

Ahmad Asali<sup>1</sup>  
 Sebastian Staacks<sup>1</sup>  
 Christina Lüders<sup>1</sup>  
 Heidrun Heinke<sup>1</sup>

<sup>1</sup>RWTH Aachen University

## Möglichkeiten zur Online-Selbsteinschätzung im Physikstudium

**Motivation** Eine typische Physik-Lehrveranstaltung (LV) im ersten Bachelorstudienjahr an der RWTH Aachen ist so aufgebaut, dass die Studierenden wöchentlich Vorlesungen und Übungen jeweils im Umfang von 4 bzw. 2 Semesterwochenstunden besuchen. Die LVen Experimentalphysik 1 und 2 werden von Studierenden der Bachelorstudiengänge Physik, Lehramt Physik sowie Informatik und Mathematik mit Nebenfach Physik besucht. Vor den durch COVID-19 verursachten Änderungen wurden wöchentliche Übungen in Gruppen von 2 bis 3 Studierenden bearbeitet und eingereicht. Beim Erreichen einer Mindestpunktzahl für die Übung im Verlauf des Semesters wird ein Studierender zur Klausur zugelassen. Seit einigen Jahren sind die Erfolgsquoten für die Teilnahme an den Klausuren zur Experimentalphysik 1 und 2 relativ niedrig gewesen (Abb. 1). Die Abbildung illustriert, dass hierzu drei Effekte beitragen: Nicht alle aktiven Studierenden erhalten eine Zulassung zur Klausur, nicht alle zugelassenen Studierenden schreiben die Klausur, und nicht alle Klausurteilnehmer bestehen die Klausur.

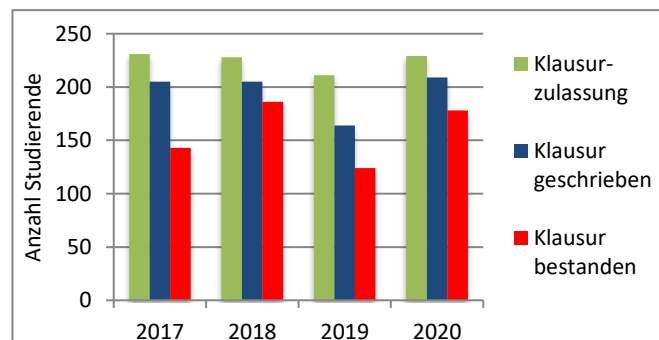


Abb. 1, Die Anzahl der Studierenden, die zur Klausur zugelassen wurden (grün), die die Klausur geschrieben haben (blau) und die die Klausur bestanden haben (rot), am Beispiel der LV Experimentalphysik 2 (Sommersemester).

**Konzept** Von semesterbegleitenden Online-Selbsttests (im Folgenden auch als E-Test bezeichnet) wird erwartet, dass sie auf verschiedene Weise zur Erhöhung der Bestehensquote von Klausuren beitragen können. Sie können Studierende zu einer kontinuierlichen semesterbegleitenden Beschäftigung mit dem Vorlesungsstoff motivieren (Erhöhung der Anzahl der zur Klausur zugelassenen Studierenden), für die Studierenden Selbstvertrauen schaffen (Erhöhung der Anzahl der Klausurteilnahmen) und das fachliche Verständnis der Studierenden fördern (Erhöhung der Anzahl der bestandenen Klausur). Somit können die Online-Selbsttests helfen, die in Abb. 1 illustrierten Effekte, die zu einer niedrigen Bestehensquote der Klausuren führen, abzumindern. Lenz et al. zeigen exemplarisch für eine Vorlesung zu Datenbanken, dass begleitende E-Tests in Kombination

mit Anreizsystemen zur Nutzung der E-Tests zu einer Senkung der Durchfallquoten geführt haben (Lenz et al., 2020).

Das Ziel der hier beschriebenen Entwicklungsarbeit war, eine effektive Möglichkeit zur digitalen Selbsteinschätzung der Studierenden in einer Anfängervorlesung zur Experimentalphysik 2 im zweiten Semester zu schaffen. Der Fokus lag dabei auf E-Tests über die Plattform Moodle. Nicht beschrieben sind die zusätzlichen Online-Tutorien sowie eine Probeklausur mit digitalem und anonymem Peer-Review-Prozess.

