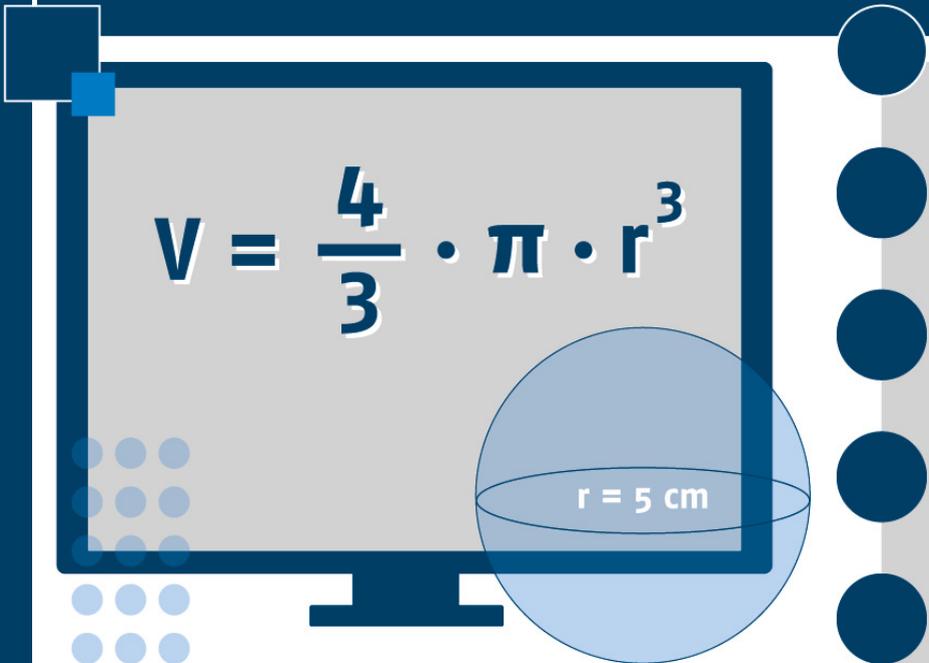


Eckhard Liebscher, Reinhold Hübl, Jochen Merker,  
Benjamin Wacker (Hrsg.)

Tagungsband

## **Digitale Lehre im Rahmen der Grundlagenausbildung in MINT-Fächern an Hochschulen**

Didaktische Integration von digitalen Medien und  
E-Learningsystemen in Lehrveranstaltungen



Eckhard Liebscher, Reinhold Hübl, Jochen Merker,  
Benjamin Wacker (Hrsg.)

Tagungsband

**Digitale Lehre im Rahmen der Grundlagenausbildung  
in MINT-Fächern an Hochschulen**

Didaktische Integration von digitalen Medien und  
E-Learningsystemen in Lehrveranstaltungen

26. & 27.09.2022 an der Hochschule Merseburg

## **Impressum**

© 2023 Eckhard Liebscher, Reinhold Hübl, Jochen Merker, Benjamin Wacker (Hrsg.)

Hochschule Merseburg  
Hochschulverlag

DOI: <http://dx.doi.org/10.25673/103431>

Cover & Layout: Julia Seidler

Redaktionelle Bearbeitung: Hochschulverlag Dr. Frank Baumann

# Inhaltsverzeichnis

---

<b>Vorwort</b>	<b>5</b>
<b>1. Digitale Mathematikangebote der DHBW Mannheim: Ein Rück- und Ausblick</b>	<b>10</b>
<i>Reinhold Hübl, David Obermayr, Marc Peterfi, Miriam Weigel</i>	
<b>2. Digitale Fragetypen in der Mathematik: Einsatz des Fragetyps STACK an der DHBW Mannheim</b>	<b>27</b>
<i>Reinhold Hübl, David Obermayr, Marc Peterfi, Miriam Weigel</i>	
<b>3. Das digitale Mathematik-Lernzentrum der Hochschule Magdeburg-Stendal und seine Integration in die Grundlagen-Lehrveranstaltungen Mathematik</b>	<b>44</b>
<i>Reik V. Donner, Gozel Judakova, Oleg Boruch Ioffe, Klaas Brandt, Lisa König</i>	
<b>4. Feedback für Lehrende anhand von Testergebnissen aus einem ILIAS-Kurs der Hochschule Merseburg</b>	<b>65</b>
<i>Kristina Helle, Benjamin Wacker, Eckhard Liebscher</i>	
<b>5. Adaptive Mathematik-Onlinetrainings zur Lernunterstützung</b>	<b>81</b>
<i>Gerhard Götz</i>	
<b>6. E-Assessment in MINT-Fächern: Coden von Übungsaufgaben mit Python &amp; Jupyter</b>	<b>96</b>
<i>Jochen Merker, Heike Hain, Konrad Schöbel, Paul Brassel</i>	
<b>7. Über den Einsatz digitaler Aufgaben an der Hochschule Ruhr West</b>	<b>110</b>
<i>Klaus Giebertmann</i>	
<b>8. Die Materialität analog-digitaler Schnittstellen: Usability-Testung stift-basierter Eingabegeräte für E-Assessment-Szenarien</b>	<b>127</b>
<i>Nadine Hahm, Erik Morawetz, Andreas Thor</i>	
<b>9. Von den mathematischen Fertigkeiten zur Anwendung: digitale Aufgaben und digitale Labore</b>	<b>149</b>
<i>Luise Stromeyer, Andreas Zeiser</i>	
<b>10. Automatisierte Durchführung und Auswertung von ingenieurwissenschaftlichen Online-Praktika in Messtechnik</b>	<b>168</b>
<i>Silvio Hund, Maik Wolf, Mathias Rudolph</i>	

## Vorwort

---

*Liebe Teilnehmerinnen und Teilnehmer des Workshops,*

*Liebe Leserinnen und Leser,*

der Workshop zur digitalen Lehre in den MINT-Fächern liegt schon eine Weile zurück. Der vorliegende Tagungsband enthält nun Beiträge in gedruckter Form zu einer Reihe von Vorträgen, die auf dem Workshop gehalten wurden. Nach fast 3 Jahren der Corona-Pandemie war es ein Anliegen des Workshops, sich einmal in Präsenz über die neuesten Entwicklungen in der digitalen Lehre in den MINT-Fächern auszutauschen. Das persönliche Aufeinandertreffen und der Erfahrungsaustausch der Kolleginnen und Kollegen von Hochschulen und Universitäten war für die Teilnehmerinnen und Teilnehmer eine große Bereicherung. In den letzten 2 Jahren wurden in den Lehreinrichtungen umfangreiche Anstrengungen zum Aufbau bzw. der Weiterentwicklung der digitalen Lehre unternommen. Die dazu auf dem Workshop präsentierten Lösungen und Erkenntnisse sind es wert, in diesem Band vorgestellt zu werden. Im Laufe der kommenden Semester wird die Ausgestaltung dieser Elemente und deren Einbindung in die Präsenzlehre der entwickelnden Hochschule im Fokus stehen. Mit dem Workshop wurde zudem die Hoffnung verbunden, dass auch in der Zukunft unter den Kolleginnen und Kollegen die Erfahrungen mit der digitalen Lehre intensiv ausgetauscht werden.

Die Hochschulen und Universitäten stehen derzeit vor dem Problem, dass die Studierenden zu Beginn des Studiums einen sehr unterschiedlichen Stand hinsichtlich der Fähigkeiten in den MINT-Fächern aufweisen. Den Fächern Mathematik und Physik kommt hierbei eine besondere Rolle zu. Den lückenhaften Fähigkeiten in diesen Fächern kann durch eine entsprechende Gestaltung der Lehre entgegengewirkt werden. Die Einbindung von digitalen Elementen in die Lehre unter Verwendung von E-Learningsystemen erweist sich dabei als vorteilhaft. Welche didaktischen

Methoden sind für diese Integration einzusetzen? Das wurde auf dem Workshop ausgiebig diskutiert. Lösungsansätze dazu werden in diesem Tagungsband beschrieben. Alle eingereichten Beiträge wurden begutachtet. Die Inhalte der einzelnen Beiträge sollen nun kurz vorgestellt werden.

Die im Verbundprojekt optes (Optimierung der Selbststudiumsphase) und in den darauf aufbauenden Projekten gewonnenen Erkenntnisse sind Gegenstand des Artikels der Lehrenden und Mitarbeitenden der Dualen Hochschule Baden-Württemberg in Mannheim. Die entstandenen Lernmaterialien können von den Studierenden wahlweise im Selbststudium (in der Studienvorbereitung und studienbegleitend) genutzt oder innerhalb eines modularen Angebotes, bestehend aus Präsenzkursen und dem online stattfindenden Kurs „Betreutes eLearning“, verwendet werden. Neben klassischen Fragentypen wie Single Choice- und Lückentext-Fragen wird dabei auch verstärkt der Fragentyp STACK verwendet. Das Thema der Gestaltung und Implementierung von STACK-Aufgaben wird in einem weiteren Beitrag der Projektgruppe aus Mannheim aufgegriffen. Dabei wurde ein besonderes Augenmerk auf ein ausführliches und konstruktives Feedback gelegt. Die Onlinetests werden von den Studierenden intensiv genutzt. Eine qualitative Befragung ergab ein insgesamt positives Bild. Es ist vorgesehen, den Einsatz der STACK-Aufgaben auszuweiten und verstärkt auch in der digitalen Unterstützung von Vorlesungen einzusetzen.

Der Beitrag von der Hochschule Magdeburg-Stendal berichtet von einer Studie zum Auf- und Ausbau eines Selbstlernangebots für die Lehrveranstaltungen zur Mathematik in den Ingenieurwissenschaften. Erprobt wurde die systematische Verknüpfung von digitalen Übungsaufgaben sowie freiwilligen E-Assessments mit der Inverted Classroom Lehrveranstaltung Mathematik 2 im Bereich Bauingenieurwesen. Die Ergebnisse brachten erste interessante Hinweise auf die Motivation und Präferenzen

der Studierenden bei der Nutzung digitaler Lehrangebote sowie deren Effekte auf den Lernerfolg.

Die Lehrenden aus Merseburg berichten in ihrem Artikel von Ergebnissen und Erfahrungen beim Aufbau eines E-Learningsystem zur Grundlagenausbildung in Mathematik. Die durch die Nutzung der Online-Aufgabentests erhaltenen Ergebnisse wurden detailliert analysiert. Ihre Auswertung gibt Aufschluss über Lernerfolge und Lücken in den Fähigkeiten der Studierenden im Fach Mathematik. Die gewonnenen und im Beitrag erläuterten Erkenntnisse bieten den Dozierenden die Möglichkeit, die entsprechenden Lehrveranstaltungen so zu gestalten, dass der Lernprozess noch effektiver wird.

