Lernzuwachsanalyse zum mathematischen Vorkurs

Jonas Gleichmann, Hans Kubitschke, Jörg Schnauß
Universität Leipzig, Institut für Didaktik der Physik

Zusammenfassung

An der Universität Leipzig findet für die Studienanfänger:innen in physikgeprägten Studiengängen ein mathematischer Vorkurs statt. In diesem werden die wesentlichen Grundlagen aus der Schule, welche für das Studium wichtig sind, wiederholt und vertieft. Gleichzeitig werden bundesländerspezifische Lehrplanunterschiede adressiert. Zur Weiterentwicklung des Kurses erfolgte im Wintersemester 2022/2023 eine Beforschung. Mittels einer Leistungsstanderhebung vor und nach dem Vorkurs konnte der Lernzuwachs durch den Vorkurs untersucht werden. Hierbei wurde ein signifikanter Lernzuwachs durch den Vorkurs nachgewiesen. Dieser wird durch die Wissensreaktivierung von vorhandenem Wissen aus der Schule begünstigt.

1. Der Vorkurs der Fakultät für Physik und Geowissenschaften an der Universität Leipzig

Mathematische Vorkurse werden mittlerweile an vielen Fakultäten mit MINT-Studiengängen angeboten (Kallweit 2018). So findet auch seit über 30 Jahren an der Universität Leipzig ein mathematischer Vorkurs für die physikgeprägten Studiengänge statt. An dem aktuell einwöchigen Kurs nehmen etwa 50 % der Studienanfänger:innen aus den Studiengängen B. Sc. Physik, B. Sc. Meteorologie und dem Lehramt Physik teil. Der Kurs ist in Vorlesungen und anschließende Übungen unterteilt. In den Vorlesungen werden die theoretischen Grundlagen zu den mathematischen Inhalten behandelt und erste Beispiele aus der Physik betrachtet. In den Übungen liegt der Fokus auf der Anwendung von Rechentechniken an mathematischen und physikalischen Beispielen. Hierfür werden die Übungsgruppen anhand ihres Studiengangs separiert, um den ersten Austausch unter den Studierenden zu begünstigen und individuelles Üben zu ermöglichen. Die angehenden Studierenden sollen dabei die theoretischen Grundlagen und behandelten Rechenmethoden anwenden. Zur weiteren Förderung des Fähigkeitenerwerbs und der Wiederholung werden in den Übungen verschiedene Sozialformen, wie Gruppenarbeit und Partnerarbeit, angeboten, um die gestellten Aufgaben zu bearbeiten. Inhaltlich orientiert sich der Vorkurs entsprechend der Empfehlung der Konferenz der Fachbereiche Physik an den Lehrplänen des Mathematikunterrichts (Konferenz der

Fachbereiche Physik 2011). Im Vorkurs wurden die folgenden Themen behandelt: Grundlagen der Arithmetik, Exponential- und Logarithmengesetze, Geometrie, Trigonometrie, Vektorrechnung, Funktionen und deren Eigenschaften, Funktionstypen, Differenzialrechnung und Integration. So können zum einen Lehrplanunterschiede bzw. nicht behandelte Themen adressiert, zum anderen die Fähigkeiten aus der Schule reaktiviert werden.

Um den Kurs kontinuierlich weiterzuentwickeln haben wir diesen im Wintersemester 2022/2023 in einer Pre-Post-Testung beforscht.

2. Methode

Die Leistungsstände der Teilnehmenden wurden zu Beginn des Vorkurses sowie eine Woche nach dem Vorkurs erfasst. Die Studierenden wurden hierbei auf eine freiwillige, anonyme Teilnahme hingewiesen, sowie das die Testergebnisse für Forschungszwecke verwendet werden. Der Test zur Erfassung der mathematischen Fähigkeiten wurde am großen Studieneingangstest Physik von 1978 (Krause und Reiners-Logothetidou 1981) orientiert (siehe Abb. 1). Entgegen dem Studieneingangstest wurden Themenbereiche wie Logik, komplexe Zahlen oder Gruppentheorie nicht abgefragt. Dies lässt sich mit der Empfehlung der Konferenz der Fachbereiche Physik (Konferenz der Fachbereiche Physik 2011) begründen, da diese Themen als nicht voraussetzbar gelten. Thematisch haben wir den Test durch ein Item zu den Logarithmengesetzen ergänzt. Die Inhalte der Testung wurden alle während des Vorkurses behandelt. Dabei deckt der Test alle Hauptinhalte des Vorkurses ab. Lediglich kleinere Themen, wie beispielsweise Sätze aus der Geometrie, kamen nicht vor. Die Items besitzen

a) Ermitteln Sie, für welche $x \in \mathbb{R}$ die Gleichung $4 = ln(x) - ln(2)$ gilt.

b) Berechnen Sie die Lösung des Integrals $\int_{-1}^{1} \left(2 \cdot x^2 - 2x + 1\right) dx$.

c) Es sind die Vektoren $\vec{a} = \begin{pmatrix} 1 \\ -1 \\ 3 \end{pmatrix}$ und $\vec{b} = \begin{pmatrix} 2 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}$ gegeben.
Berechnen Sie das Skalarprodukt $\left(\vec{a} \cdot \vec{b}\right)$ und das Vektorprodukt $\left(\vec{a} \times \vec{b}\right)$.