Wichtige Vorteile der angebotenen E-Tests sind wie folgt:

- Ihr Einsatz kann parallel zur LV stattfinden, wobei der Aufwand für Dozierende, insbesondere bei der Nutzung bereits vorliegender E-Tests gering bleibt.
- Die E-Tests können leicht bearbeitet und geändert werden, so dass eine hohe Akzeptanz bei wechselnden Dozierenden erwartet wird. Sie sind immer und über allen gängigen Browsern verfügbar und bei Bedarf beliebig oft wiederholbar. Die Bewertung erfolgt automatisch und die Teilnehmenden erhalten eine sofortige Rückmeldung zu ihrer Leistung.
- Die E-Tests können als eine freiwillige Einschätzungsmöglichkeit angeboten werden, aber auch als Teilkriterium für die Klausurzulassung oder -note.
- Die E-Tests können eine große Anzahl von Aufgaben beinhalten (Aufgabensammlung), so dass jeder Studierende bei jedem E-Test zufällig zugewiesene Aufgaben zu einem Thema erhält (auch bei Wiederholung). Bird und Rathmann zeigten, dass man auf diese Weise die mathematischen Rechenfähigkeiten von Erstsemesterstudierenden verbessern kann (Bird und Rathmann 2019).
- Nicht nur die Auswahl der Fragen, sondern auch die Reihenfolge der Fragen und der Antworten im Multiple-Choice-Format kann randomisiert erfolgen.
- Die E-Tests können zur Überprüfung des Wissensstands, zur Wiederholung von Begriffen, aber auch zur Schulung von Rechentechniken eingesetzt werden.
- Es ist bei Rechenfragen möglich, die Zahlenwerte, Funktionen, Vektoren oder Matrizen dynamisch ändern zu lassen. In diesem Fall bleibt das Niveau einer Frage gleich, aber das numerische Ergebnis ändert sich.
- Über die Jahre kann die Aufgabensammlung sukzessiv ausgebaut werden.
- Es besteht die Möglichkeit, die entwickelten Aufgabensammlungen unter unterschiedlichen Dozenten und Fachgruppen, aber auch verschiedenen Hochschulen auszutauschen. Die Autoren haben Aufgabensammlungen aus der Fachgruppe Mathematik der RWTH Aachen sowie aus der TU Darmstadt erhalten.

Zu den wichtigsten Nachteilen von E-Tests gehört die häufig niedrige Komplexität im Vergleich zu typischen Klausuraufgaben, die zu einer Überschätzung der Fähigkeiten eines Studierenden führen kann. Andererseits zeigte sich, dass computergestützte Tests gegenüber vergleichbaren Paper-Pencil-Tests signifikant schlechter ausfielen, was auf negative Effektivität durch das verwendete Medium hindeutet (Backes et al., 2018). Zudem sind bei den hier eingesetzten E-Tests die Feedbacks oft allgemein und nicht spezifisch für jede mögliche Antwort. Das kann bewirken, dass ein Studierender bei falscher Lösung nicht unterscheiden kann, ob er nur an kleinen Rechenfehlern, oder an grundlegend falschen physikalischen Vorstellungen bei der Aufgabenlösung gescheitert ist.

**Umsetzung** Im Sommersemester 2020 wurden 23 E-Tests angeboten, die über 400 Aufgaben erhielten. Dabei wurden 7 Aufgabentypen benutzt: Multiple-Choice Fragen,

STACK-Fragen (Sangwin 2013), Lückentexte, Rechenaufgaben, Drag-&-Drop- und Zuordnungsaufgaben sowie Freitext-Aufgaben mit einem Kurzantwortfeld. Aufgaben, deren Antwort eine mathematische Schreibweise benötigte, wurden mithilfe von STACK erstellt. Dabei handelt es sich um ein Open Source Plugin für Moodle. STACK erlaubt es den Nutzern, Zahlen, Parameter, Funktionen, griechische Buchstaben, Wurzeln, Ableitungen, Potenzen, Vektoren und Matrizen im Eingabefeld zu schreiben. Besonders wertvoll ist dabei, dass STACK die eingegebene Antwort des Nutzers in Echtzeit durch mathematische Symbole zeigt, so dass der Nutzer sofort erkennen kann, ob das System seine Eingabe so versteht, wie er diese gemeint hat. Außerdem werden die Schreibweisen mit einer falschen Syntax durch Fehlermeldungen gekennzeichnet. Diese Prüfmöglichkeit reduziert die Wahrscheinlichkeit, dass die Antwort eines Nutzers rein auf Grund der Schreibweise als falsch bewertet wird. Nichtsdestotrotz benötigt STACK eine spezifische Schreibweise, die sich auch von der weitverbreiteten LATEX Notation unterscheidet. Deshalb sollten die Nutzer vor dem Test in die Schreibweise eingewiesen werden.