Um Lernenden eine flexible Form des vertieften Übens zu bieten, werden in den öffentlich geförderten Projekten DigikoS (Digitalbaukasten für kompetenzorientiertes Selbststudium) und optes+ adaptive Mathematik-Online Trainings entwickelt. Der Artikel von Professor Gerhard Götz von der Dualen Hochschule Baden-Württemberg in Mosbach befasst sich mit der Entwicklung eines entsprechenden Empfehlungssystems für mathematische Übungsaufgaben. Bei der Auswahl der nächsten zu bearbeitenden Aufgabe wird berücksichtigt, welche Aufgaben eine lernende Person zuvor wie beantwortet hat. Im System kommen drei verschiedene Arten von AI-Algorithmen zum Einsatz, um die Empfehlungen schrittweise zu verbessern und den Lernprozess zu optimieren.

Über die Entwicklung von E-Assessment-Tools für MINT-Fächer unter Verwendung von Jupyter Notebooks berichtet eine Projektgruppe aus Leipzig. Ungeachtet der rasanten Entwicklung weisen viele E-Assessment-Systeme noch Mängel hinsichtlich Bedienbarkeit, Skriptbarkeit, Flexibilität bei der Anpassbarkeit von Aufgaben sowie der Nutzung von (Datei-)Formaten und Adaptivität zur individuellen Begleitung des Lernprozesses mittels datengetriebener Zuweisung passender Aufgaben aus kuratierten Aufgabensammlungen an Lernende auf. Die Autoren erläutern, wie durch

das flexible Coden von Übungsaufgaben einige dieser Mängel beseitigt werden können. In diesem Artikel der Kolleginnen und Kollegen der Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig wird der aktuelle Stand beschrieben und es werden weitere Entwicklungsmöglichkeiten aufgezeigt.

Im vorliegenden Artikel von Professor Klaus Giebertmann (Hochschule Ruhr-West) werden verschiedene digitale Tools, deren didaktischer Einsatz in der Mathematik Grundlagenausbildung sowie deren Akzeptanz durch Studierende an der Hochschule Ruhr West vorgestellt. Diese Tools reichen von freiwilligen Ergänzungsaufgaben über digitale Übungsblätter bis hin zu Lernlandkarten. Ergänzt werden die Übungsaufgaben durch einen Chatbot, der hilft, die Vorlesungsinhalte in Form eines wöchentlichen Interviews nachzubereiten.

Ein weiterer Artikel von Mitarbeitenden der HTWK Leipzig widmet sich dem Feedback-basierten E-Assessment in Mathematik, Informatik und Ingenieurwissenschaften. Im Projekt wird das Ziel verfolgt, Studierende in der Phase des Wissenstransfers und Wissensfestigung bei der Erstellung von technisch-naturwissenschaftlichen Zeichnungen (TNZ) mittels eines E-Assessment-Systems zu aktivieren und damit die Lernmotivation und Kompetenzentwicklung zu unterstützen. Die hierbei angedachte technische Umsetzung beinhaltet zum einen eine Web-basierte Assessment-Umgebung mit automatisiertem Feedback und zum anderen ansprechende und leicht anwendbare Eingabegeräte für die Erstellung von TNZ. Die Studie liefert Erkenntnisse zur Gebrauchstauglichkeit der Lösung hinsichtlich der Technik und Nutzerfreundlichkeit für die Studierenden.

Digitale Aufgaben und digitale Labore dienen den Lehrenden aus Berlin von der Hochschule für Technik und Wirtschaft zur Förderung der Motivation der Studierenden für das Fach Mathematik. Dabei wird frühzeitig auf die Verknüpfung mit ingenieurtechnischen Inhalten gesetzt. Der

entsprechende Beitrag behandelt die Entwicklung digitaler Materialien, die in unterschiedlichen Lehr- und Lernszenarien und von allen Lehrenden eingesetzt werden können.

Der zehnte Artikel dieses Bandes wurde von Mitarbeitenden der Fakultät Ingenieurwissenschaften, Professur Industrielle Messtechnik, der HTWK Leipzig eingereicht. In ihrem Beitrag beschreiben sie die Entwicklung eines niederschweligen Angebots, um die Studierenden der Ingenieurwissenschaften zu befähigen, Praktikumsversuche in der Messtechnik - einschließlich der dafür notwendigen Vorbereitung und Auswertung - weitestgehend selbständig und unabhängig von der örtlichen Infrastruktur und der eigenen technischen Ausstattung durchführen zu können. Der verfolgte Lösungsansatz besteht in der Realisierung eines Fernzugriffs auf die für den Versuch notwendigen Laborgeräte sowie in der Entwicklung von E-Assessments. Auf der Basis beider Elemente werden klausur-, unterrichts- und versuchsvorbereitende Inhalte, die Versuchsdurchführung sowie die Anfertigung des Versuchsprotokolls online realisiert.

An dieser Stelle möchten wir uns bei allen am Workshop beteiligten Referentinnen und Referenten, aber auch bei den anderen Teilnehmerinnen und Teilnehmern für ihre engagierten Diskussionen bedanken. Der Dank geht auch an die Autoren dieses Bandes für ihre interessanten Beiträge und an Frau Julia Seidler für die gute Zusammenarbeit bei der Formatierung und der Erstellung des Layouts für den Tagungsband. Ein besonderer Dank gilt dem Direktor der Hochschulbibliothek in Merseburg, Herrn Dr. Baumann, der die Herausgabe der Publikation gefördert und unterstützt hat.

Wir wünschen Ihnen mit diesem Tagungsband eine interessante Lektüre.

*Eckhard Liebscher*

*Im Namen der Herausgeber*

# 1. Digitale Mathematikangebote der DHBW Mannheim: Ein Rück- und Ausblick

---

*Reinhold Hübl, David Obermayr, Marc Peterfi, Miriam Weigel*

*Fakultät Technik, Duale Hochschule Baden-Württemberg Mannheim*

## 1 Einleitung

Das Studium an der Dualen Hochschule Baden-Württemberg zeichnet sich durch einen ständigen Wechsel zwischen Theorie- und Praxisphasen aus und beginnt häufig mit einem betrieblichen Vorpraktikum. Diese Besonderheit erschwert die Studienvorbereitung für viele angehende Studierende, da eine Durchführung von Vorkursen am Studienort in der Regel nicht möglich ist. Aus diesem Grund wurde an der Fakultät Technik der DHBW Mannheim im Wintersemester 2010 mit dem Aufbau einer Online-Plattform zur Studienvorbereitung Mathematik begonnen. Gefördert 2012-2021 durch den Qualitätspakt Lehre wurde dieses digitale Angebot im Rahmen des Verbundprojekts optes (Optimierung der Selbststudienphase), schrittweise optimiert, erweitert, um Betreuungselemente ergänzt und wissenschaftlich begleitet.

Ausgangssituation der digitalen Studienvorbereitung Mathematik an der Fakultät Technik der DHBW Mannheim war, dass viele angehende Studierende nicht ausreichend auf die Anforderungen eines (MINT-) Studiums vorbereitet sind: Einerseits fachlich, und zwar im Bereich der Grundlagenmathematik, andererseits überfachlich, also in Bezug auf die Fähigkeit, selbstständig und zielorientiert zu lernen. Lückenhaftes Wissen und fehlende Routine führen dazu, dass viele Studienanfänger\*innen Probleme haben, den Vorlesungen im ersten Semester zu folgen. Wissensdefizite können sich so in kurzer Zeit aufsummieren und den Studienerfolg gefährden.

Auch wenn die Entscheidung für einen Studienabbruch von einer Vielzahl individueller Faktoren beeinflusst wird (z.B. Blüthmann et al. 2011), sind Überforderung und Leistungsprobleme in MINT-Fächern die am häufigsten genannten Gründe für das vorzeitige Beenden eines Studiums (Heublein et al. 2017a; für Baden-Württemberg: Heublein et al. 2017b). Umgekehrt haben sich schulische Leistungen im Fach Mathematik oder die Teilnahme an Mathematik-Leistungskursen als guter Indikator für späteren Studienerfolg in ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen erwiesen (Greefrath et al. 2014). Ähnlich zuverlässige Prädiktoren sind Ergebnisse in diagnostischen Mathematiktests (Abel und Weber 2014; Haase 2014). Studierende mit soliden Vorkenntnissen in Mathematik haben demnach bessere Chancen, ihr MINT-Studium zu beenden (Trapmann et al. 2007). Dementsprechend sinnvoll erscheint es, der Heterogenität des Vorwissens mit zusätzlichen Förderangeboten zu begegnen (Biehler 2018). Ob sie tatsächlich zur Verbesserung des Vorwissens und zur Verringerung der Zahl von Studienabbrüchen beitragen, ist jedoch schwer nachzuweisen.

Ein Schwerpunkt der wissenschaftlichen Arbeit an der DHBW Mannheim im Rahmen des optes-Programms lag daher von Anfang an im Bereich der Analyse der Wirkung der digitalen Maßnahmen. Speziell wurde (unter Berücksichtigung des Vorwissens) untersucht, ob sich Mathematik-Vorkenntnisse, gemessen durch einen diagnostischen Einstiegstest zu Beginn der Studienvorbereitung, als ein zuverlässiger Prädiktor für Mathematikleistungen im Studium und für Studienerfolg insgesamt erweisen, ob sich die Mathematikleistungen im Studium bei Vorkurs-Teilnehmern und Nicht-Teilnehmern unterscheiden und ob die Teilnahme am digitalen Vorkursprogramm zu einem Lernzuwachs führt, wobei dieser Zuwachs als Differenz zwischen Einstiegstest und einem Kontrolltest, der in der ersten Studienwoche stattfindet, gemessen wird.

## 2 Curriculum der digitalen Studienvorbereitung

Während über die Relevanz der Grundlagenmathematik für den Studienerfolg in MINT-Fächern weitgehend Konsens besteht, ist die Frage, welche mathematischen Themen diese Grundlagenmathematik ausmachen und bis zu welcher Tiefe eine Beherrschung erforderlich ist, weniger eindeutig zu beantworten. Allgemeiner Konsens ist, dass gewisse Grundfertigkeiten wie das Operieren mit Termen oder das Lösen von einfachen Gleichungen und linearen Gleichungssystemen unumgänglich sind (Pigge et al. 2016, Rach et al. 2014). Darüber hinausgehende Anforderungen sind jedoch stark von Studiengang, Studienrichtung und Lehrpersonal abhängig. Auch Lehrpläne sind von Bundesland zu Bundesland verschieden und differieren innerhalb eines Bundeslandes von Schulform zu Schulform, bieten also auch keine verlässliche Richtschnur. Das Curriculum der Studienvorbereitung in Mannheim orientiert sich daher an den Empfehlungen der Arbeitsgruppe Cooperation Schule:Hochschule (COSH) (siehe auch Dürr et al. 2016) und der mathematics working group der European Society for Engineering Education (SEFI). Es besteht aus einem Kern mit sechs Kursen (ergänzt um einen Grundlagenkurs) und einem ergänzenden Teil mit fünf Aufbau- und Erweiterungskursen mit teils studiengangsspezifischen Inhalten, wie sie in Tabelle 1 dargestellt werden.

