

Digitale Übungsaufgaben zur Lehre von mathematischen Methoden in physikgeprägten Studiengängen

Jonas Gleichmann*, Hans Kubitschke*, Jörg Schnauß*

*Universität Leipzig, Institut für Didaktik der Physik, Vor dem Hospitalore 1, 04317 Leipzig
Jonas.gleichmann@physik.uni-leipzig.de

Kurzfassung

Studierende in physikgeprägten Studiengängen benötigen ein gewisses Maß an mathematischen Fähigkeiten und Fertigkeiten, um physikalische Probleme lösen zu können. Diese algorithmischen Methoden der Mathematik werden meist in einem Modul in den ersten beiden Semestern gelehrt, wobei ein wesentlicher Teil des Lernprozesses durch die Abgabe von Übungsaufgaben realisiert wird. Wir möchten einen Ansatz vorstellen, wie diese Aufgaben digital im STACK-Format gestellt werden können. Mithilfe eines Computer-Algebra-Systems werden in den Aufgaben Variablen randomisiert, wodurch die Studierenden individuelle Aufgaben erhalten, welche auch wiederholt werden können. Gleichzeitig reduziert sich der Korrekturaufwand für die Lehrenden, da STACK die Aufgaben automatisch überprüft, bewertet und den Studierenden ein schnelles und individuelles Feedback gibt. Die freigewordenen Kapazitäten durch verringerten Korrekturaufwand können so für individuellere Betreuung genutzt werden. Nach dem mehrmaligen Einsatz in einem Modul möchten wir über erste Befragungsergebnisse berichten.

1. Einleitung

Nicht erst durch die Corona-Pandemie ist E-Assessment in der Hochschullehre immer mehr in den Fokus gerückt. Dies beginnt bereits mit diagnostischen Tests als Hilfsmittel zur Wahl des passenden Studiengangs. Immer mehr findet E-Assessment auch Anwendung als Form der summativen und formativen Bewertung. Dabei gibt es mittlerweile eine große Auswahl an Angeboten von Tools und digitalen Bewertungsmöglichkeiten, welche über das bloße Ausfüllen von Freitextfeldern oder das Ankreuzen von Multiple-Choice-Fragen hinausgehen.

Das von Chris Sangwin entwickelte Plugin STACK (System for Teaching and Assessment using Computer algebra Kernel) ist ein kostenfreies Tool für E-Assessment auf den Lernmanagementsystemen Moodle und Ilias (Sangwin, 2013). Das Plugin ermöglicht die Erstellung von digitalen Aufgaben für summative oder auch formative Bewertung primär in MINT-Studiengängen. Durch das dahinterstehende Computer-Algebra-System wird insbesondere die Randomisierung von STACK-Aufgaben ermöglicht (Sangwin, 2013). Dies führt dazu, dass eine erstellte Aufgabe bei mehrmaliger Lösung jeweils unterschiedliche Funktionen, Werte oder dergleichen enthält. So bleibt das der Aufgabe zugrundeliegende Konzept stets gleich und durch geeignete Randomisierung auch in einem äquivalenten Anforderungsbereich.

In Abbildung 1 ist eine Variante einer grundständigen STACK-Aufgabe beispielhaft dargestellt. Die Erläuterung, wie diese Aufgabe entstanden ist und wie die Randomisierung funktioniert, ist im 2. Kapitel des Artikels näher erläutert. Darüber hinaus kann STACK die Musterlösung auf algebraische Äquivalenz mit

den Antworten vergleichen und so beispielsweise verschiedene trigonometrische Lösungen korrekt bewerten. Im Bereich der Naturwissenschaften ist es in STACK möglich Einheiten miteinzugeben und so auch Fehler in der Dimensionierung der Ergebnisse zu erfassen bzw. rückzumelden.

Bestimmen Sie Real- und Imaginärteil der Komplexen Zahl $z^2 + 10$ mit $z = 4 - 4 \cdot i$.

$\text{Re}(z^2 + 10) =$

$\text{Im}(z^2 + 10) =$

Abb. 1: Beispiel für eine STACK-Aufgabe zur Bestimmung von Real- und Imaginärteil einer komplexen Zahl. Die komplexe Zahl ist dabei randomisiert, wodurch bei einer erneuten Bearbeitung eine andere Aufgabe gelöst werden muss.

Neben der Randomisierung ermöglicht STACK auch ein individuelles Feedback für die Studierenden, welches insbesondere beim selbstständigen Lernen von Bedeutung ist (Derr et al., 2017) und auch nach Hattie einen positiven Einfluss auf den Lernprozess besitzt (Hattie, 2009). Das Feedback zu einer Aufgabe muss vorher bei der Erstellung festgelegt werden und kann dabei häufige Fehlvorstellungen oder auch typische Fehler adressieren.

Gegenüber analogen Aufgaben ergeben sich so andere Gestaltungsmöglichkeiten. Zwar sind auch individuelles Feedback oder Randomisierung, anhand beispielsweise der Matrikelnummer, möglich, jedoch gehen diese beiden Punkte mit einem deutlich erhöhten Korrektur- und damit auch Personalbedarf einher.

Bei STACK-Aufgaben skaliert die Nutzungszahl nicht mit dem Aufwand.

Aus Sicht der Dozierenden als Aufgabensteller sind die Ergebnisse der Bewertung in Moodle tabellarisch leicht einsehbar. So können gemäß dem Just-in-time-Teaching-Konzept Lehrveranstaltungsinhalte an die Bedürfnisse der Studierenden angepasst werden (Novak et al., 1999). Bei einer analogen Abgabe von Aufgaben wäre dies durch die verzögerte Korrektur der Aufgaben meistens erst viel später möglich.

Aus den aufgelisteten Funktionen von STACK-Aufgaben ergeben sich eine Vielzahl an Einsatzmöglichkeiten in der MINT-Hochschullehre, über welche Mai et al. (2021) einen Überblick bieten.

2. Erstellung von STACK-Aufgaben

Im Folgenden soll an einem einfachen Beispiel gezeigt werden, wie eine STACK-Aufgabe in Moodle erstellt wird. Bei dem Beispiel soll es um die Bestimmung des Real- und Imaginärteils einer komplexen Zahl gehen. Eine Variante der fertigen Aufgabe ist in Abbildung 1 dargestellt.

Im ersten Schritt werden die zu der Aufgabe gehörigen Variablen definiert und anschließend mögliche Zwischenschritte, Bedingungen und auch die Lösung festgelegt (Abb. 2 a)). Durch die Definition der Variablen wird die spätere Randomisierung der Aufgabe ermöglicht. STACK basiert dabei auf Maxima als Computer-Algebra-System. Anschließend wird der Aufgabentext, welchen die Studierenden am Ende angezeigt bekommen, formuliert. Im letzten Schritt wird der Rückmeldebaum oder auch Potential-Response-Tree (PRT) erstellt (Abb. 2 b)). Dieser ist für die Bewertung als auch das Feedback zur Aufgabe verantwortlich. Je nach Komplexität des PRTs kann dabei zwischen einer einfachen Rückmeldung der Richtigkeit oder aber einer Bewertung von Folgefehlern und einem detaillierten Feedback mit Hinweisen differenziert werden. Im Falle der Beispielaufgabe zu den komplexen Zahlen zielt das Feedback auf häufige Fehler beim Imaginärteil ab.

STACK verfügt über eine internationale, aktive Community, wodurch es zu einer stetigen Weiterentwicklung des Tools kommt. Dadurch existieren diverse Foren und auch Materialien, welche bei der Erstellung von, im speziellen sehr komplexen, STACK-Aufgaben helfen können. Darüber hinaus sind sowohl im deutschen als auch englischsprachigen Raum mehrere Aufgabenpools zu mathematischen Themen vorhanden.

3. Einsatz von STACK-Aufgaben

3.1. Das Projekt PhySTACK

Seit über drei Jahren werden STACK-Aufgaben an der Universität Leipzig im Fachbereich Physik eingesetzt. Im Projekt PhySTACK werden immer wieder neue STACK-Aufgaben für mathematische und physikalische Themen entwickelt. Ziel des Projekts ist die Entwicklung eines qualitativ hochwertigen

```
a) /*Erstellen zufälliger Zahlen*/
x: rand_with_prohib(-10,10,[0]);
y: rand_with_prohib(-10,10,[0]);
a: rand_with_prohib(-10,10,[0]);
/*Erstellen der komplexen Zahl*/
z: x + ((%i)*y);
z1: z^2+a;
/*Erstellen der Lösungen*/
loes1:realpart(z1);
loes2:imagpart(z1);
/*Erstellen von möglichen Fehlern*/
loes2_f1: -1*imagpart(z1);
loes2_f2: (%i)*imagpart(z1);
loes2_f3: -(%i)*imagpart(z1);
```

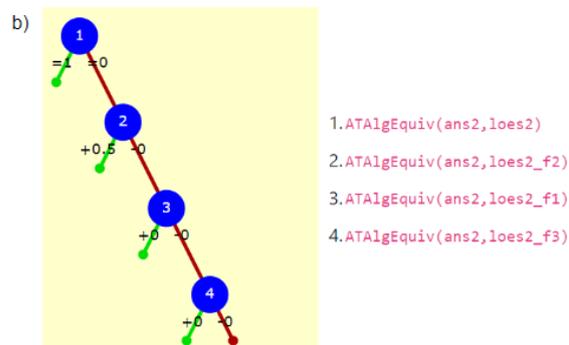


Abb. 2: STACK-Aufgabe zum Real- und Imaginärteil einer komplexen Zahl. a) Eingabe der Variablen für die Aufgabe, sowie der Lösung der Aufgabe und möglichen Fehlern für individuelle Rückmeldung. b) Rückmeldebaum für die Prüfung des Imaginärteils, wobei je nach Antwort entsprechendes Feedback gegeben wird.

Fragenpools zu verschiedenen Themengebieten der Mathematik und Physik in der Hochschullehre. Um die Qualität der Aufgaben sicherzustellen, durchlaufen die Aufgaben mehrere Schritte, bevor sie in Fragenpool gelangen. In der Abbildung 3 ist die Iteration zur Optimierung einer STACK-Aufgabe dargestellt.

Dabei liegt der Hauptfokus auf der sich an den Einsatz anschließenden Evaluierung und der daraus sich ergebenden Überarbeitung. Bei der Evaluierung betrachten wir die von den Studierenden abgegeben Lösungen und überprüfen diese auf häufige Fehler oder Verständnisprobleme. Darüber hinaus fließen auch studentische Rückmeldungen zu den Aufgaben mit ein. In der Überarbeitung werden dann häufige Fehler durch ein gezieltes Feedback adressiert, zum Beispiel

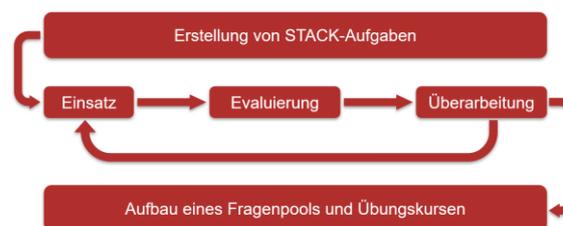


Abb. 3: Ablauf nach der Erstellung einer STACK-Aufgabe zur Optimierung der Aufgabe.

bei Vorzeichenfehlern, oder Umformulierungen an der Aufgabe vorgenommen. Nach einem erneuten Einsatz kommen dann entweder neue Überarbeitungen dazu oder die Aufgabe wird als fertig angesehen und gelangt in den Fragenpool.

3.2. Befragung der Studierenden zu STACK

Zur weiteren Evaluation von STACK-Aufgaben wurden Studierende befragt. Im Modul „Theoretische Mechanik und mathematische Methoden“ für das Lehramt an Gymnasien, Oberschulen und für Sonderpädagogik Physik im 4. Semester wurden im Sommersemester 2023 erstmals STACK-Aufgaben eingesetzt. Für die Klausurzulassung in diesem Modul müssen die Studierenden wöchentlich Übungsserien abgeben. Da sich STACK-Aufgaben nicht für alle Probleme in der theoretischen Physik eignen, wurden die Übungsserien zweigeteilt. Zum einen erhielten die Studierenden analoge Übungsaufgaben zu physikalischen Themen und zum anderen STACK-Aufgaben zu den mathematischen Inhalten. Nach Abgabe der Übungsserien wurden die gestellten STACK-Aufgaben zur erneuten Bearbeitung bereitgestellt. In den vorherigen Semestern hatten die Studierenden in keinem Modul STACK-Aufgaben erhalten und begegneten diesen zum ersten Mal in ihrem Studium.

Um die studentische Sichtweise zu den STACK-Aufgaben zu erfassen, wurde in der letzten Vorlesung eine Umfrage zu den im Semester gestellten Aufgaben durchgeführt. An dieser digitalen Umfrage nahmen $N=27$ von 31 angemeldeten Studierenden teil. In der Umfrage wurden der wahrgenommene Nutzen für den Lernprozess, die Motivation bei der Bearbeitung sowie die Benutzerfreundlichkeit erfragt. Auf einer fünfstufigen Likert-Skala konnten die Studierenden ihre Zustimmung zu bestimmten Aussagen notieren. Im Anschluss konnte in einem Freitextfeld weiteres Feedback gegeben werden. Die Ergebnisse der Befragung sind in der Abbildung 4 dargestellt.

Die Befragung zeigt ein positives Feedback zu STACK – Aufgaben. Dabei sehen 90% der Studierenden eine Verbesserung für ihr Lernen und etwa 65% der Studierenden empfanden STACK-Aufgaben als motivierender als analoge Aufgaben. Besonders die Wiederholbarkeit der Aufgaben und das Feedback zeigten eine große positive Resonanz durch die Studierenden. Dies zeigt sich auch darin, dass 90% der Studierenden später STACK-Aufgaben als Lehrkraft selbst einsetzen würden.

Durch die Abgabe der Aufgaben in digitaler Form besteht eine technische Hürde, welche wir ebenso abgefragt haben. Dabei gab die deutliche Mehrheit an, dass keine Programmierkenntnisse nötig seien und ebenso die Eingabe intuitiv war. Dies ist darin zu begründen, dass die Eingabe nur rudimentäre Kenntnisse ähnlich zu einem grafikfähigen Taschenrechner benötigt.

Aus dieser Befragung erschließt sich ein positives Bild der Studierenden zu STACK-Aufgaben, welches auch dadurch untermauert wird, dass die STACK-Aufgaben durchschnittlich von 77% der Studierenden mindestens nochmal einmal vor der Klausur bearbeitet wurden. Darüber hinaus gaben 85% der Studierenden an, dass sie sich mehr STACK-Aufgaben zu physikalischen Inhalten und auch in anderen Modulen wünschen würden.

4. Fazit und Ausblick

Anhand der ersten Befragungsergebnisse zu STACK-Aufgaben sehen wir eine Tendenz zur positiven Wahrnehmung von digitalen Aufgaben durch Studierende. Wegen den initialen positiven Rückmeldungen sollen STACK-Aufgaben breitgefächerter untersucht werden, um die Translation zu anderen Teilbereichen zu analysieren. Darüber hinaus vergrößert sich durch fortlaufenden Einsatz von digitalen Übungsaufgaben auch in anderen Modulen zum einen der Pool an

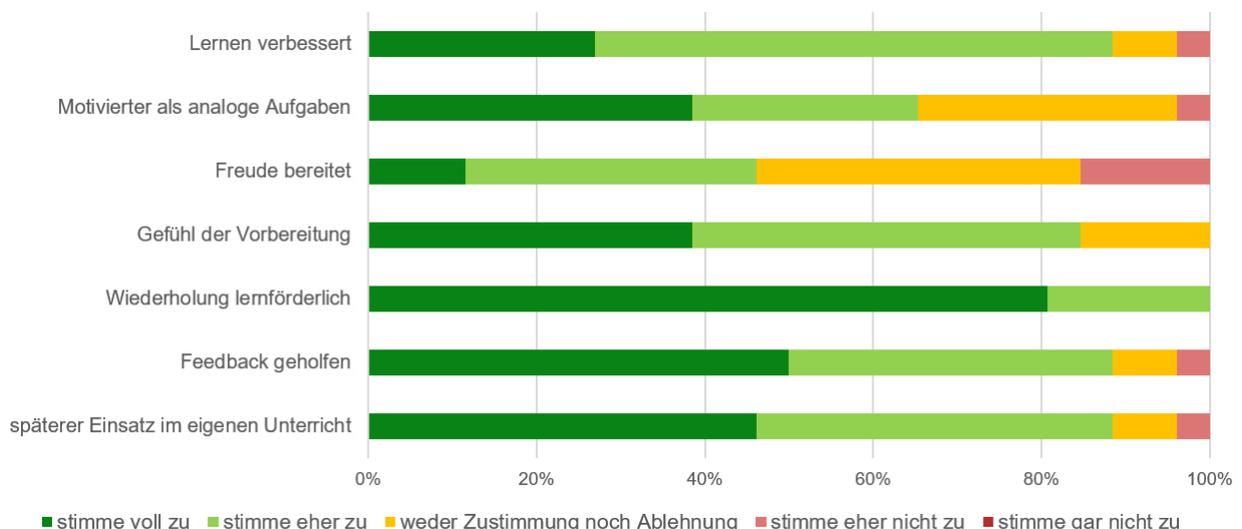


Abb. 4: Befragung von $N=27$ Lehramtsstudierenden zu STACK – Aufgaben nach dem Einsatz im Modul Theoretische Mechanik und mathematische Methoden im 4. Fachsemester

Aufgaben aber ebenso die Möglichkeit entsprechende Daten zu erheben.

Auch in anderen Fachbereichen, wie der Mathematik, dem Ingenieurwesen, der Chemie oder den Wirtschaftswissenschaften, finden sich immer mehr Interessenten für STACK-Aufgaben, wodurch sich der Einsatz von STACK stetig vergrößert und immer mehr Vernetzung stattfindet.

5. Literatur

Derr, K., Hübl, R., Mechelke-Schwede, E., Podgayetskaya, T. und Weigel, M. (2017). Inhaltliche und technische Aspekte des automatisierten Feedbacks. Einsatz des Fragetyps STACK im formativen eAssessment. In Beiträge zum Mathematikunterricht 2017, WTM, Münster, S. 1185–1192.

Hattie, John (2009): Visible Learning. A Synthesis of Over 800 Meta-Analyses Relating to Achievement. London.

Mai, To.; Wassong, T.; Becher, S. (2021): Über das Potenzial computergestützter Aufgaben zur Mathematik am Beispiel eines auf Blended Learning basierenden Vorkurses. In: Biehler R.; Eichler, A.; Hochmuth, R.; Rach S.; Schaper, N. (Hg.): Lehrinnovation in der Hochschulmathematik. Praxisrelevant didaktisch. [S.l.]: Springer (Konzepte und Studien zur Hochschuldidaktik und Lehrerbildung Mathematik), S. 291- 320.

Novak, G, Patterson, E.T., Gavrin, A.D., and Christian, W. (1999). Just-In-Time Teaching: Blending Active Learning with Web Technology, Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.

Sangwin, C. (2013). Computer Aided Assessment of Mathematics Using STACK. Oxford University Press, Oxford.

Danksagung

Das Projekt PhySTACK wird von der Stiftung Innovation in der Hochschullehre (Freiraum 2022: FRFMM-331/2022) gefördert. Außerdem bedanken wir uns bei den Studierenden, welche an der Befragung teilgenommen haben.