Prinzipiell haben alle Aufgabentypen in Moodle-Tests die Funktion einer automatisierten Bewertung der Abgaben. Das Plugin STACK erlaubt jedoch eine komplexere und detailliertere Struktur für die Bewertung und das Feedback, besonderes durch einen so genannten Rückmeldebaum. Hier kann man die Abgabe eines Nutzers in mehreren Schritten beurteilen und bewerten. Beispiel: Matrizen A und B sind gegeben. Der Teilnehmer soll die Matrix C berechnen, so dass  $AC=B$ , und den größten Eigenwert von C finden. Das sind zwei unterschiedliche Rechentechniken. Falls der Teilnehmer die Matrix C falsch berechnet, wird er auch den falschen Eigenwert finden. Man kann die Bewertung so einstellen, dass das System den Eigenwert der vom Nutzer angegebenen Matrix  $C^*$  errechnet und erkennt, ob der vom Nutzer errechnete Eigenwert für seine Matrix  $C^*$  richtig war oder nicht.

**Erste Evaluation und Ausblick** Die E-Tests wurden über 2000-mal von 178 Studierenden bearbeitet (Wiederholungen nicht gezählt). 102 Studierende haben an mehr als 7 E-Tests (d.h. über 1/3) teilgenommen. Am Ende des Sommersemesters 2020 wurden die Studierenden in einer Online-Umfrage befragt, wie hilfreich sie die E-Tests fanden (Skale 1 bis 5) und ob sie Kommentare zu den E-Tests haben (Freitext). An der Umfrage haben 83 Studierende teilgenommen. 32% davon fanden die E-Tests „sehr hilfreich“ (5 aus 5) und 48% fanden sie „eher hilfreich“ (4 aus 5). Die zwei am häufigsten erwähnte Probleme waren einerseits die komplizierte Schreibweise in STACK-Aufgaben und andererseits, dass sich zu viele Aufgaben auf Wiederholungen bezogen haben statt auf ein physikalisches Verständnis des Vorlesungsstoffs. Basierend auf dieser Umfrage und dem Feedback der Dozierenden fokussieren wir im nächsten Semester auf die folgenden Punkte:

- Die Aufgaben sollen noch dynamischer und abwechslungsreicher gestaltet werden.
- Es soll eine einfachere Schreibweise im Eingabefeld ermöglicht werden, indem die Fragestellungen angepasst bzw. andere mögliche Funktionen von STACK verwendet werden.
- Die Anzahl der Aufgaben soll weiter erhöht werden, damit die Studierenden bei einer Wiederholung eines E-Tests nicht die gleichen Aufgaben gestellt bekommen.
- Der Austausch der Fragensammlung mit anderen Fachgruppen und Universitäten soll verstärkt werden.

**Literatur**

- Backes, B. & Cowan, J. (2018). Is the Pen Mightier Than the Keyboard? The Effect of Online Testing on Measured Student Achievement. CALDER Working Paper No. 190, American Institute for Research, April 2018.
- Bird, A., Rathmann, W. (2019). Online-Trainingscenter Rechenfertigkeiten. In: Contributions to the 1st International STACK conference 2018. Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg: Fürth, Germany. DOI 10.5281/zenodo.2563076.
- Lenz, R., Haller, D., Wahl, A. (2020). Maßnahmen zur Verbesserung der Effektivität von Blended Learning bei Datenbank-Vorlesungen. In: Zender, R., Ifenthaler, D., Leonhardt, T. & Schumacher, C. (Hrsg.), DELFI 2020 – Die 18. Fachtagung Bildungstechnologien der Gesellschaft für Informatik e.V. Bonn: Gesellschaft für Informatik e.V. (S. 223-228).
- Sangwin, C. (2013). Computer aided assessment of mathematics. Oxford: Oxford University Press.