Die sechs Kurse im Kerncurriculum, „Arithmetik“, „Gleichungen und Ungleichungen“, „Potenzen, Wurzeln, Logarithmen“, „Funktionen“, „Geometrie“, „Trigonometrie“, dienen der Wiederholung des Schulstoffs der gymnasialen Mittel- und Oberstufe. Da die Vorkenntnisse der Studienanfänger\*innen in Bezug auf den Umgang mit mathematischen Formeln, Symbolen und Definitionen sehr stark variieren, wird diesen sechs Kursen ein Grundlagenkurs als Nachschlagewerk für alle anderen Kurse vorangestellt, in dem eine grundsätzliche und formale Einleitung erfolgt und allgemeine Notationen und Bezeichnungen bereitgestellt werden.

Die Aufbauthemen sind zwar ebenfalls Teil des Vorschlags der COSH-Gruppe bzw. des Core Zero der mathematics working group der SEFI, befinden sich hier jedoch aus Zeitgründen nur im erweiterten Curriculum und werden nur dann zur Bearbeitung empfohlen, wenn ein solides Wissen der Basisthemen vorliegt. Dieses erweiterte Curriculum umfasst Lerninhalte, die für technische Studiengänge, z.B. Elektrotechnik, Maschinenbau, Mechatronik, Informatik und Wirtschaftsingenieurwesen besonders relevant sind. Der Kurs „Lineare Algebra“ behandelt die Themen Vektorrechnung und Gleichungssysteme und stellt einen Übergang von der Schul- zur Hochschulmathematik dar. Ähnlich ist es bei den Kursen „Folgen, Grenzwerte und Stetigkeit“ und „Differential- und Integralrechnung“. Diese Themenfelder werden meist in den Vorlesungen im ersten Studienjahr noch einmal aufgegriffen und, wenn auch kurz, wiederholt und sind darum der Vorbereitung für das Hochschulstudium zuzurechnen. Der Kurs „Logik“ ist insbesondere für Studienanfänger\*innen in den Studiengängen der Informatik konzipiert worden, während sich der Kurs „Statistik“ in erster Linie an Studienanfänger\*innen der Wirtschaftswissenschaften richtet. Alle fünf Kurse des erweiterten Curriculums sind zusätzlich für den Einsatz als studienbegleitende Lernmaterialien geeignet.

Alle Kurse sind vollständig digital und nach einem einheitlichen Schema aufgebaut (vergl. Abbildung 1): Jeder Kurs beginnt mit einem kurzen digitalen Einstiegstest (B), der die Lernziele dieses Kurses abdeckt. Basierend auf den Testergebnissen wird die Bearbeitung eines oder mehrerer Lernmodule dieses Kurses empfohlen. Am Ende jedes Kurses kann die Erreichung der Lernziele über einen Selbsttest (Abschlusstest D) überprüft werden.

Tabelle 1: Lerninhalte im Studienvorbereitungsprogramm: Kurse zum Kerncurriculum (Wiederholung Schulstoff der Mittel- und Oberstufe) und zum erweiterten Curriculum (studiengangsspezifische Inhalte und Übergang zur Studieneingangsphase), jeweils mit untergeordneten Lernmodulen.

<b>0 Mathematische Grundlagen Mengen und Zahlenmengen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mengen und Zahlenmengen</li> <li>• Grundlegende Definitionen und Regeln</li> <li>• Mathematische Sprache und Symbole</li> </ul>	
<b>1 Arithmetik</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rechnen mit ganzen Zahlen</li> <li>• Bruchrechnen</li> <li>• Termumformungen</li> </ul>	<b>2 Gleichungen und Ungleichungen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Algebraische Gleichungen</li> <li>• Algebraische Gleichungen höheren Grades und Bruchgleichungen</li> <li>• Ungleichungen, Betragsgleichungen, Wurzelgleichungen</li> </ul>
<b>3 Potenzen, Wurzeln, Logarithmen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Potenzen</li> <li>• Wurzeln</li> <li>• Logarithmen</li> </ul>	<b>4 Funktionen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Eigenschaften von Funktionen</li> <li>• Rationale Funktionen und Wurzelfunktionen</li> <li>• Umkehrfunktionen</li> <li>• Exponential- und Logarithmusfunktionen</li> </ul>
<b>5 Geometrie</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen</li> <li>• Dreiecke</li> <li>• Kreise</li> <li>• Stereometrie</li> </ul>	<b>6 Trigonometrie</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Trigonometrische Funktionen</li> <li>• Additionstheoreme</li> <li>• Schwingungen und Arkusfunktionen</li> </ul>
<b>Lineare Algebra</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Eigenschaften von Vektoren</li> <li>• Rechnen mit Vektoren</li> <li>• Lineare Gleichungssysteme</li> <li>• Geometrische Anwendungen</li> </ul>	<b>Logik</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen der Aussagenlogik</li> <li>• Gesetze der Aussagenlogik</li> <li>• Prädikatenlogik</li> <li>• Beweisprinzipien</li> </ul>
<b>Folgen, Grenzwerte und Stetigkeit</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Folgen</li> <li>• Folgenre Grenzwerte</li> <li>• Funktionsgrenzwerte</li> <li>• Stetigkeit</li> </ul>	<b>Stochastik</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wahrscheinlichkeitsrechnung</li> <li>• Zufallsvariablen</li> <li>• Wahrscheinlichkeitsverteilungen</li> <li>• Statistik</li> </ul>
<b>Differential- und Integralrechnung</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ableitungen</li> <li>• Anwendungen</li> <li>• Integrale und Flächen</li> <li>• Kurvendiskussion</li> </ul>	



Abb. 1: Aufbau eines Lernzielorientierten Kurses.

Für Studienanfänger\*innen mit geringeren Wissenslücken eignen sich die Kurse sehr gut zur Bearbeitung im Selbststudium, bei größeren Lücken wird jedoch ein zusätzliches Betreuungsprogramm, das Betreute E-Learning, das in Abschnitt 3 beschrieben wird, empfohlen.

### 3 Aufbau der digitalen Studienvorbereitung

Die digitale Studienvorbereitung Mathematik steht jedes Jahr ab Juni auf der Studienstart-Plattform <https://studienstart.dhbw.de/> zur Verfügung und läuft nach dem folgenden Schema ab:

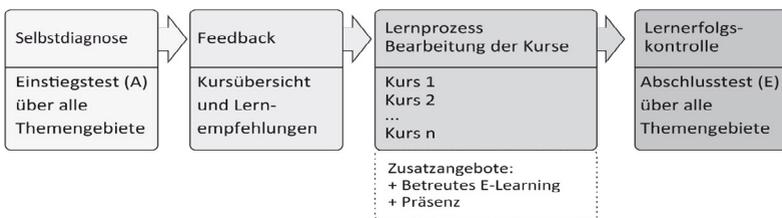


Abb. 2: Ablauf des Vorkurses und Zusatzangebote an der DHBW Mannheim.

Der Vorkurs beginnt immer mit einem diagnostischen Einstiegstest über alle Themengebiete, der zwingend durchgeführt werden muss, um Zugang zu den digitalen Lernmaterialien zu erhalten. Dieser Test ist

analog zum Kursprogramm nach mathematischen Themenbereichen gegliedert und bietet zu jedem Thema mindestens fünf Fragen. Nach Abgabe des Tests erhalten die Teilnehmer\*innen ein Feedback mit Gesamtpunktzahl, einem allgemeinen Text zur Interpretationshilfe sowie einer Auswertung nach den mathematischen Kategorien. Liegt das Testergebnis in einem Themengebiet unter einem vorher definierten Mindestwert, wird die Bearbeitung des dazugehörigen Kurses empfohlen.

Liegen nur geringfügige Wissenslücken vor, so eignen sich die Kurse sehr gut zu deren Behebung im Selbststudium, bei größeren Lücken wird jedoch die Teilnahme am Betreuten eLearning empfohlen. Im Betreuten eLearning werden die Teilnehmer\*innen in Kleingruppen von 10 bis 15 Personen mit ähnlichen mathematischen Problemfeldern zusammengefasst, denen erfahrene Mathematikdozent\*innen zur digitalen Betreuung zur Seite gestellt werden. Unter deren Anleitung bearbeitet die Gruppe vier Wochen lang jeweils ein Thema pro Woche. Teil der erfolgreichen Teilnahme ist die wöchentliche Bearbeitung eines Übungsblattes zum aktuellen Thema, das vom Betreuer korrigiert und mit ausführlichem Feedback zurückgegeben wird. Für Fragen steht den Teilnehmer\*innen dabei sowohl der Dozent zur Verfügung als auch ein Forum, in dem sie sich untereinander austauschen können, das aber auch moderiert und vom Dozenten betreut wird. Maßgebend ist dabei das Prinzip der minimalen Hilfe, d.h. zunächst sollen die Teilnehmer\*innen selbst überlegen und versuchen, auftauchende Fragen im gemeinsamen Diskurs über Forumsbeiträge zu bearbeiten. Nur wenn das nicht gelingt oder auf Irrwege führt, greift der Dozent ein.

Zur Erfassung des Lernerfolgs wird in der ersten Woche nach Studienbeginn ein weiterer Test über alle Kursthemen durchgeführt. Dieser deckt die gleichen mathematischen Grundlagenthemen wie der diagnostische Einstiegstest (A) ab und ist vom Schwierigkeitsgrad mit diesem vergleichbar. An diesem Test nehmen alle Studien-

anfänger\*innen der Fakultät Technik der DHBW Mannheim teil, so dass auch die Mathematik-Kenntnisse der Nicht-Vorkursteilnehmer\*innen erfasst und mit dem späteren Studienerfolg in Beziehung gesetzt werden können.

## 4 Daten und Auswertungen der Studienvorbereitung

Die Vorkursangebote der DHBW erreichen einen großen Teil der Studienanfänger\*innen der Fakultät Technik, wie die folgende Abbildung zeigt

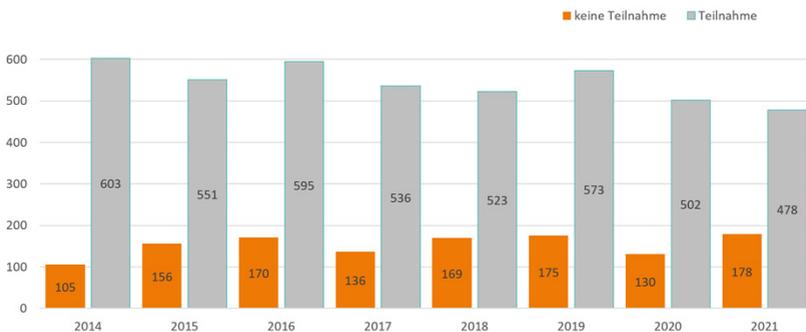


Abb. 3: Teilnehmerzahlen am Vorkursprogramm.