Abb. 1: Ausgewählte Items aus dem Posttest

ein offenes Antwortformat, wodurch eine differenzierte Auswertung möglich war. Um ein vergleichbares Ergebnis zu erzielen, wurden in beiden Testungen die gleichen Operationen abgefragt, aber die Zahlen und Funktionen ersetzt. Vor der Studie wurden die Tests mehreren Lehrkräften vorgelegt und anhand derer Kritikpunkte angepasst. Daraus resultierten eindeutigere Formulierungen der Aufgabenstellungen und eine Einteilung der Achsen für die Skizzierung von Graphen.

Die Bewertung der Studierendenlösungen fand anhand eines Kodierungsmanuals statt. Dabei wurden zwei Punkte für eine komplett richtige Antwort, ein Punkt für eine teilweise richtige Lösung und null Punkte für eine falsche Lösung vergeben. Für die Verteilung der Punkte haben wir vor allem betrachtet, ob die in dem Item untersuchte Fähigkeit vorhanden war. So wurde bei der Bildung des Vektorprodukts, falls genau der negative Vektor berechnet wurde, ein Punkt vergeben. Die Studierenden hatten keine Zeitbeschränkung zur Bearbeitung. Aus diesem Grund findet keine Unterscheidung zwischen falschen Antworten und nicht beantworteten Items statt. Zur Bestimmung der Interrater-Reliabilität wurde zunächst ein Zehntel der Tests von zwei unabhängigen Personen bewertet. Eine hohe Übereinstimmung der Bewertungen zeigte sich anhand des Kappa Cohens Wert von κ=0,99 (Cohen 1960). Durch die Übereinstimmung wurde das Kodierungsmanual als geeignet angenommen. Die Testung bestand aus 18 Items, woraus sich eine maximale Punktzahl von 36 ergab.

Mit der Testung wurde die Fähigkeit der Studierenden Rechenaufgaben zu lösen erfasst. Dies ermöglicht Aussagen zu den Fähigkeiten und auch deren Zuwachs während des Vorkurses, aber nicht welcher Teil des Vorkurses den Zuwachs beeinflusst.

3. Ergebnisse und Diskussion

Für die Auswertung wurden nur Personen betrachtet, welche an beiden Testungen teilnahmen (N=56). Dies entspricht 81 % der Vorkursteilnehmenden. Die Studierenden, welche nicht an der zweiten Testung teilgenommen haben, zeigten in der ersten Testung gegenüber den zweimaligen Teilnehmenden vergleichbare Leistungen. Somit unterscheiden sich die betrachteten Studierenden nicht wesentlich von den anderen Vorkursteilnehmenden und sind repräsentativ. Anhand eines Anonymisierungscodes war eine Zuordnung unter Wahrung der Anonymität der Teilnehmenden möglich.

Die gemessenen Daten sind nicht normalverteilt, weshalb sie als Boxplot mit Median und Antennen bei 5 % und 95 % dargestellt werden (siehe Abb. 2). Es zeigt sich ein signifikanter Unterschied zwischen Pre- und Posttest. Dies wird anhand der Veränderung des Medians von 18,5 zu 26 deutlich, aber ebenso an der Breite der Konfidenzintervalle. Im Pretest lag dieses zwischen 10 und 23 Punkten, wogegen es im Posttest im Bereich von 20 bis 31 Punkten war. Der Vorkurs trägt damit mindestens kurzfristig zu einer signifikanten Steigerung der mathematischen Fähigkeiten der angehenden Studierenden bei. Über langfristige Effekte kann in dieser Studie noch keine Aussage gefällt werden.

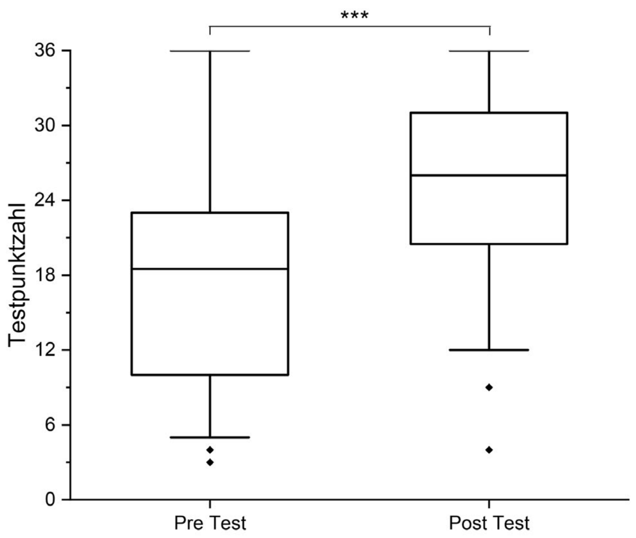

Abb. 2: Darstellung der Ergebnisse des Pre- und Posttests zum Vorkurs 2022/23 an der Fakultät für Physik und Geowissenschaften der Universität Leipzig. Der Unterschied der Testungen ist signifikant ($p<0.001$). Die Signifikanz wurde mit einem Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test geprüft.

Die Vergleichbarkeit der erzielten Ergebnisse mit anderen Forschungen zu mathematischen Vorkursen ist nicht trivial. Dies liegt sowohl an den unterschiedlichen inhaltlichen Gestaltungen der Vorkurse als auch an dem nicht identischen Einsatz der Tests. So sind vergleichende Aussagen nur bedingt verwertbar.

Eine Möglichkeit zur Einordnung des Ergebnisses ist der Hake-Index (Hake 1998) als Maß für den Lernzuwachs durch den Vorkurs. Für die Testungen ergibt sich hier ein Hake-Index von $h=0{,}40$. Dieser Wert liegt deutlich höher als für traditionelle Lehrveranstaltungen mit $h\approx 0{,}2$ (Coletta et al. 2007). Der hohe Wert für den Vorkurs wird dadurch begünstigt, dass nicht nur neue Fähigkeiten vermittelt wurden. Ein Teil der Fertigkeiten wurde durch den Vorkurs reaktiviert und ist bereits in der Schule gelehrt worden. Die aktuelle Untersuchung unterscheidet dabei nicht zwischen der Reaktivierung und dem neuen Fähigkeitenerwerb.

In einer Pre-Post-Studie der Dualen Hochschule Baden-Württemberg Mannheim, erzielten die Teilnehmenden des Vorkurses in der ersten Testung einen ähnlichen Wert von etwa der Hälfte der erreichbaren Punktzahl (Derr et al. 2015). In der Posttestung der Studie von Derr et al. lag die durchschnittliche Punktzahl bei 55 %, wogegen diese in unserer Testung bei 70 % ermittelt wurde. Da die Studie keine Inhalte des Vorkurses oder den Test auflistet, ist ein Vergleich jedoch nur eingeschränkt möglich. Die Steigerung der mathematischen Fähigkeiten durch Vorkurse, ist neben dieser ausgewählten Untersuchung auch in über 90 % der Vorkursuntersuchungen festgestellt worden (Berndt et al. 2021).

Es zeigt sich allgemein ein positiver Effekt durch mathematische Vorkurse, welchen wir in unserer Untersuchung im speziellen nachweisen konnten. Ausgehend von diesem Ergebnis wollen wir zukünftig den Vorkurs auf eine Dauer von zwei Wochen erweitern. So können die Inhalte weiter vertieft und ein besserer Übergang von Schule zur Hochschule ermöglicht werden. Dies ist besonders in physik-geprägten Studiengängen mit traditionell hohen Abbrecherquoten von großer Bedeutung. Durch den Ausbau können vor allem die Inhalte intensiver aufgegriffen werden, welche in der Pre-Post-Studie eine kleinere Verbesserung zeigten als andere. Dies betrifft insbesondere die Bereiche Logarithmen, Trigonometrie und Extremstellen. In weiteren Untersuchungen müssen die erhobenen Daten und daraus resultierende Aussagen weiter fundiert und durch genauere Analysen bestätigt werden. Dabei sollten mögliche Subgruppen, bezüglich ihres Lernzuwachses, identifiziert und auch eine Unterscheidung zwischen Lernzuwachs und reaktiviertem Wissen erfolgen. Die Umsetzung in zukünftigen Testungen kann mittels der Erfassung von weiteren demografischen Daten und der Abfrage, ob die Themen in der Schule bereits behandelten wurden, erfolgen.

Literatur

Berndt, Sarah; Felix, Annika; Anacker, Judit (2021): Die Wirkungen von MINT-Vorkursen – ein systematischer Literaturreview. Hg. v. Zeitschrift für Hochschulentwicklung. Online verfügbar unter https://zfhe.at/index.php/zfhe/article/view/1468.

Cohen, Jacob (1960): A Coefficient of Agreement for Nominal Scales. In: Educational and Psychological Measurement 20 (1), S. 37 - 46. DOI: 10.1177/001316446002000104.

Coletta, Vincent P.; Phillips, Jeffrey A.; Steinert, Jeffrey J. (2007): Interpreting force concept inventory scores: Normalized gain and SAT scores. In: Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res. 3 (1). DOI: 10.1103/PhysRevSTPER.3.010106.

Hake, Richard R. (1998): Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. In: American Journal of Physics 66 (1), S. 64 - 74. DOI: 10.1119/1.18809.

Konferenz der Fachbereiche Physik (2011): Empfehlung der Konferenz der Fachbereiche Physik zum Umgang mit den Mathematikkenntnissen von Studienanfängern der Physik. Online verfügbar unter https://www.kfp-physik.de/dokument/KFP-Empfehlung-Mathematikkenntnisse.pdf, zuletzt aktualisiert am 28.02.2012.

