Aufgabenstellung und Aufgabeninterface wahlweise KOR oder EST Feedback präsentieren konnte. Aufgrund der o. g. Schlüsselrolle des Moduls der Allgemeinen Chemie wurden die Aufgaben in einem Online-Tutorium inhaltlich parallel zu den Vorlesungsinhalten arrangiert, und hinsichtlich ihrer Lernwirksamkeit getestet.

Als Teilstichprobe der Grundgesamtheit der Chemiestudierenden an deutschen Universitäten wurden die Erstsemesterstudierenden der Universität Duisburg-Essen mit der Fachwahl Bachelor Chemie und Bachelor Water Science (zu Beginn inhaltlich parallel) gewählt. In einem Pre-Post-Vergleichsgruppendesign wurden die Feedback-Typen hinsichtlich ihrer

Lernwirksamkeit geprüft. Hierzu wurden die Studierenden zu Beginn des Semesters über die Chemie Kurswahl (Leistungskurs J/N), die als guter Prädiktor für Vorwissen gilt (Averbeck, 2020), in einem 2x2 Design auf die beiden Feedback-Typen verteilt. Zu Beginn des Semesters wurden demographische Variablen und ein Fachwissenstest (Averbeck, 2020) sowie weitere (für diesen Beitrag aber nicht relevante) Kontrollvariablen erhoben. Am Ende des Semesters wurde jeweils der Fachwissenstest (post) sowie der Klausurerfolg erhoben.

Die Pilotierung einiger Aufgaben fand im WiSe 2018/2019 statt (Trauten, Eitemüller & Walpuski, 2020). In den folgenden beiden Jahren wurde die Hauptstudie durchgeführt (WiSe 2019/2020 und WiSe 2020/2021), wodurch (Pilotierung eingeschlossen) ein Datensatz von $N = 122$ hierfür auswertbaren Fällen erhalten wurde. Zusätzlich konnte auf Daten aus dem ALSTER-Projekt (Erste Förderphase, Averbeck, 2020) zurückgegriffen werden, um die Lernwirksamkeit der Feedback-Bedingung mit einer herkömmlichen Übung zu vergleichen.

Ergebnisse

Es wurden die Daten des unabhängigen Fachwissenstests analysiert, die sowohl für alle drei Interventionsjahrgänge als auch für die Kontrollkohorte zur Verfügung standen. Der Einfluss der Interventionsbedingungen auf den Fachwissensstand am Ende des ersten Semesters wurde mithilfe einer multiplen linearen Regression untersucht, hierbei zeigen sich signifikante Effekte ($F(4, 224) = 106.8, p \leq .001, R^2 = .650$). Neben dem Fachwissen Chemie zu Beginn des Semesters und der Kurswahl in der Oberstufe wurden zwei Dummy-Variablen EST-Feedback (0 = nein, 1 = ja) und KOR-Feedback (0 = nein, 1 = ja) hinzugezogen. Dies ermöglicht den Vergleich beider Feedback-Typen mit der Kontrollkohorte. Das Fachwissen zu Beginn des Semesters ($\beta = .741, p \leq .001$) und die Kurswahl ($\beta = .103, p \leq .05$) bieten erwartungskonform gute prädiktive Kraft. Zusätzlich trägt der Prädiktor, ob EST-Feedback erhalten wurde ($\beta = .107, p \leq .05$), signifikant zur Varianzaufklärung bei. Der Erhalt von KOR-Feedback ist hingegen unerheblich für den Fachwissensstand am Ende des Semesters ($\beta = .060, n.s.$). Ob die Studierenden unabhängig von ihrer Kurswahl vom EST-Feedback profitieren, wurde in einem weiteren Modell überprüft ($F(6, 222) = 72.83, p \leq .001$), welches die Interaktion aus Feedback und Kurswahl in der Oberstufe berücksichtigt. Diese deutet auf einen negativen Effekt für die Interaktion aus EST-Feedback und Kurswahl ($\beta = -.126, p = .056$) hin. Da dieses Modell nicht signifikant besser misst als Modell 1 ($\Delta R^2 = .004, p = .099$) und der Interaktionseffekt von KOR-Feedback und Kurswahl in der Oberstufe mit $\beta = .010$ ($p = .874$) vernachlässigbar gering ausfällt, wurde ein weiteres Modell nur mit einem Interaktionsterm aus EST-Feedback und der Chemie Kurswahl berechnet ($F(5, 223) = 87.77, p \leq .001, R^2 = .656$). Es zeigt sich eine signifikante Verbesserung der Varianzaufklärung im Vergleich zu Modell 1 bei sonst gleichbleibenden Wirkzusammenhängen ($\Delta R^2 = .006, p \leq .05$). Der Vorteil von EST-Feedback ($\beta = .182, p \leq .01$) wird durch den Interaktionsterm aus EST-Feedback und Belegung eines Chemie Leitungskurs in der Oberstufe nahezu aufgehoben ($\beta = -.130, p \leq .05$).