Die Zahlen zeigen eine relativ stabile Teilnehmerquote, wobei allerdings 2021 ein Rückgang zu verzeichnen war, der möglicherweise auf Nachwirkungen der Corona-Pandemie zurückgeführt werden kann. Ein großer Teil der Vorkursteilnehmer\*innen nahm auch ein ergänzendes Betreuungsangebot an, wobei hier neben dem Betreuten eLearning auch noch Präsenzkurse mit einer Dauer von ein bis zwei Wochen zum Einsatz kamen.

Der Anteil der Vorkursteilnehmer\*innen, die an einem dieser ergänzenden Angebote teilnahm, erhöhte sich kontinuierlich bis 2019. In den Jahren 2020 und 2021 war ein leichter Rückgang zu verzeichnen, der vermutlich ebenfalls auf die Auswirkungen der Corona-Pandemie zurückzuführen ist.

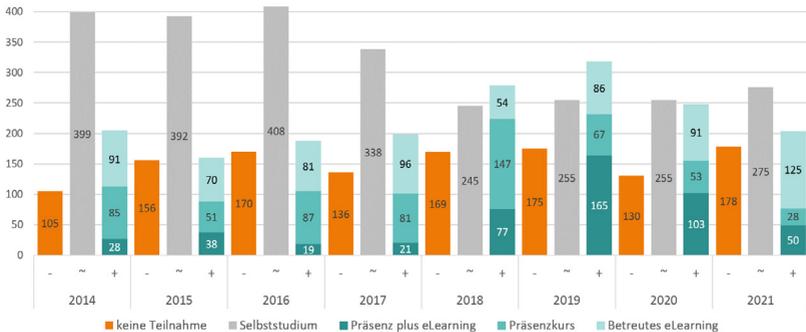


Abb. 4: Teilnehmerzahlen am Vorkursprogramm nach Form der Studienvorbereitung.

Diese Zahlen und ihre Entwicklung sollen weiter beobachtet werden, denn gerade bei den Corona-Jahrgängen sind Lücken im mathematischen Basiswissen zu vermuten. Zur Erfolgskontrolle der Vorbereitungsmaßnahmen wurden bei allen Vorkursteilnehmer\*innen die Einstiegstestergebnisse ET mit den Kontrolltestergebnissen KT verglichen und den Kontrolltestergebnissen der Nicht-Teilnehmer\*innen gegenübergestellt, was folgendes Bild ergab:



Abb. 5: Lernfortschritte der Vorkursteilnehmer\*innen (alle Angaben in Prozent).

Bei der Interpretation dieser Grafik ist zu beachten, dass Einstiegs- und Kontrolltest bis 2018 stabil gehalten wurden, um vergleichbare Daten für die Analyse zu erhalten. Für das Jahr 2019 wurde jedoch auf Basis der Auswertung der Tests der ersten Jahre eine deutliche Überarbeitung vorgenommen, die unter anderem zu einer Verkürzung der Tests führte, da kaum jemand alle Fragen in der vorgegebenen Zeit beantworten konnte. Der Sprung der Daten von 2018 auf 2019 ist auf diese Änderung zurückzuführen und spiegelt keine Verbesserung der Gesamtsituation wider.

Zu beobachten ist über alle Jahrgänge ein deutlicher Lernzuwachs bei den Teilnehmer\*innen des Vorkurses (gemessen als Unterschied zwischen Einstiegstest- und Kontrolltestergebnis) und auch ein signifikant besseres Abschneiden im Kontrolltest im Vergleich zu den Nicht-Teilnehmer\*innen. Ein spezieller Fokus der Förderung im Vorkursprogramm liegt auf der Förderung der schwächeren Studienanfänger\*innen. Als besondere Risikogruppe wurden dabei diejenigen Studienanfänger\*innen identifiziert, die im Einstiegstest ein Ergebnis von weniger als 50% der Punkte erzielte. Das Programm hat diese Gruppe besonders angesprochen und gefördert, wie die folgende Grafik zeigt:

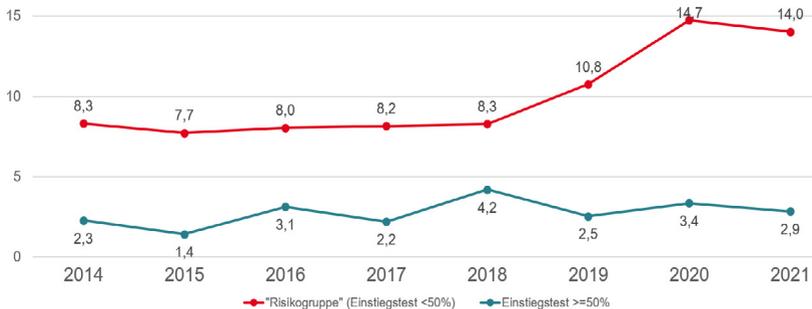


Abb. 6: Lernfortschritte (Differenz Kontroll- und Einstiegstest) der Risikogruppe (alle Angaben in Prozent).

Die Risikogruppe konnte also im besonderen Maß vom Vorkursprogramm profitieren. Insgesamt konnte festgestellt werden, dass die Teilnahme an der Studienvorbereitung Mathematik allgemein zu einer deutlichen Verbesserung des Lernstandes führte und dass sich die als Risikogruppe betrachteten Studienanfänger\*innen überdurchschnittlich steigern konnten.

## 5 Einfluss der Studienvorbereitung auf den Studienerfolg

Die zentrale Frage bei der Beurteilung von digitalen Studienvorbereitungsmaßnahmen ist natürlich die nach dem Einfluss der Studienvorbereitung auf den Studienerfolg. Hierfür wurden an der Fakultät Technik der DHBW Mannheim die Jahrgänge 2014 – 2018 ausgewertet, da für diese Jahrgänge vollständige Datensätze verfügbar waren. Es stellte sich heraus, dass die Ergebnisse der Klausur in der Mathematik I im ersten Studienjahr ein sehr guter Prädiktor für den Studienerfolg an der DHBW Mannheim darstellen (vergleiche Derr et al., 2019). Daher werden nur noch Auswirkungen der Studienvorbereitung auf die Ergebnisse in der Mathematik I untersucht.

Wie vermutet unterscheiden sich die Ergebnisse von Vorkursteilnehmer\*innen und Nicht-Teilnehmer\*innen deutlich, wie Tabelle 2 für die

Jahrgänge 2014 – 2018 zeigt. Die Ergebnisse in der Klausur Mathematik I bei Vorkursteilnehmer\*innen liegen also im Durchschnitt eine halbe Note über den Ergebnissen der Nicht-Teilnehmer\*innen. Für jede dieser drei Variablen wurde eine Varianzanalyse durchgeführt, die zeigte, dass die Unterschiede zwischen den beiden Gruppen für alle Variablen signifikant sind ( $p < 0,001$ ; ANOVA HZB Note:  $F(1, 3162) = 73,5$ ; Einstiegstest:  $F(1, 3163) = 45,8$ ; Mathematik I:  $F(1, 3162) = 117,7$ ). Allerdings ist auch schon das Testergebnis der Vorkursteilnehmer\*innen im Einstiegstest mit gut 50% korrekter Antworten über dem Kontrolltestergebnis der Nicht-Teilnehmer\*innen (46%) und ihre Note im Schulabschlusszeugnis (HZB) ist um 0,2 Notenpunkte besser, weshalb der Unterschied nicht allein auf die Studienvorbereitung zurückgeführt werden kann.

Schließlich wurde untersucht, ob die Teilnahme am Vorkurs bzw. der Lernerfolg im Vorkurs sich positiv auf spätere Studienleistungen der „Risiko“-Gruppe auswirken. Es wurde eine lineare Regression mit der abhängigen Variable Mathematik I und allen bisher relevanten Prädiktoren Einstiegstestergebnis, HZB-Note, Art der Hochschulzugangsberechtigung plus Lernerfolg im Vorkurs (Gain Score), berechnet als Differenz zwischen dem prozentuellen Ergebnis des Kontrolltests und des Einstiegstests, Art der Vorkursteilnahme (Selbststudium oder Zusatzangebot) und Zahl der Online-Selbsttests gerechnet. Tabelle 3 zeigt den Vergleich zwischen der Regression mit den Prädiktoren, die sich auf das Vorwissen der Studienanfänger\*innen beziehen (Modell 1) und der Regression mit den Vorkurs-Variablen (Modell 2).

Tabelle 2: Vorkursteilnehmer / Nicht-Teilnehmer: HZB-Note, Ergebnis im diagnostischen Einstiegstest und Klausurergebnis Mathematik I.

	2014	2015	2016	2017	2018	Gesamt
<b>Vorkursteilnahme</b>						
Teilnehmeranzahl n	554	504	553	448	436	2535
HZB Note	2,2	2,1	2,2	2,1	2,1	2,1
Diagnostischer Einstiegstest A (%)*	50,3	49,4	51,2	50,3	50,0	50,3
Note Mathematik I	2,7	2,8	2,7	2,6	2,7	2,7
<b>Keine Vorkursteilnahme</b>						
Anzahl n	94	134	149	114	139	630
HZB Note	2,5	2,3	2,3	2,3	2,4	2,3
Erster Test E (%)	47,6	42,6	44,3	48,1	45,8	45,5
Note Mathematik I	3,3	3,3	3,2	3,0	3,1	3,2
* Für Vorkurs-Nicht-Teilnehmer war der Abschlusstest E der Test; Datenbasis: Teilnehmer an der Klausur Mathematik I						

Der Teilnahme am Betreuten eLearning (Zusatzangebot: betreutes E-Learning) im Vergleich zum Selbststudium lässt sich ein Anstieg in der Mathematik-klausurnote um 0,14 zuordnen. Der Unterschied zwischen Präsenzkursen (Zusatzangebot: Präsenz) und dem Selbststudium hingegen ist nicht signifikant. Zu guter Letzt zeigt sich auch für die Zahl der durchgeführten Selbsttests ein signifikanter Zusammenhang. Nach dem Modell wird pro zusätzlich durchgeführtem Test ein Anstieg der Note in Mathematik I um 0,02 Notenpunkte vorhergesagt.

Tabelle 3: Multiple lineare Regression mit Mathematik I, Vorkursteilnehmer\*innen  
2014-2018 (n = 2532)

	Modell 1: Prädiktoren			Modell 2: Vorkursteilnahme		
	B	SE B	$\beta$	B	SE B	$\beta$
(Konstante)	0,73	0,11		0,66	0,11	
AHR <sup>a</sup> : Bgym	0,14	0,07	0,55**	0,15	0,07	0,05**
AHR: Agym	0,37	0,06	0,16**	0,33	0,06	0,15**
HZB Note	0,49	0,03	0,27**	0,43	0,04	0,24**
Einstiegstest (%)	0,02	0,00	0,27**	0,02	0,00	0,32**
Gain Score				0,01	0,00	0,11**
Zusatzangebot <sup>b</sup> : Präsenz				0,03	0,05	0,01**
Zusatzangebot: Betreutes E -Learning				0,14	0,05	0,05**
Zusatzangebot: beides				0,10	0,07	0,03**
Anzahl Selbsttests				0,02	0,00	0,09**

B: unstandardisierter Regressionskoeffizient; SE B: Standardfehler;  $\beta$ : standardisierter Regressionskoeffizient; Signifikanzlevels: \*p < 0,05; \*\*p < 0,01  
<sup>a</sup> Art der HZB    <sup>b</sup> Art des Vorkurses

Auch wenn die hier gezeigten Effekte nicht sehr stark sind und das Modell nur 25% der Varianz in Mathematik I aufklärt, ist doch bemerkenswert, dass sich eine erfolgreiche Vorkursteilnahme noch in der Mathematik I Klausur nachweisen lässt, die einige Monate später durchgeführt wird und dass der Einfluss der dominanten Prädiktoren Vorwissen und schulbezogene Leistungen zumindest abgeschwächt werden kann. Insgesamt lässt sich ein positiver Zusammenhang zwischen Lernerfolg im Vorkurs und den späteren Studienleistungen in Mathematik zeigen, doch die Stärke dieses Zusammenhangs war wiederum von den Ergebnissen im Einstiegstest beeinflusst. Für Studienanfänger\*innen mit guten Vorkenntnissen zu Beginn des Vorkurses war auch der Effekt des Lernerfolgs auf das Ergebnis in Mathematik I stärker.

## 6 Digitale Unterstützung der Mathematikvorlesungen

Aufgrund der positiven Ergebnisse der Analysen der Studienvorbereitung werden seit dem Sommersemester 2022 studienbegleitende Online-Tests in Mathematiklehrveranstaltungen eingesetzt. Dabei sind alle verwendeten digitalen Aufgaben mit einer detaillierten, aufschlussreichen Musterlösung und Hinweisen auf mögliche Fehlerquellen versehen. Auf diese Weise können die Studierenden den Vorlesungsstoff eigenständig einüben und kleinere Verständnisprobleme selbstständig beheben. Dieser Ansatz wird seit dem Wintersemester 2022/2023 durch das durch die Stiftung ‚Innovation in der Hochschullehre‘ im Rahmen der Projektförderung ‚Freiraum 2022‘ geförderte Projekt EduFIT (Einsatz digital unterstützter Fragen zur Individualisierung von Tutorien) in den Mathematiklehrveranstaltungen des ersten Studienjahres im Studiengang Informatik weiterverfolgt und ausgebaut. Insbesondere werden Online-Fragen in den Vorlesungen und den Tutorien verwendet, um zunächst Studierende den für sie passenden Tutorien zuzuordnen und darüber hinaus die Tutorien zeitlich zu entlasten und damit mehr Ressourcen für die Klärung individueller Probleme zur Verfügung zu stellen.

Erste Erfahrungen mit diesem Konzept zeigen, dass die elektronischen Tests von den Studierenden gut angenommen werden, dass es aber auch sehr aufwendig ist, zu allen Themen hinreichend viele und hinreichend differenzierte Aufgaben zu erstellen. Schwierigkeiten bereitet auch die unmittelbare Einbindung der Tests und Testergebnisse in die Tutorien, da die Standardauswertungen des benutzten Lernmanagementsystems MOODLE für diese Anforderungen nicht differenziert genug sind. Eine detaillierte Auswertung und Analyse muss jedoch erst noch erfolgen.

## Literaturverzeichnis

- Abel, H. & Weber, B. (2014). 28 Jahre Esslinger Modell - Studienanfänger und Mathematik. In I. Bausch, R. Biehler, R. Bruder, P. R. Fischer, R. Hochmuth, W. Koepf et al. (Hrsg.), *Mathematische Vor- und Brückenkurse. Konzepte, Probleme und Perspektiven. Konzepte und Studien zur Hochschuldidaktik und Lehrerbildung Mathematik*, (S. 9–19). Wiesbaden: Springer.
- Blüthmann, I., Thiel, F. & Wolfgramm, C. (2011). Abbruchtendenzen in den Bachelorstudiengängen. Individuelle Schwierigkeiten oder mangelhafte Studienbedingungen? *Die Hochschule: Journal für Wissenschaft und Bildung* 20 (1), 110–126.
- cosh cooperation schule:hochschule. (2014). Mindestanforderungskatalog Mathematik (2.0) der Hochschulen Baden-Württembergs für ein Studium von WiMINT-Fächern (Mathematik-Kommission Übergang Schule-Hochschule, Hrsg.). [http://www.mathematik-schule-hochschule.de/images/Aktuelles/pdf/MAKatalog\\_2\\_0.pdf](http://www.mathematik-schule-hochschule.de/images/Aktuelles/pdf/MAKatalog_2_0.pdf).
- Derr, K., Hübl, R. & Ahmed, Z. (2019). Monitoring the use of learning strategies in a web-based pre-course in mathematics. A comparison of quantitative and qualitative data. In: Ifenthaler, D., Mah, D.-K. & Yau, J. (Hrsg.) *Utilizing Learning Analytics to Support Study Success*. (S.119-141). Wiesbaden: Springer Spektrum.
- Dürr, R., Dürrschnabel, K., Loose, F. & Wurth, R. (Hrsg.). (2016). *Mathematik zwischen Schule und Hochschule. Den Übergang zu einem WiMINT-Studium gestalten. Ergebnisse einer Fachtagung, Esslingen, 2015*. Wiesbaden: Springer Spektrum.
- Greefrath, G., Neugebauer, C., Koepf, W. & Hoever, G. (2014). Studieneingangstests und Studienerfolg. Mögliche Zusammenhänge am Beispiel zweier Hochschulen. In J. Roth & J. Ames (Hrsg.), *Beiträge zum Mathematikunterricht* (S. 451–454). Münster: WTM.
- Haase, D. (2014). Studieren im MINT-Kolleg Baden-Württemberg. In I. Bausch, R. Biehler, R. Bruder, P. R. Fischer, R. Hochmuth, W. Koepf et al. (Hrsg.), *Mathematische Vor- und Brückenkurse. Konzepte, Probleme und Perspektiven. Konzepte und Studien zur Hochschuldidaktik und Lehrerbildung Mathematik* (S. 123–136). Wiesbaden: Springer.
- Heublein, U., Ebert, J., Hutzsch, C., Isleib, S., König, R., Richter, J. & Woisch, A. (2017a). *Motive und Ursachen des Studienabbruchs an baden-württembergischen Hochschulen und beruflicher Verbleib der Studienabbrecherinnen und Studienabbrecher*. (DZHW Projektbericht, Bd. 6). Hannover: DZHW.
- Heublein, U., Ebert, J., Hutzsch, C., Isleib, S., König, R., Richter, J. & Woisch, A. (2017b). *Zwischen Studienerwartungen und Studienwirklichkeit. Ursachen des Studienabbruchs, beruflicher Verbleib der Studienabbrecherinnen und Studienabbrecher und Entwicklung der Studienabbruchquote an deutschen Hochschulen* (Forum Hochschule, Bd. 1). Hannover: DZHW.

- Pigge, C., Neumann, I. & Heinze, A. (2016). Mathematische Lernvoraussetzungen für MINT-Studiengänge aus Hochschulsicht – eine Delphi-Studie. In Institut für Mathematik und Informatik der Pädagogischen Hochschule Heidelberg (Hrsg.), Beiträge zum Mathematikunterricht. Münster: WTM.
- Rach, S., Heinze, A. & Ufer, S. (2014). Welche mathematischen Anforderungen erwarten Studierende im ersten Semester des Mathematikstudiums? *Journal für Mathematik-Didaktik* 35 (2), 205–228.
- SEFI mathematics working group. (2013). *A Framework for Mathematics Curricula in Engineering Education*. Brussels: European Society for Engineering Education

## 2. Digitale Fragetypen in der Mathematik: Einsatz des Fragetyps STACK an der DHBW Mannheim

---

*Reinhold Hübl, David Obermayr, Marc Peterfi, Miriam Weigel*

*Fakultät Technik, Duale Hochschule Baden-Württemberg Mannheim*

### 1 Einleitung

STACK (System for Teaching and Assessment using a Computer algebra Kernel) ist ein von Chris Sangwin entwickelter Fragetyp, der mittels des Computeralgebrasystems Maxima an das Test- und Aufgabentool des zugrundeliegenden Lernmanagementsystems (Moodle oder ILIAS) angebunden ist. Auf diese Weise ist es mit STACK-Fragen möglich differenzierte Online-Fragen zu erstellen. Die größten Vorzüge für den Einsatz in der Mathematiklehre sind die automatisierte Auswertung mathematischer Ausdrücke, die einfache Randomisierung mittels Zufallsvariablen und die Erzeugung einer mehrstufigen, individualisierten Rückmeldung mit spezifischem Feedback.

An der DHBW Mannheim werden durch die Mitarbeitenden des Zentrums für mathematisch-naturwissenschaftliches Basiswissen (ZeMath) STACK-Fragen bereits seit 2017 in der Mathematikstudienvorbereitung eingesetzt, um das selbstständige Üben für die angehenden Studierenden zu verbessern. Da diese Vorkurse als Selbstlernkurse konzipiert sind, wurde beim Erstellen der Online-Fragen besonderes Augenmerk auf ein ausführliches, konstruktives Feedback gelegt. Unter anderem die positiven Erfahrungen aus den Vorkursen motivierten den Einsatz von Online-Tests in den Mathematiklehrveranstaltungen im ersten Studienjahr. So wurde im Sommersemester 2022 in den Analysisvorlesungen mehrerer Kurse des Studiengangs Informatik der klassische Vorlesungs- und Übungsbetrieb durch

Online-Tests erweitert. Hierbei kam neben herkömmlichen Fragetypen wie Single Choice und Lückentext vor allem der Fragetyp STACK zum Einsatz.

Diese ergänzenden Tests wurden von den Studierenden intensiv genutzt und eine qualitative Befragung ergab ein insgesamt positives Bild. Daher wird der Einsatz aktuell durch das Projekt EduFIT ausgeweitet und weiter untersucht.

## **2 Einsatz digitaler Fragetypen in Studienvorbereitung und Lehrbetrieb**

### **2.1 Einsatz digitaler Fragetypen in der Studienvorbereitung**

Digitale Fragen werden in der Mathematik-Studienvorbereitung an der DHBW Mannheim, welche auf der Lernplattform Studienstart unter Nutzung des Lernmanagementsystems ILIAS stattfindet, vielfältig eingesetzt. Dieses Angebot basiert auf den Ergebnissen und Erfahrungen des im Qualitätspakt Lehre vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Projekts optes. Hier werden digitale Aufgaben in einem diagnostischen Einstiegstest genutzt, der zu Beginn des Selbststudiums durchgeführt wird. Das Ergebnis des Tests liefert den angehenden Studierenden Hinweise auf Kurse, die Ihnen zur Bearbeitung empfohlen werden. Die Kurse besitzen selbst wiederum einen Einstiegstest für eine weitere feingranulare Lernempfehlung. Ebenso wie bei den Abschlusstests am Ende der Kurse werden hier vornehmlich geschlossene Fragentypen eingesetzt (Derr, 2021). STACK-Aufgaben werden im Rahmen der Studienvorbereitung an der DHBW Mannheim jedoch in den meisten der digitalen Trainings innerhalb der Kurse eingesetzt. Diese mehrfach wiederholbaren und teilweise randomisierten Tests dienen dem Einüben des Stoffes und können daher von dem erweiterten Feedback durch STACK profitieren (Derr, 2021). Daneben bietet die DHBW Mannheim für Studierende der technischen

Studiengänge mit dem Betreuten E-Learning ein zusätzliches und für die Studierenden kostenloses Zusatzangebot an, welches ebenfalls über die Studienstartplattform abgebildet wird.

## **2.2 Einsatz digitaler Fragetypen im Lehrbetrieb**

Die positiven Erfahrungen mit digitalen Fragen im Rahmen der Studienvorbereitung motivierten eine Übertragung des Einsatzes auf den Vorlesungsbetrieb. In einem Pilotdurchlauf wurden Online-Fragen im Übungsbetrieb des Sommersemesters 2022 eingesetzt. Der Einsatz erfolgte hierbei in drei Kursen des Studiengangs Informatik in den Vorlesungen zum Teilmodul Analysis des im ersten Studienjahr verorteten Moduls Mathematik I.

Üblicherweise wird diese Vorlesung durch ein freiwilliges wöchentliches Tutorium und durch die Abgabe von bewerteten Übungsblättern begleitet. Im bisherigen Verlauf beinhalteten die Übungsblätter dabei meist vier Aufgaben, die von den Studierenden innerhalb einer Wochenfrist zu bearbeiten und einzureichen waren und von den Lehrenden teilweise im Anschluss korrigiert und den Studierenden zurückgemeldet wurden. Bei diesen Übungsblättern handelte es sich – wenngleich digital über das Lernmanagementsystem abgegeben – um klassische Übungszettel, die händisch von den Studierenden bearbeitet und von den Lehrenden korrigiert wurden. Eine automatisierte Auswertung der studentischen Antworten fand hierbei nicht statt. Im Rahmen des beschriebenen Pilotbetriebes wurden jeweils zwei der vier wöchentlichen Aufgaben durch digitale Übungsaufgaben ersetzt.

Im Lehrbetrieb wird an der DHBW im Gegensatz zur Studienvorbereitung das Lernmanagementsystem Moodle verwendet. Aufgrund der Inkompatibilität einiger Fragetypen zwischen den Lernplattformen und des höheren Anspruchsniveaus der Vorlesung konnten nicht alle Fragen aus der Studienvorbereitung direkt für den Lehrbetrieb verwendet werden. Da STACK-Auf-

gaben in den meisten Fällen ohne größere Anpassungen zwischen ILIAS und Moodle portiert werden können, konnte aber auf einige Aufgaben aus der Studienvorbereitung auch im Rahmen der vorlesungsspezifischen Tests zurückgegriffen werden.

### **2.3 Erstellung und Kuratierung der Fragen**

Neben einem großen Teil an neu durch das Team des ZeMaths erstellten Fragen konnte auch auf einen ausführlichen und bereits in der Studienvorbereitung genutzten Fragenpool aus dem Projekt optes sowie auf das OER-Repositoryum DOMAIN des Arbeitskreises Mathe Digital zurückgegriffen werden. Bei der Nutzung von Fragen aus externen Pools ist es jedoch unerlässlich, die Aufgaben auf Verträglichkeit der Notation mit der eigenen Vorlesung sowie auf sachliche Korrektheit zu prüfen. Zudem kann es nötig sein, die Aufgaben um weitere Inhalte, wie das ausführliche Feedback, zu ergänzen. Der Aufwand hierfür sollte nicht unterschätzt werden.

## **3 Möglichkeiten digitaler Fragen und insbesondere des Fragetyps STACK**

### **3.1 Vor- und Nachteile beim Einsatz digitaler Fragetypen**

Ein möglicher Vorteil beim Einsatz digitaler Fragen ist, dass Studierende unabhängig von der Verfügbarkeit einer Lehrperson umgehendes Feedback zu ihren Antworten auf Aufgaben erhalten können. Im Gegenzug können digitale Aufgaben in ihrem Feedback jedoch nur auf bei der Erstellung antizipierte Fehler und Fehlkonzeptionen eingehen. Sie ersetzen daher nicht die Betreuung durch eine fachlich erfahrene Person, können diese Betreuung aber unterstützen. Geschlossene Fragetypen im Antwort-Wahl-Verfahren, wie Single-Choice- oder Multiple-Choice-Aufgaben, sind für Studierende

leicht bedienbar und aus technischer Sicht leicht zu erstellen. Sie erfordern jedoch aus didaktischer Sicht eine wohlüberlegte Wahl der Distraktoren und erlauben den Studierenden nur, aus einer bestimmten Auswahl von vorgegebenen Antwortmöglichkeiten auszuwählen. Eine vollständig freie Antwortmöglichkeit, wie sie beispielsweise bei Freitextaufgaben möglich ist, erschwert eine automatisierte Auswertung oder macht sie sogar unmöglich. Insbesondere im Kontext mathematischer Aufgaben ist auf vollständig offenen Fragetypen im Rahmen automatisierter Auswertungen daher eher zu verzichten. Eine weitere Lösung für das Training mathematischer Themen können halboffene Fragetypen sein. Hierbei können Studierende ihre Antworten in einem gewissen Maße frei eingeben, wobei Limitierungen dadurch entstehen, dass die Antworten ein vorgegebenes Format einhalten müssen, welches eine automatisierte Auswertung erlaubt. Klassische Lückentextaufgaben, bei denen die eingegebene Antwort mit vorgegebenen Musterantworten lediglich anhand eines direkten Vergleichs der Zeichenketten (Stringvergleich) vorgenommen wird, bieten in der Mathematik leider nur eine eingeschränkte Wirksamkeit. Der Fragentyp STACK kann, je nach Gestaltung der Aufgabe, für geschlossene Aufgaben im Antwort-Wahl-Verfahren als auch für halboffene Fragen mit einer in diesem Zusammenhang vergleichsweise weiten Varietät der Eingaben eingesetzt werden.

### **3.2 Besonderheiten des Fragentyps STACK**

Das Plug-In STACK wurde ursprünglich 2004 von Chris Sangwin (University of Edinburgh) für das Lernmanagementsystem Moodle entwickelt (Weigel, 2021). Eine durch Fred Neumann und Jesus Copado von der Friedrich-Albert-Universität Nürnberg-Erlangen umgesetzte Implementierung in ILIAS ist seit 2013 verfügbar (Weigel, 2021).

Der Fragentyp STACK ermöglicht durch eine Anbindung an das Computer-Algebra-System Maxima ein Feedback, welches anhand spezifischer

mathematischer Eigenschaften der Studierendenantworten erstellt wird. Hierbei können Aufgabenautor\*innen einen Rückmeldebaum (STACK-Dokumentation, 2023) erzeugen, in welchem die Antworten der Studierenden sukzessive auf vorgegebene Eigenschaften überprüft werden, indem in jedem Knoten des Baumes ein Vergleich zweier Maxima-Variablen vorgenommen wird, dessen Ergebnis den weiteren Durchlauf des Baumes und die Ausgabe des von den Fragestellenden hinterlegten spezifischen Feedbacks steuert. Beispielsweise kann so in einem Knoten überprüft werden, ob die Eingabe algebraisch äquivalent zu der erwarteten Antwort ist. Die Überprüfung der einzelnen Knoten muss sich aber nicht zwangsläufig nur auf die Antwort der Studierenden oder eine Musterlösung beziehen, sondern kann beispielsweise auch zum Steuern der Bewertung bei verschiedenen Varianten einer Aufgabe verwendet werden. Dabei bietet STACK bereits eine große Auswahl vordefinierter Antwortüberprüfungen, die auf Wunsch teilweise auch bereits ein automatisiertes schriftliches Feedback in den Knoten einfügen können. Dadurch kann die Antwort nicht nur auf Vorliegen erwarteter und von einer korrekten Antwort zu erfüllenden Eigenschaften, sondern auch auf das Vorliegen von Eigenschaften untersucht werden, die auf bestimmte Fehler oder Fehlkonzeptionen seitens der Studierenden hinweisen können, was ein in hohem Maße individualisiertes Feedback ermöglicht.

Ein mögliches Risiko bei der Verwendung halboffener digitaler Aufgaben ist die Notwendigkeit der Antworteingabe in korrekter Syntax. Bei klassischen Lückentextaufgaben, die auf Stringvergleichen basieren, können hier geringfügige Abweichungen der Eingabe, wie unnötige Leerzeichen oder veränderte Reihenfolgen, zu einer fehlerhaften Auswertung der Aufgabe führen, wenn diese nicht bei der Aufgabenstellung beachtet wurden. Wenngleich der Aufgabentyp STACK durch die Anbindung des CAS auch algebraisch äquivalente Eingaben erlaubt und daher die Eingabe der Antwort freier gestaltet, ist dennoch eine korrekte Nutzung der CAS-Syntax nötig. Beispiele für Probleme sind fehlerhafte Eingaben eines Kommas statt eines Punktes als Dezimaltrennzeichen oder einige Sonderformen von

binären Operatoren. Gerade bei Studierenden der Informatik muss hier beachtet werden, dass diese eventuell bereits die Syntax ihres persönlich bevorzugten CAS oder ihrer persönlich bevorzugten Programmiersprache verwenden. Dieses Risiko wurde durch eine Kurzhandreichung zur Eingabesyntax, die auf einem entsprechenden Dokument aus dem Projekt optes beruht, reduziert. Entsprechend den Erfahrungen und Richtlinien aus optes (Derr, 2021) wurde mit den Studierenden zudem anhand eines Beispieltests die Eingabesyntax eingeübt. Weiter zeigt STACK in den meisten Fällen direkt an, wie die Antwort interpretiert wurde, sodass entsprechende Fehleingaben bereits vor Abgabe der Antwort von den Studierenden selbst korrigiert werden können. Tatsächlich gab es von Seiten der Studierenden meist keine größeren Probleme mit der Eingabesyntax.

Der Fragetyp STACK ermöglicht überdies eine gute Steuerbarkeit selbstdefinierter Punktvergabeschemata auch abseits der mathematischen Eigenschaften der Aufgaben. So können bei mit STACK umgesetzten Multiple-Choice-Aufgaben die Punktvergaben individueller festgelegt werden, als dies in den Standardfragetypen der verwendeten Lernmanagementsysteme möglich ist. Daher werden derzeit auch Multiple-Choice-Aufgaben vornehmlich in STACK umgesetzt, wobei hierdurch auch eine erhöhte Randomisierbarkeit einzelner Aufgaben einfach ermöglicht wird. Über Rückmeldebaum und Feedbackvariablen können in solchen Aufgaben zudem auch widersprüchliche Antworten der Studierenden abgefangen werden.

### **3.3 Beispiele von STACK-Aufgaben**

Im Folgenden werden anhand der Inhalte der durchgeführten Vorlesung einige beispielhafte STACK-Aufgaben mit Anwendungsbeispielen des individualisierten Feedbacks vorgestellt. Ähnlich wie im Projekt optes wird ein Verifikationsfeedback nach den nachfolgend geschilderten Leitlinien gegeben. Die Studierenden erhalten eine Rückmeldung, ob ihre Antwort korrekt, teilweise korrekt oder nicht korrekt ist. Bei nicht vollständig korrekten

Lösungen erhalten die Studierenden zudem nach Möglichkeit eine Analyse, weshalb ihre Antwort nicht vollständig korrekt ist und ob ein spezieller üblicher Fehler vorlag. Außerdem erhalten die Studierenden weiteres Elaborationsfeedback in Form der korrekten Antwort und einer ausführlichen Musterlösung (Derr, 2021).

## Folgen und Grenzwerte

Ein wichtiger Grundbegriff der Analysis sind Folgen und insbesondere Grenzwerte. Daher sind Aufgaben zu diesen Themen elementarer Bestandteil der Vorlesungsbegleitung, um das Verständnis dieser Begrifflichkeiten zu stärken.

Frage **1**

Richtig

Erreichte Punkte  
1,00 von 1,00

Geben Sie zwei reelle Folgen  $(x_n)_{n \in \mathbb{N}}$  und  $(y_n)_{n \in \mathbb{N}}$  mit

$$\lim_{n \rightarrow \infty} x_n = 0 \text{ und } \lim_{n \rightarrow \infty} y_n = +\infty$$

an, sodass  $\lim_{n \rightarrow \infty} x_n y_n = 2022$  ist.

$$x_n = \frac{1}{n}$$

$$y_n = 2022 \cdot n$$

Hinweis: Brüche kann man als  $\frac{a}{b} = a/b$  und Potenzen  $a^b$  als  $a^b$  notieren.

Ihre letzte Antwort wurde folgendermaßen interpretiert:

$$\frac{1}{n}$$

In Ihrer Antwort wurden die folgenden Variablen gefunden:  $[n]$

Ihre letzte Antwort wurde folgendermaßen interpretiert:

$$2022 \cdot n$$

In Ihrer Antwort wurden die folgenden Variablen gefunden:  $[n]$

**Ihre Antwort ist korrekt.**

Abb. 1: Eine Aufgabe zum Thema Folgen und Grenzwerte (aufbauend auf Aufgabe „Produkt von Folgen 3“ (UID: 5BB36CA) aus <https://db.ak-mathe-digital.de>).

Durch das CAS lassen sich im Vergleich zu Aufgaben mit Antwort-Wahl-Verfahren hier offenere Fragen stellen. So kann von den Studierenden die Angabe zweier Folgen mit bestimmten Eigenschaften, für welche das Produkt oder die Summe ebenfalls bestimmte Eigenschaften haben, erwartet werden. Sollen die Studierenden beispielsweise wie in Abbildung 1 eine Nullfolge und eine bestimmt divergente Folge angeben, deren Produkt konvergent ist, so ist dies möglich. Abbildung 2 zeigt eine Aufgabe zu Reihen, bei welcher in der Rückmeldung erkannt wurde, dass fehlerhafterweise der von Null abweichende Startindex der geometrischen Reihe nicht beachtet wurde.

Frage 1  
Teilweise richtig  
Erreichte Punkte 0,50 von 1,00

Überprüfen Sie die Reihe

$$\sum_{j=3}^{\infty} \left(\frac{2}{7}\right)^j$$

auf Konvergenz und geben Sie ggf. den Wert der Reihe an.

$$\sum_{j=3}^{\infty} \left(\frac{2}{7}\right)^j = \text{1/(1-2/7)}$$

Ihre letzte Antwort wurde folgendermaßen interpretiert:

$$\frac{1}{1 - \frac{2}{7}}$$

Geben Sie im Konvergenzfall den Reihenwert an. Schreiben Sie im Divergenzfall 1000 in das Antwortfeld.

**Ihre Antwort ist teilweise korrekt.**

Die gegebene geometrische Reihe konvergiert.

Wahrscheinlich haben Sie nicht beachtet, dass die Reihe nicht mit  $j = 0$  startet, sondern mit  $j = 3$ .

Bei Ihrem Ergebnis  $\frac{7}{5}$  berechnen Sie

$$\sum_{j=0}^{\infty} \left(\frac{2}{7}\right)^j.$$

Die Summanden mit Index kleiner  $j = 3$  haben Sie zu viel dazu addiert. Sie müssen diese Summe

$$\sum_{j=0}^2 \left(\frac{2}{7}\right)^j = \frac{67}{49}$$

noch abziehen und erhalten dann

$$\begin{aligned} \sum_{j=3}^{\infty} \left(\frac{2}{7}\right)^j &= \sum_{j=0}^{\infty} \left(\frac{2}{7}\right)^j - \sum_{j=0}^2 \left(\frac{2}{7}\right)^j \\ &= \frac{7}{5} - \frac{67}{49} \\ &= \frac{8}{245}. \end{aligned}$$

Abb. 2: Eine Aufgabe zu Reihen mit individualisiertem Feedback.

## Funktionseigenschaften

Abbildung 3 zeigt eine Aufgabe, in welcher die Studierenden in einer halboffenen Frage eine ganzrationale Funktion mindestens vom Grad 1 mit vorgegebenen Symmetrie- und Nullstellenverhalten eingeben sollen. Die Eigenschaften der gegebenen Antwort können – hier im Vergleich zu einer möglichen Musterlösung – bei STACK-Aufgaben grafisch dargestellt werden.

Frage 1  
Teilweise richtig  
Erreichte Punkte 0,50 von 1,00

Geben Sie eine ganzrationale Funktion  $f: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$  von Grad  $n \geq 1$  mit den folgenden Eigenschaften an:

- Eine Schnittstelle der Funktion  $f$  mit der  $x$ -Achse ist  $x = -5$ .
- Die Funktion  $f$  ist punktsymmetrisch zum Ursprung.

Eine mögliche Funktion ist  $f(x) = x^3 + 15x^2 + 75x + 125$

Ihre Antwort ist teilweise korrekt.

- Die von Ihnen angegebene Funktion schneidet die  $x$ -Achse in  $x = -5$ .
- Die von Ihnen angegebenen Funktion ist nicht punktsymmetrisch, denn es gilt  $-f(x) = -x^3 - 15x^2 - 75x - 125 \neq -x^3 + 15x^2 - 75x + 125 = f(-x)$ .

Das Schaubild zeigt die Musterlösung und Ihre Antwort:

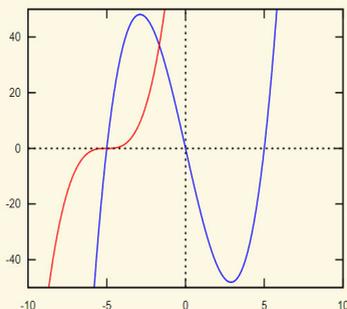


Abb. 3: Eine Aufgabe zu Nullstellen und Symmetrieeigenschaften einer Funktion mit individuellem Feedback.

## Differentialrechnung

Bei der Differentialrechnung können über den Rückmeldebaum beispielsweise die falsche Verwendung oder das Übersehen einer Ableitungsregel erkannt werden.

Berechnen Sie die Ableitung der folgenden Logarithmusfunktion  $f: ]0, \infty[ \rightarrow \mathbb{R}$  mit  $f(x) = \log_{25}(x)$

$$f'(x) = \frac{1}{x}$$

Ihre letzte Antwort wurde folgendermaßen interpretiert:

$$\frac{1}{x}$$

In Ihrer Antwort wurden die folgenden Variablen gefunden:  $[x]$

*Ihre Antwort ist nicht korrekt.*

Sie haben den Faktor  $\frac{1}{\ln(25)}$  übersehen. Es soll die Logarithmusfunktion zur Basis 25 abgeleitet werden, daher muss zuerst  $f(x) = \log_{25}(x)$  in den natürlichen Logarithmus umgeformt werden.

**Erläuterung:**

Es gilt (aufgrund der Logarithmengesetze):

$$f(x) = \log_{25}(x) = \frac{\ln(x)}{\ln(25)}$$

und damit gilt nach der bekannten Formel für die Ableitung von  $\ln(x)$  (da  $\frac{1}{\ln(25)}$  ein konstanter Faktor ist):

$$f'(x) = \frac{1}{\ln(25) \cdot x}$$

Abb. 4: Eine Aufgabe zur Differentialrechnung mit individualisiertem Feedback und Lösungsvorschlag.

In Abbildung 4 wurde die Ableitungsregel für den natürlichen Logarithmus fehlerhaft auf den Logarithmus zur Basis 25 angewandt, was entsprechend erkannt und zurückgemeldet wurde.