Krause, Friedrich; Reiners-Logothetidou, Anastasia (1981): Der Bundesweite Studieneingangtest Physik 1978. Zusammenfassung der Ergebnisse. In: Schriftenreihe Hochschule, 38.

Derr, K., Hübl, R., & Podgayetskaya, T. (2015). Formative Evaluation und Datenanalysen als Basis zur schrittweisen Optimierung eines Online-Vorkurses Mathematik. In N. Nistor & S. Schirlitz (Hrsg.), Medien in der Wissenschaft: Bd. 68. Digitale Medien und Interdisziplinarität. Herausforderungen, Erfahrungen, Perspektiven (S. 186-196). Waxmann.

Kallweit, M., Dehling, H., & Härterich, J. (2018). Einsatz von mathematischen Vorkursen. Vortrag im Rahmen der 43. Plenarversammlung der Konferenz der Mathematischen Fachbereiche. http://kmathf.math.uni-bielefeld.de/plenum/Einsatz_von_mathematischen_Vorkursen.pdf. Zugegriffen: 24.04.2023

Angaben zu den AutorInnen

Jonas Gleichmann
Studium Lehramt für Physik und Mathematik, seit 2022 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Didaktik der Physik an der Universität Leipzig und Doktorand

Dr. rer. nat. Hans Kubitschke
Seit 2013 wiss. Mitarbeiter an der Uni Leipzig im Bereich Biophysik und Didaktik der Physik

PD Dr. Jörg Schnauß
Institutsdirektor der Didaktik der Physik, forscht zur Studieneingangsphase in der Physik, Einsatz von Digitalisierung im Studium, Biophysik und STACK-Aufgaben

Digitale Übungsaufgaben im STACK-Format

Jonas Gleichmann, Hans Kubitschke, Lydia Kämpf, Frank Stallmach, Jörg Schnauß
Universität Leipzig, Institut für Didaktik der Physik

Zusammenfassung

Mithilfe von STACK, einem kostenfreien Plugin mit integriertem Computer-Algebra-System für die Plattformen Moodle und Ilias, können randomisierte Rechenaufgaben erstellt werden. Anhand der studentischen Eingabe erhalten die Studierenden individuelles Feedback. Durch die Feedbackfunktion, die Randomisierung und die Ressourcenschonung bietet sich STACK für den Einsatz in digitalen Übungsserien/Übungsblättern in MINT-Modulen an. STACK-Aufgaben können via Exportfunktion leicht ausgetauscht und bei allen Kohortengrößen eingesetzt werden. Unsere ersten Forschungsergebnisse zeigen, dass Studierende mehrheitlich keine Probleme mit der digitalen Eingabe hatten und die Aufgaben häufig zur Prüfungsvorbereitung nutzten. In einer Analyse von Prüfungen hat sich gezeigt, dass Studierende mit STACK-Aufgaben vergleichbare Klausurergebnisse wie Gruppen mit klassischen Übungsaufgaben in Papierform erzielen. Ein wichtiger Vorteil dabei ist die Wiederholbarkeit der digitalen Aufgaben mit randomisiertem Zahlenmaterial. Diese Ergebnisse zeigen, dass STACK als digitales Werkzeug in der MINT-Lehre erfolgsversprechend und skalierbar eingesetzt werden kann.

1. Einleitung

STACK, ein Akronym für *System for **T**eaching and **A**ssessment using a **C**omputer algebra **K**ernel*, ist ein Open-Source-Projekt zur digitalen Umsetzung von Aufgaben (Sangwin, 2013). Dahinter steckt ein Fragentyp für die Lehr-Lern-Management-Plattformen Ilias und Moodle, welcher als kostenfreies Plugin integriert werden kann. STACK-Aufgaben grenzen sich von anderen Aufgabentypen durch ein Computer-Algebra-System (CAS) ab, welches eine Vielzahl an Vorteilen bietet. Durch das CAS kann eine Eingabe auf algebraische Äquivalenz zu einer vorgegebenen Lösung verglichen und so auch gleichwertige Antworten entsprechend als korrekt bewertet werden. Aus dem CAS resultieren diverse Möglichkeiten und Funktionen von STACK, wie zum Beispiel die Verwendung von randomisierten Parametern für individualisierte Aufgaben. Mai et al. (2021) bieten in ihrer Veröffentlichung einen umfassenden Überblick zu den Einsatzmöglichkeiten von STACK-Aufgaben in Physik-Mathematikkursen und diskutieren einige Vor- und Nachteile dieses Aufgabentyps.

An der Fakultät für Physik und Geowissenschaften der Universität Leipzig werden seit 2021 STACK-Aufgaben in der grundständigen Lehre eingesetzt. Die Aufgaben wurden zunächst durch die Modulverantwortlichen erstellt. Bereits während der Erstellung der Aufgaben wurden hierbei differenziertes Feedback zu den Aufgaben und die Bewertung von Folgefehler einprogrammiert. Nach der Bearbeitung der Aufgaben durch die Studierenden werden/wurden die abgegebenen Lösungen analysiert und typische Fehler identifiziert. Anhand dieser Fehlerbilder wurden weitere persönliche Feedbackausgaben erstellt, welche bei der zukünftigen Bearbeitung der Aufgaben auf die entsprechenden Fehler hinweisen (siehe Abb. 1). Gleichzeitig wurde die Folgefehlerbewertung angepasst.

2. STACK-Aufgaben als Übungsaufgaben

Der Einsatz von STACK-Aufgaben ermöglicht für Studierende, als auch für Lehrende an vielen Stellen Vereinfachungen und Vorteile. Durch das CAS können Variablen in die Aufgaben eingebaut werden, welche aus einem vorgegebenen Zahlenbereich zufällig Werte annehmen. Dies ermöglicht individuelle Aufgaben für alle Studierenden bei gleichem Lösungsschema. Mittels einer geschickten Wahl des Zahlenmaterials kann sichergestellt werden, dass der Rechenaufwand für alle Lernenden vergleichbar ist. Nach der Bearbeitung einer Aufgabe erhalten die Lernenden, je nach gewünschter Einstellung durch die Lehrperson, ein sofortiges oder zeitversetztes Feedback zu ihrer Lösung. Das Feedback beinhaltet dabei individuelle Hinweise zu gemachten Fehlern, was sich positiv auf den Lernprozess auswirkt (Hattie, 2009). Insbesondere der kurze Zeitraum zwischen Abgabe und Feedback trägt zu einer Reflexion und Lernzuwachs bei (Kerres et al., 2013). Durch die Einbindung in ein Lern-Management-System erhalten Lehrende zudem ein direktes Feedback über richtig beziehungsweise falsch bearbeitete Aufgaben je Student:in und können die folgenden Lehrveranstaltungen entsprechend der Ergebnisse anpassen. Dies kann zum Beispiel durch das Aufgreifen von Fehlkonzepten erfolgen oder durch die Besprechung von Aufgaben mit einer hohen Fehlerquote. In den naturwissenschaftlichen Studiengängen spielt neben der algebraischen Lösung eines Problems auch die Angabe der

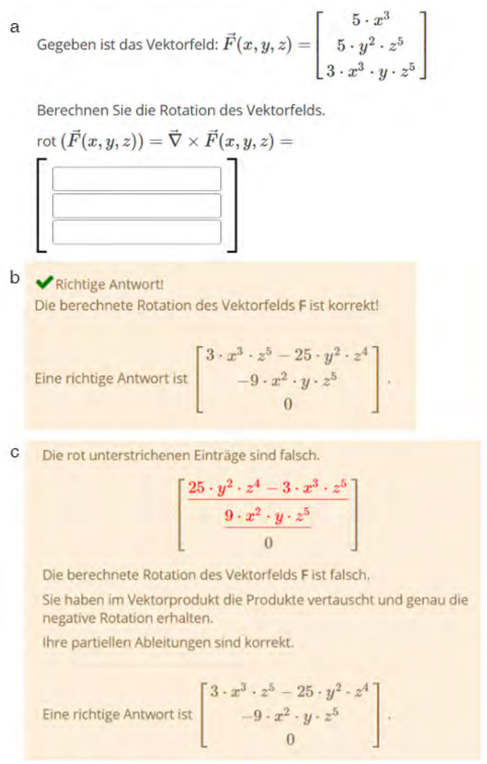

Abb. 1: Beispiel für eine Frage im STACK Format.
a) Aufgabenstellung mit einem randomisierten Vektorfeld.
b) persönliches Feedback für eine korrekte Abgabe.
c) persönliches Feedback bei einer falschen Eingabe.

korrekten Einheit eine Rolle. Eine solche Eingabe und der Vergleich von Einheiten sind durch STACK ebenfalls möglich. Das System überprüft die Eingabe und kann zwischen verschiedenen Einheiten differenzieren. Beispielsweise kann geprüft werden, ob eine eingegebene Energie in Joule der Lösung in Elektronenvolt entspricht (siehe Abb. 2).

Für das Erstellen der Aufgaben sind rudimentäre Programmierfähigkeiten in „Maxima“ und Kenntnisse im Umgang mit Programmierumgebungen nötig. Bei MINT-Studierenden sind diese Kenntnisse in der Regel erwartbar. Die Erstellung erfolgt durch einfache Befehle und ist nach einer Einarbeitungsphase meist schnell möglich und auch an studentische Hilfskräfte übertragbar. Zusätzlich gibt es mehrere frei zugängliche Anleitungen und Tutorials (Lowe et al., 2019), welche bei der Umsetzung helfen. Wenn eine Aufgabe erstellt wurde, kann diese mittels Exportfunktion heruntergeladen und unter Dozierenden ausgetauscht werden. Durch das automatische Feedback sind Korrekturarbeiten nicht mehr nötig. Einzig muss in eine effektive Nachbearbeitung der Aufgaben und des Feedbacks für eine kontinuierliche Qualitätssicherung investiert werden, was sich nach mehrmaligem Einsatz der jeweiligen Aufgaben minimiert. Im Vergleich zu den normalen Korrekturen ist dies ressourcenschonend und eine Senkung des Zeitaufwands.