Diskussion

Ein direkter Zusammenhang mit dem Fachwissen (pre), wie in H_1 vermutet, konnte nicht gefunden werden. Die Ergebnisse weisen aber auf einen Vorteil von EST-Feedback für Studierende hin, die keinen Leistungskurs Chemie in der Oberstufe belegt hatten. Die zusätzliche Lernzeit in einem Leistungskurs entspricht ungefähr einem Schuljahr Chemie-

Grundkurs. Diese kann zur besseren Vernetzung des Wissens beitragen. Es wird vermutet, dass Lernen mit EST-Feedback Studierenden ohne LK dabei helfen kann, vernetztes Wissen aufzubauen, während Studierende mit LK sich nur wiedererinnern bzw. den Stoff wiederholen müssen, denn die Interaktion von EST-Feedback und Kurswahl (LK +) zeigt, dass es wie vermutet einen Expertise Reversal Effekt gibt. Dieser hebt zwar den Vorteil des Faktors EST-Feedback fast vollständig auf, führt aber bei früherer Belegung eines LKs nicht zu nachteiligem Fachwissens-Outcome wie in H₂ vermutet.

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.
- Eitemüller, C., Trauten, F. & Walpuski, M. (accepted). Digitalization of multistep chemistry exercises with automated formative feedback. *Journal of Science Education and Technology*.
- 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 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=kr
https://doi.org/10.34878/2022.05.DZHW_BRIEF
- Johnson, C. I. & Priest, H. A. (2014). The Feedback Principle in Multimedia Learning. In R. E. Mayer (Hrsg.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (S. 449–463). Cambridge: Cambridge University Press.
- Moreno, R. & Mayer, R. (2007). Interactive Multimodal Learning Environments. *Educational Psychology Review*, 19(3), 309–326. <https://doi.org/10.1007/s10648-007-9047-2>
- 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.
- Renkl, A. (2014). The Worked Examples Principle in Multimedia Learning. In R. E. Mayer (Hrsg.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (S. 391–412). Cambridge: Cambridge University Press.
- Sarceletti, 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>
- Smits, M. H., Boon, J., Sluijmsmans, 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>
- Striwe, M., Trauten, F. & Eitemüller, C. (2020). Aufgaben mit automatischem Feedback zu chemischen Atom-Orbitalmodellen. In R. Zender, D. Ifenthaler, T. Leonhardt & C. Schumacher (eds.), *DELFI 2020. Die 18. Fachtagung Bildungstechnologien der Gesellschaft für Informatik e.V., Fachtagung vom 14.-18. September 2020 Online* (GI-Edition. Proceedings, Bd. 308, S. 109–119). Bonn: Gesellschaft für Informatik e.V. (GI).
- Trauten, F., Eitemüller, C. & Walpuski, M. (2019). Entwicklung und Evaluation von feedbackgestützten Online-Chemieaufgaben. In C. Maurer (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Kiel 2018* (S. 846–849). Regensburg: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik.
- Trauten, F., Eitemüller, C. & Walpuski, M. (2020). Evaluation adaptiven Feedbacks in Online-Aufgaben in der Chemie. In S. Habig (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Wien 2019* (S. 884–887). Essen: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik.