

Ömer GENC, Darmstadt

Zwei Jahre TU-WAS: Wie digitale Aufgaben das Mathematikstudium für Ingenieure beeinflussen können

Das Mathematikstudium stellt für Studierende von Ingenieurwissenschaften oftmals eine große Hürde dar und wird u.a. aufgrund zum Teil defizitärer Mathematik-Vorkenntnisse mitunter als Belastung empfunden (Abel & Weber, 2014; Cramer & Walcher, 2010). Mangelhaftes Zeitmanagement sowie ein fehlendes semesterbegleitendes Üben (Schulmeister, 2014) sind außerdem, neben etwaigen fachlichen Mängeln, Gründe für niedrige Bestehensquoten in Prüfungen und Studienabbrüche. Mathematische Lehrveranstaltungen in den Ingenieurwissenschaften des ersten Studienjahres weisen an deutschen Technischen Universitäten eine hohe Zahl von Studierenden auf. An der TU Darmstadt nehmen durchschnittlich 1600 Studierende an den Veranstaltungen der „Mathematik I für den Maschinenbau“ bzw. „Mathematik I für Bauingenieure“ teil. Angesichts dieser hohen Zahl an Teilnehmenden, liegt es auf der Hand, dass es eine Herausforderung darstellt, den Studierenden eine adäquate und vor allem differenzierte Betreuung zukommen zu lassen, was sich wiederum auf die mathematische Studierfähigkeit und damit auf das semesterbegleitende Lernen und Üben auswirkt (Schulmeister, 2014).

Projekt TU-WAS und Einbettung von digitalen Aufgaben

Um der beschriebenen Problematik zu begegnen, werden an der TU Darmstadt im Rahmen des Projektes „TU-WAS“ (Technische Universität Darmstadt – Webbasierte Aufgabensammlung mit STACK) seit zwei Jahren digitale Mathematikaufgaben mithilfe des Open-Source-Systems STACK entwickelt und in den Lehrveranstaltungen von ingenieurwissenschaftlichen Mathematikveranstaltungen des ersten Studienjahres eingesetzt. Beispielaufgaben und Ergänzungen zum Projekt sowie zur Handhabung von STACK im Rahmen des TU-WAS Projekts finden sich bei Genc (2020) oder unter www.tu-was.jetzt.

Mathematikaufgaben nehmen im universitären Kontext eine zentrale Rolle ein, da sie eine besonders hohe Relevanz im Lehr-Lern-Prozess aufweisen und maßgebend zur Leistungsbeurteilung verwendet werden (Ableitinger, 2012). Die Vor-, Auf- und Nachbereitungen von Vorlesungsinhalten und die damit verbundenen mathematischen Themengebiete erfolgen über das Bearbeiten von Mathematikaufgaben (Ableitinger, 2012), weswegen der Umgang mit den Aufgaben sowie das durch die Bearbeitung von Aufgaben generierte Feedback für den Lernprozess der Studierenden von elementarer Bedeutung ist (Hattie, 1999). Eine digitale Umsetzung von mathematischen Aufgaben

mit STACK ermöglicht es, den Studierenden unmittelbar nach Bearbeitung einer Aufgabe Feedback zu geben, welches auf die individuellen Eingaben eingehen und somit auf potentiell defizitäre Kenntnisse hinweisen kann. Außerdem erlaubt STACK die Konzeption von Aufgaben, die über reine Kalkülorientierung hinausgehen, wie eine Beispielaufgabe in Abbildung 1 zeigt.

Nullstellen und Integrationsgrenzen

Geben Sie die Funktionsgleichung einer Polynomfunktion ungleich 0 an, sodass die folgende Gleichung erfüllt ist:

$$\int_{-4}^1 f(x)dx = 0$$

Hinweis: Das Ergebnis ist nicht eindeutig!

Antwort: $f(x) =$ (2 Punkte)

Abb. 7: Beispiel einer STACK-Aufgabe

Die Einbettung von digitalen Aufgaben erfolgt dabei über das LMS moodle sowohl in Phasen des selbständigen Lernens während des gesamten Semesters, als auch im Kontext des gewöhnlichen Vorlesungsbetriebs in Form von digitalen Hausübungen (Abb. 2). In den Übungsstunden arbeiten die Studierenden in Kleingruppen unter tutorieller Betreuung an Gruppenübungen und erhalten Hausaufgaben (sog. Hausübungen), welche dem Tutor bzw. der Tutorin zur Korrektur abgegeben werden, wobei dies für den STACK-basierten Aufgabenanteil dank der automatisierten Korrektur entfällt.

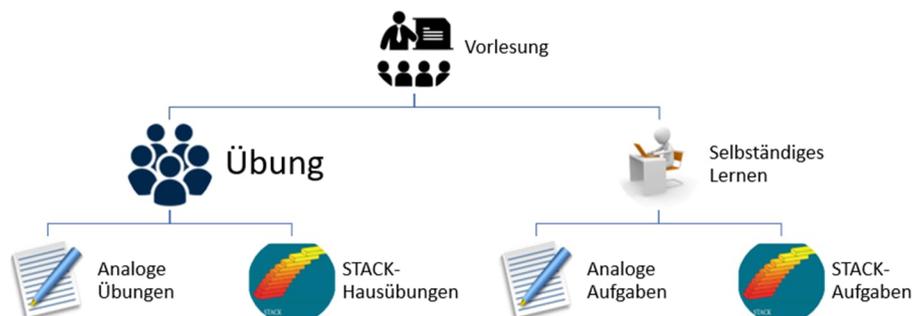


Abb. 2: Einbettung der STACK-Aufgaben in die Lehrveranstaltung

Die Einbettung von STACK-basierten Mathematikaufgaben als Teil der Hausübungen und in Form eines semesterbegleitend angebotenen Aufgabenarrangements zum selbstständigen Lernen dient als Ergänzung des klassischen analogen Übungsbetriebs, um Tutorinnen und Tutoren zu entlasten und Studierenden selbständig durchführbare Trainingsszenarien für die Klausurvorbereitung zu bieten. Pro Woche in der Vorlesungszeit wurden dabei 3 bis 5 Aufgaben als Hausübung mit wöchentlichen Abgabezeiträumen und 10 bis 15 Aufgaben pro Woche als vorlesungsbegleitendes Trainingsmaterial ohne zeitliche Beschränkung und beliebiger Durchführbarkeit mit STACK dargeboten. STACK erlaubt durch seine technischen Möglichkeiten

die Umsetzung unterschiedlicher Aufgabenformate (Luthiger, 2012), die im Kontext der Ingenieurmathematik relevant sind. Untersuchungen von sechs Lehrveranstaltungen der Ingenieurmathematik des ersten Studienjahres an der TU Darmstadt haben ergeben, dass etwa drei Viertel aller dargebotenen analogen Aufgaben mit STACK umgesetzt werden können. Die Verwendung von STACK sorgt dafür, dass ein Großteil der Aufgaben digital ausgelagert werden kann, sodass relevante Aufgabenformate für Gruppenübungen und einzureichende Hausübungen verbleiben, für die das Arbeiten in Gruppen besonders wertvoll erscheinen, wie etwa Aufgaben zum Begründen und Argumentieren oder Aufgaben mit mehrschrittigen Lösungsverfahren und womöglich verknüpften Lerninhalten. Die Aufgaben weisen ein eingabe- und fehleradaptives Feedback auf, das je nach studentischer Eingabe dargeboten wird, sodass ein selbständiges Üben begünstigt werden kann. Darüber hinaus sind die erstellten Aufgaben randomisiert, sodass jede*r Studierende die ihm bzw. ihr gestellte Aufgabe eigenhändig bearbeiten und die Aufgaben außerdem für Trainingsszenarien, etwa vor Klausuren, nutzen kann.

Effekte auf das Lernverhalten im Studium

Um ein semesterbegleitendes Lernen und Üben mithilfe digitaler Mathematikaufgaben zu initiieren und zu intensivieren, muss zunächst untersucht werden, inwiefern und in welcher Ausprägung kognitive und verhaltensbezogene Lernaktivitäten vorherrschen und ob diese durch die Einbettung und Bearbeitung von STACK-Mathematikaufgaben beeinflusst werden können. Hierfür wurde den Studierenden der „Mathematik I (II) für den Maschinenbau“ im WiSe 2020/21 und SoSe 2021 im Rahmen einer längsschnittlichen Analyse ein Fragebogen zu zwei Zeitpunkten dargeboten (Genc, 2021). Der Fragebogen bedient sich der Instrumente zur Bestimmung von Lernstrategien im Studium nach Schiefele und Wild (1994) sowie der mathematikspezifischen Lernstrategien im Studium des LimST-Fragebogens (Liebendörfer et al., 2021) und ist unter https://www.mathematik.tu-darmstadt.de/fb/personal/details/oemer_genc.de.jsp abrufbar. Durch einen Vergleich mit Studierenden der Veranstaltung „Mathematik für Bauingenieure“, welche als Kontrollgruppe ohne digitale Aufgaben fungiert und diesen Fragebogen ebenfalls bearbeitet, soll aufgezeigt werden, welche möglichen Effekte die Einbettung von STACK-Aufgaben in den Lehr- und Übungsbetrieb auf das Lernverhalten von Studierenden haben. Darüber hinaus wurde erfasst, ob Tutorinnen und Tutoren hinsichtlich des Korrekturaufwands und der wahrgenommenen Belastung entlastet werden konnten. Zum WiSe 2021/22 und SoSe 2022 wurden die Kohorten und damit die Einbettung der digitalen Aufgaben innerhalb der Studien- und Kontrollgruppe getauscht, sodass schließlich acht Datensätze entstanden sind, die einem Mann-Whitney-