Für die Studierenden sind keine Programmiersprache und -kenntnisse nötig. Durch Hinweise im Aufgabentext können bei nicht intuitiven Eingaben, wie einer Wurzel, Fehler vermieden werden. Nach der Eingabe wird eine Vorschau angezeigt, was Eingabefehler minimiert (siehe Abb. 2). Ein weiterer Vorteil der STACK-Aufgaben besteht im längerfristigen Nutzen der Aufgaben für Studierende während der Prüfungsvorbereitung und auch nach dem Modulende. Durch die

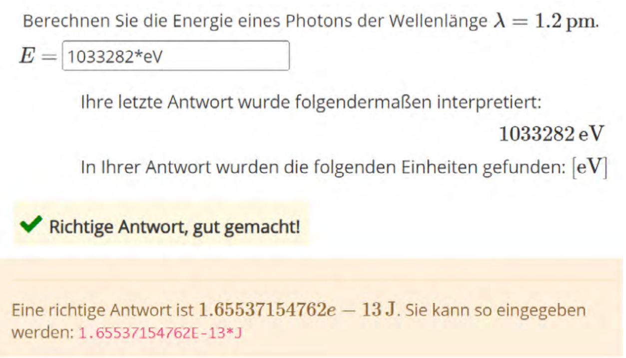

Abb. 2: Beispiel für eine Frage im STACK Format mit Vorschau der Eingabe und einer richtigen Wertung der Antwort in einer anderen Einheit als die Musterlösung. Die Wellenlänge des Photons ist dabei randomisiert.

Randomisierung ist es möglich, dass sie die Übungsaufgaben mit anderem Zahlenmaterial erneut bearbeiten. Dabei erhalten sie für ihre neue Aufgabe entsprechendes Feedback. Die Lehrperson kann hierbei selbst entscheiden, ob und wenn ja zu welchem Zeitpunkt die Aufgaben für die erneute Bearbeitung freigeschaltet werden. Die Randomisierung vermeidet, dass sie die gleichen Aufgaben erneut lösen oder auf andere Aufgaben ohne gezieltes Feedback zurückgreifen. Ohne gezieltes Feedback/Lösungen bleiben bestimmte Fehler möglicherweise unerkannt und der Lernprozess wird gehindert. Durch programmierte Bedingungen oder durch zum Beispiel moodleeigene Instanzen können Aufgabenkomplexe erstellt werden, welche je nach Antwort der Studierenden individualisiert im Schwierigkeitsgrad ansteigen.

3. Methodik

Zur ersten Untersuchung von STACK-Aufgaben als Übungsaufgaben wurde eine Befragung der Studierenden durchgeführt. Im Modul „Mathematische Methoden – Methoden der klassischen Physik“ wurden nur STACK-Aufgaben als Übungsaufgaben eingesetzt. Dieses ist ein Pflichtmodul für die Studiengänge B. Sc. Physik und B. Sc. Meteorologie. Nach der Prüfung wurde den Studierenden des Moduls ein digitaler Fragebogen zugesendet, welcher anonym ausgefüllt werden sollte. Mit einer vierstufigen Likert-Skala wurde die Sichtweise der Studierenden zu mehreren Aspekten der STACK-Aufgaben erfasst.

Neben der studentischen Sichtweise ist auch die Betrachtung der Prüfungsergebnisse ein Indikator für den erfolgreichen Einsatz von STACK-Aufgaben. Der Vergleich der Studierendenleistungen nach der Bearbeitung von STACK-Aufgaben gegenüber „klassischen“ Aufgaben auf Papier erfolgte mittels zweier Kohorten. Infolge der Gleichberechtigung aller Studierenden konnten dafür nicht die Teilnehmenden eines Moduls in zwei Gruppen aufgeteilt werden. Stattdessen wurden für den Vergleich die Teilnehmenden eines Moduls mit STACK-Aufgaben mit denen eines Moduls mit „klassischen“ Aufgaben betrachtet. Im Studiengang B. Sc. Physik wurden im Modul „Mathematische Methoden“ im Wintersemester 2022/2023 STACK-Aufgaben eingesetzt. Als Kontrollgruppe dienen die Studierenden des Studiengangs Lehramt Physik im Modul „Experimentalphysik und ihre mathematischen Methoden EP1 - Mechanik“ aus den Wintersemestern 2021/2022 und 2022/2023, welche „klassische“ Aufgaben lösen mussten. In der Kontrollgruppe liegt der Fokus der Lehrveranstaltung neben der Mathematik vor allem auf physikalischen Themen. Dies führt zu einer Limitation des Vergleichs. Beide Module sind Pflichtmodule des ersten Semesters, in welchen die Übungsaufgaben wöchentlich abgegeben werden müssen. Für einen exemplarischen Vergleich wurden die Klausuraufgaben zum Thema komplexe Zahlen betrachtet. Dieses mathematische Gebiet gilt als nicht voraussetzbar für ein Physikstudium und wird in der Regel in fast keinem deutschen Bundesland behandelt (Konferenz der Fachbereiche Physik 2011). Aus diesem Grund wird das Thema in beiden betrachteten Modulen eingeführt. Es ist jedoch nicht auszuschließen, dass Studierende vor dem Studium bereits Wissen zum Thema komplexe Zahlen besitzen. Des Weiteren wurden auch Wiederholer:innen der Module mit in die Ergebnisse einbezogen, welche infolge ihrer Studienbiographie unterschiedliche Vorkenntnisse besitzen. Hierbei wurde nicht geprüft, dass alle betrachteten Studierenden zum ersten Mal sowohl den Inhalt als auch die Durchführung des STACK-Moduls erfahren haben. In der Kontrollgruppe wurde das Thema der komplexen Zahlen in einer Lehrveranstaltung von 45 Minuten behandelt. In der Kohorte mit STACK-Aufgaben wurden die komplexen Zahlen in einer 90-minütigen Vorlesung mit anderen Themen zusammen in einem vergleichbaren Umfang wie in der Kontrollgruppe eingeführt. In beiden Modulen wurden im Laufe des Semesters entsprechend Übungsaufgaben in vergleichbarem Umfang gestellt. Die Klausuraufgaben waren nicht identisch, aber beinhalteten die gleichen Operationen und die gleiche Komplexität. Identische Klausuraufgaben waren wegen des zeitlichen Versatzes der Klausuren nicht möglich. Für beide Kohorten fand die Klausur als schriftliche Präsenzprüfung mit einer Abgabe in Papierform statt.

4. Ergebnisse und Diskussion

Die Befragung wurde von 35 % der Studierenden (N=31), welche am Modul teilgenommen haben, ausgefüllt und abgegeben. In der Umfrage gaben 82 % an, dass sie sehr gut oder eher gut mit der Eingabe der Lösung im STACK-Format

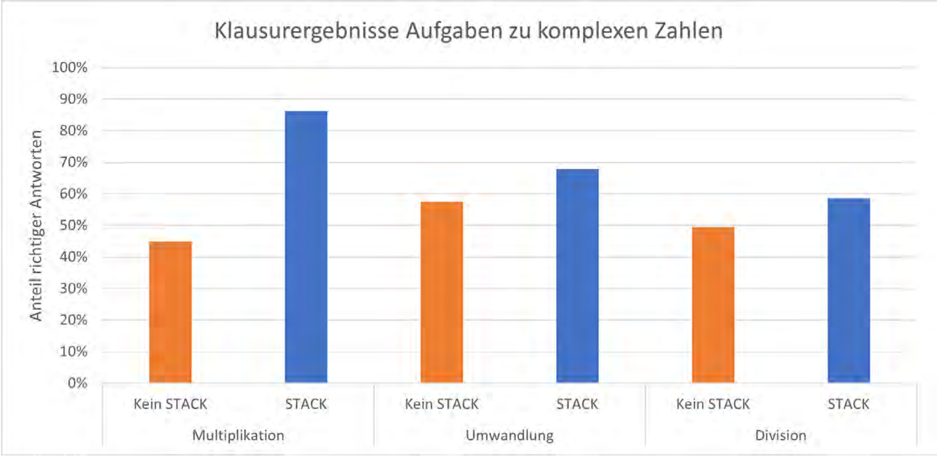

Abb. 3: Dargestellt ist der Anteil richtig gelöster Aufgaben zum Thema komplexe Zahlen in drei Aufgabenfeldern. Die Aufgaben waren Teil von Modulabschlussprüfungen im ersten Semester zweier unterschiedler Module. Die Übungsaufgaben zu den komplexen Zahlen wurden in einem Modul mit (N=87) und in dem anderen ohne STACK (N=101) gestellt.