U-Test unterzogen wurden, um etwaige Effekte zwischen Studien- und Kontrollgruppe beim Vergleich der Ergebnisse des Fragebogens zu Beginn und am Ende einer Lehrveranstaltung messen zu können. Ergebnisse über alle vier Semester hinweg zeigen auf, dass STACK-basierte Aufgaben als digitale Hausübungen und als Aufgaben zum vorlesungsbegleitenden Üben in der Tat eine signifikant positive Wirkung auf kognitive und metakognitive Lernstrategien von Studierenden haben und, dass Tutorinnen und Tutoren eine signifikant geringere zeitliche Belastung bei der Korrektur von Hausübungen erfahren. Bezüglich der Leistung zeigen sich ebenfalls positive Korrelationskoeffizienten zwischen der Klausurnote und der Anzahl der absolvierten semesterbegleiteten digitalen Übungstests. Die detaillierten Ergebnisse der Studie über alle vier Semester werden im Vortrag vorgestellt.

Literatur

- Abel, H. & Weber, B. (2014). 28 Jahre Esslinger Modell – Studienanfänger und Mathematik. In Biehler, R. et al. (Hrsg.), *Mathematische Vor- und Brückenkurse, Konzepte und Studien zur Hochschuldidaktik und Lehrerbildung in Mathematik* (S. 9–19). Springer Spektrum.
- Ableitinger, C. (2012) Typische Teilprozesse beim Lösen hochschulmathematischer Aufgaben: Kategorienbildung und Ankerbeispiele. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 33, 87–111. <https://doi.org/10.1007/s13138-012-0033-y>
- Cramer, E. & Walcher, S. (2010). Schulmathematik und Studierfähigkeit. *Mitteilungen der DMV*, 18(2), 110–114.
- Hattie, J. & Timperley, H. (2007). The Power of Feedback. *Review of Educational Research*, 77(1), 81–112. <https://doi.org/10.3102/003465430298487>
- Lieboldörfer, M., Göller, R., Biehler, R., Hochmuth, R., Kortemeyer, J., Ostsieker, L., Rode, J. & Schaper, N. (2021). LimSt-Ein Fragebogen zur Erhebung von Lernstrategien im mathematikhaltigen Studium. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 42, 25–59.
- Luthiger, H. (2012). Lern- und Leistungsaufgaben in einem kompetenzorientierten Unterricht. *Haushalt in Bildung & Forschung*, 1(3), 3–14. <https://doi.org/10.25656/01:18287>
- Schulmeister, R. (2014). Auf der Suche nach Determinanten des Studienerfolgs. In J. Brockmann & A. Pilniok (Hrsg.), *Studieneingangsphase in der Rechtswissenschaft* (S.72–205). Nomos.
- Genc, Ö. (2020). Projekt TUWAS: Einsatzszenarien und mögliche Effekte STACK-basierter Mathematikaufgaben im Ingenieurstudium. In H.-S. Siller, W. Weigel & J.F. Wörler (Hrsg.), *Beiträge zum Mathematikunterricht 2020: 54. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik. Band 3* (S. 321–324). WTM.
- Genc, Ö., Metzler, I. & Reif, U. (2021, 9. June). *Effects of digital tasks on learning math for first-year engineering students*. International Meeting of the STACK Community 2021. <http://doi.org/10.5281/zenodo.5036083>
- Wild, K.-P. & Schiefele, U. (1994). Lernstrategien im Studium. Ergebnisse zur Faktorenstruktur und Reliabilität eines neuen Fragebogens. *Zeitschrift für Differentielle und Diagnostische Psychologie*, 15(4), 185–200.