zurechtgekommen sind. Als Vorteil der Aufgaben gaben sie die Möglichkeit des wiederholten Lösens mit neuer Randomisierung vor den Prüfungen an. Im Gegensatz zur verpflichtenden Bearbeitung der Übungsaufgaben liegt die Wiederholung der Aufgaben vor der Klausur in der Eigenverantwortung der Studierenden und kann nur schwer durch die Dozierenden gefördert werden. Insgesamt gab nur eine Person an, dass sie die Aufgaben nicht im Vorfeld der Klausur erneut gelöst hatte. Die gleiche Person gab ebenso an, dass sie die Klausur nicht bestanden hat. 39 % der Teilnehmenden äußerten, die Aufgaben mehrfach vor der Klausur wiederholt zu haben. Dieses Ergebnis deckt sich auch mit der Frage, ob sich die Lernenden auf die Klausur durch die STACK-Aufgaben vorbereitet fühlten. Dies bejahten 79 % der Befragten und gaben dies auch mehrfach in einem Freiantwort-Feld am Ende an. Der Einsatz von digitalen Aufgaben ist nicht nur in mathematischen Modulen geplant. Aus diesem Grund wurden die Studierenden nach ihrer Meinung zum weiteren Einsatz von STACK-Aufgaben im Studium gefragt. Hier gaben 29 % der Studierenden an, dass sie keinen weiteren Einsatz wünschen. Anhand der Freitextantworten konnten hierfür zwei Hauptkritikpunkte identifiziert werden: Zum einen waren dies Unklarheiten bei der Eingabe und zum anderen die fehlende Bewertung des Rechenwegs. Mittels eines kleinen Handbuchs zur Eingabe in STACK konnte dem ersten Punkt bereits entgegenwirkt werden. Es sei hier allerdings auch erwähnt, dass die Eingabe im CAS-Format die Studierenden auch auf die Nutzung einschlägiger Analyseprogramme am Fachbereich Physik vorbereitet. So könnte möglicherweise ein positiver Effekt für Praktika und Abschlussarbeiten erzielt werden. Für den zweiten Kritikpunkt der Überprüfung des Rechenwegs sind aktuell Lösungsansätze in Arbeit. So ist die Vorgabe von mehreren Eingabefeldern eine Möglichkeit, jedoch besteht die Gefahr, dass der Lösungsweg dadurch zu sehr vorgegeben wird und alternative Wege wegfallen. Je nach gewünschtem Lerneffekt oder Schwierigkeitsgrad können Zwischenschritte bewusst abgefragt oder auch weggelassen werden.

Neben der Befragung wurden auch die Prüfungsergebnisse ausgewertet. Es zeigt sich, dass die Kohorte mit STACK in allen drei Aufgaben besser als die Kontrollgruppe abschloss (siehe Abb. 3). Bei der Umwandlung zwischen Normal- und Exponentialform sowie der Division zeigten beide Kohorten ähnliche Leistungen. In den Aufgaben zur Multiplikation unterscheiden sich die beiden Kohorten deutlich. Woher dieser Unterschied kommt, lässt sich anhand der Klausurergebnisse nicht sicher ableiten. Ein möglicher Erklärungsgrund könnte der geteilte Fokus der Kontrollgruppe auf Mathematik und Physik sein, wogegen das beobachtete Modul mit STACK-Aufgaben sich nur auf die Mathematik fokussiert.

Anhand der Daten aus den Prüfungen ist erkennbar, dass die Modulteilnehmenden mit STACK in der Klausur im betrachteten Themenbereich der komplexen Zahlen vergleichbar bzw. tendenziell besser abschnitten.

Die Befragung zeigt, dass der Einsatz von STACK bei den Studierenden in größeren Teilen auf Zustimmung trifft und für sie auch die Eingabe keine Hürde darstellt. Es wird auch deutlich, dass nicht alle Studierenden mit den STACK-Aufgaben zufrieden sind und etwa 30 % sich keinen weiteren Einsatz wünschen. Mit den Ergebnissen zu den komplexen Zahlen im Vergleich der Klausuren und der mehrheitlichen studentischen Zustimmung in der Umfrage nach dem Modul deutet sich ein positiver Einfluss von STACK-Aufgaben auf das untersuchte Modul an. Damit bietet sich STACK als ein digitales Werkzeug für die MINT-Lehre an. Um diese Aussagen zu bestätigen und valider zu fundieren, ist eine weitere Beforschung des Aufgabenformats nötig.

Literatur

Hattie, J. (2009): Visible learning. A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement. London: Routledge.

Kerres, M.; Breimeier, J.; Bonertz, T. (2013): Mediendidaktik. Konzeption und Entwicklung mediengestützter Lernangebote. 4., überarbeitete und aktualisierte Auflage. Munich, Germany: Oldenbourg Wissenschaftsverlag.

Konferenz der Fachbereiche Physik (2011): Empfehlung der Konferenz der Fachbereiche Physik zum Umgang mit den Mathematikkenntnissen von Studienanfängern der Physik. Online verfügbar unter https://www.kfp-physik.de/dokument/KFP-Empfehlung-Mathematikkenntnisse.pdf, zuletzt aktualisiert am 2012.

Lowe, T.; Sangwin, Ch.; Jones, I. (2019): Getting started with STACK. Online verfügbar unter https://docs.stack-assessment.org/en/, zuletzt aktualisiert im Juli 2019, zuletzt geprüft am 17.05.2023.

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.

Sangwin, C. J. (2013): Computer Aided Assessment of Mathematics. Oxford: OUP Oxford. Online verfügbar unter https://ebookcentral.proquest.com/lib/kxp/detail.action?docID=1173592, zuletzt geprüft am 17.05.2023.