## Integrale

Bei der Integrationsrechnung ist in STACK-Aufgaben eine größere Variabilität bei den Antworten der Studierenden möglich. So kann die Integrationskonstante bei unbestimmten Integralen von Studierenden frei benannt werden. Wird diese von Studierenden vergessen, kann zudem ein entsprechendes Feedback mit möglicher Vergabe von Teil-

punkten gegeben werden. Außerdem sind klassische Fehler, wie das fehlerhafte Differenzieren statt Integrieren des Integranden erkennbar. Für letzteren Fehler liefert STACK beispielsweise bereits von Hause aus eine entsprechende Antwortüberprüfung. Über den Rückmeldebaum sind aber auch individuell weitere Rechenfehler, wie beispielsweise das Fehlen eines Minus in der partiellen Integration, überprüfbar. Außerdem erlaubt STACK auch das Rechnen mit Konstanten, wodurch auch das formale Rechnen mit Integralen ermöglicht werden kann. Hier wurden beispielsweise Aufgaben zu Integralabschätzungen und zur Linearität des Integrales abgefragt. Abbildung 5 zeigt eine STACK-Aufgabe zu Abschätzungen von Integralen. Dabei ist randomisiert, ob es sich bei der Funktion um eine fallende oder wachsende Funktion handelt. Es werden auch gültige Eingaben der Studierenden erkannt, die beispielsweise durch Addieren einer positiven Zahl entstehen. Würde die Testperson in dieser Aufgabe beispielsweise  $2 \cdot (b-a) \cdot c$  eintippen, so würde die Antwort korrekterweise als falsch interpretiert werden, da  $c$  auch negativ sein kann.

Es seien  $a, b \in \mathbb{R}$  mit  $0 < a < b$ .

Tool zum Nachbessern der Frage | Frage-Tests und eingesetzte Variablen

Weiter sei die Funktion

$$f : [a, b] \rightarrow \mathbb{R}$$

eine stetige und monoton fallende Funktion mit

$$f(a) = c \text{ und } f(b) = d.$$

Geben Sie eine Zahl  $M$  (gegebenenfalls in Abhängigkeit von  $a, b, c$  und/oder  $d$ ) an, von der Sie sicher wissen, dass sie größer oder gleich

$$\int_a^b f(x) \, dx$$

ist.

$$\int_a^b f(x) \, dx \leq M = \text{[(b-a)*c+4]}$$

Ihre letzte Antwort wurde folgendermaßen interpretiert:

$$(b - a) \cdot c + 4$$

In Ihrer Antwort wurden die folgenden Variablen gefunden:  $[a, b, c]$

Ihre Antwort ist korrekt.

Abb. 5: Eine Aufgabe zu Eigenschaften und Abschätzungen von Integralen.

Durch das zugrundeliegende CAS können zudem die Aufgaben im Bereich der partiellen Integration und der Substitutionsregel relativ

einfach randomisiert werden, ohne dass ein großer Aufwand beim Erstellen neuer Lösungsvorschläge entsteht. Der höhere initiale Aufwand beim Erstellen der Aufgabe amortisiert sich so schnell.

## Lineare Algebra

Für die Vorlesungen zum Teilmodul Lineare Algebra wurden und werden im Rahmen des inzwischen angelaufenen Projektes EduFIT, welches am Ende dieses Beitrages kurz vorgestellt wird, eine große Anzahl an Aufgaben mit abgestuften Schwierigkeitsgraden erstellt.

Geben Sie eine Teilmenge  $\mathcal{R} \subseteq \{1, 2, 3\} \times \{1, 2, 3\}$  mit Tool zum Nachbessern der Frage | Frage-Tests und eingesetzte Variablen genau 2 Elementen so an, dass  $\mathcal{R}$  eine transitive Relation auf  $\{1, 2, 3\}$  beschreibt.

$\mathcal{R} =$

Ihre letzte Antwort wurde folgendermaßen interpretiert:

$\{[1, 2], [2, 3]\}$

*Hinweis:* Geben Sie Teilmengen von kartesischen Produkten in der Form  $\{[1,2],[2,2],[2,3]\}$  an. Wichtig: Nutzen Sie eckige Klammern statt runder Klammern für die Tupel und verwenden Sie Kommata.

**Ihre Antwort ist teilweise korrekt.**

Die von Ihnen angegebene Relation  $\{[1, 2], [2, 3]\}$  umfasst genau 2 Elemente.

Ihre angegebene Relation ist leider nicht transitiv.

Da  $(1, 2) \in \mathcal{R}$  und  $(2, 3) \in \mathcal{R}$ , aber  $(1, 3) \notin \mathcal{R}$ , ist Ihre Relation nicht transitiv.

Abb. 6: Eine Aufgabe zu transitiven Relationen mit individuellem Feedback.

Die Aufgabe in Abbildung 6 erfordert beispielsweise von den Studierenden die Eingabe einer transitiven Relation auf einer vorgegebenen Menge, wobei die Relation zudem eine bestimmte und in einem gewissen Umfang randomisierte Zahl an Elementen besitzen soll. Die Studierenden erhalten bei fehlerhaften Eingaben hierbei Hinweise, weshalb ihre angegebene Relation nicht transitiv ist und ob die Anzahl der Elemente korrekt oder fehlerhaft ist. Diese Rückmeldung wurde hier durch Nutzung von in STACK definierbaren Feedbackvariablen, also Variablen, welche auch von den Antworten der Studierenden abhängen können, und des Rückmeldebaums umgesetzt. Zudem

erhalten die Studierenden auch hier eine mögliche korrekte Lösung sowie einen ausführlichen Lösungsvorschlag.

### **3.4 Herausforderungen**

Die Erstellung individuellen Feedbacks bei komplexen Aufgaben gestaltet sich auch dahingehend schwierig, dass das Abfangen spezifischer Fehler mit zunehmender Komplexität der Aufgaben schwieriger wird. So ist am Ergebnis einer Rechnung nicht immer jedwede Kombination von Fehlern erkennbar, die zu diesem Ergebnis geführt hat. Außerdem können so Fehler, die sich in Ihrer Wirkung gegenseitig aufheben, nicht abgefangen werden. Die meisten Fragen, die an der DHBW Mannheim eingesetzt wurden, enthielten keine Abfrage von Zwischenergebnissen, da diese den Rechenprozess vorwegnehmen. Ausnahmen bildeten hier beispielsweise Aufgaben zu festen Algorithmen. Bei der Überprüfung auf Folgefehler wurde hingegen meist auf Vergleiche mit Ergebnissen gesetzt, die bei Vorliegen häufiger Fehler oder Fehlerkombinationen auftreten. Dieses Vorgehen erfordert eine Analyse der häufigsten Fehler der Studierenden. Diese Analyse ist Teil des an späterer Stelle dieses Beitrags beschriebenen Projektes EduFIT. Die Möglichkeit ähnlich dem Vorgehen von Kallweit und Glasmachers lediglich bei Eingabe einer falschen Lösung eine gestufte Abfrage von Zwischenschritten zu starten (Kallweit & Glasmachers, 2019) bietet indes eine weitere vielversprechende Aussicht, die jedoch aufgrund der Laufzeit dieses Projekts und der technischen Rahmenbedingungen in diesem noch nicht adressiert werden konnte. Ebenso gestaltet sich die Abfrage von Beweisen immer noch als schwierig. In STACK ist beispielsweise mit der Antwortüberprüfung „Equivalence Reasoning“ eine Überprüfung von Zusammenhängen von Gleichungen und Ungleichungen vorhanden, jedoch kann damit nicht jede Beweisform abgebildet werden und die Kontrolle, ob die einzelnen Schritte in einer nachvollziehbaren Reihenfolge durch die Studierenden durchgeführt

wurden, erweist sich als nichttrivial. Dennoch kann beispielsweise das Vorliegen spezieller Zwischenschritte und deren Anzahl überprüft werden. Solche Fragen wurden im Rahmen der Überprüfung von Aufgaben zur vollständigen Induktion in der Lehrveranstaltung zur linearen Algebra eingesetzt. Auch der Einsatz von Lückentextkombinationen bietet im Zusammenspiel mit den Möglichkeiten der Analyse durch einen Rückmeldebaum einen Lösungsansatz für Beweisaufgaben.

#### **4 Erstes Feedback von Studierenden**

Nach Durchführung der oben beschriebenen Pilotierung wurde ein erstes Feedback der Studierenden eingeholt. Neben einer allgemein konstatierten Übersichtlichkeit des Testsystems wurden die Möglichkeiten zum zusätzlichen Üben gelobt. Ebenfalls wurde die Niederschwelligkeit und schnelle Durchführbarkeit der digitalen Aufgaben bei gleichzeitig zeitnahe Verifikationsfeedback positiv hervorgehoben.

Ein Kritikpunkt der Studierenden lag darin, dass nicht alle Rechenfehler in der gleichen Weise abgefangen werden konnten, wie in einer vergleichbaren „Papieraufgabe“ mit Angabe des Rechenwegs. Hier wurde der Wunsch nach einer weiter verfeinerten Gabe von Teilpunkten und Teilfeedback geäußert.

Die Ergebnisse aus den digitalen Tests fielen insgesamt sehr gut aus. Dabei muss jedoch angemerkt werden, dass es keine Kontrolle darüber gab, ob die Studierenden die Aufgaben eigenständig ohne Hilfestellung und ohne Hilfsmittel bearbeitet hatten. Dies wurde ebenfalls von einigen Studierenden in der Evaluation moniert.

## 5 Ausblick: Das Projekt EduFIT

Ausgehend von den Ergebnissen des oben beschriebenen Übungsbetriebes sowie den Erfahrungen aus der Studienvorbereitung und des Projekts optes soll der Einsatz digitaler Aufgaben im Rahmen des Übungsbetriebes an der DHBW Mannheim weiter ausgebaut und evaluiert werden. Hierzu wurde das Projekt EduFIT (Einsatz digital unterstützter Fragen zur Individualisierung von Tutorien) ins Leben gerufen, welches im Rahmen des Programms Freiraum 2022 von der Stiftung Innovation in der Hochschullehre seit 1. September 2022 gefördert wird. Die Ergebnisse sowie ausgewählte qualitätsgesicherte Fragenpools aus diesem Projekt sollen im Anschluss als OER verfügbar gemacht werden.

Im Wintersemester 2022/23 findet ein erster Pilotdurchlauf der Lehrveranstaltung in der Erstsemestervorlesung Lineare Algebra im Modul Mathematik I des Studienganges Informatik statt. Hier werden die Vorlesungen in allen sechs Kursen inhaltlich synchronisiert umgesetzt. Dies ermöglicht, dass die digitalen Aufgaben kursübergreifend zur Vorbereitung und Durchführung der vorlesungsbegleitenden Tutorien eingesetzt werden können. Eine Auswertung findet parallel sowie nach Abschluss des Semesters statt. Der aktuelle Pilot umfasst ca. 170 Studierende, der in sechs Kursen durch zwei Professoren, zwei akademischen Mitarbeiter\*innen des ZeMath sowie einen externen Lehrbeauftragten durchgeführt wird. Die Umsetzung der Tutorien erfolgt mit drei Projektmitarbeitern und fünf Lehrbeauftragten, die durch sechs studentische Hilfskräfte unterstützt werden. Dies ermöglicht eine Aufteilung der Tutorien in ein Basis- sowie ein Aufbau-tutorium. Die Einteilung der Studierenden in diese Tutorien werden jede Woche individuell anhand passender digitaler Vorlesungskurztests vorgenommen. Weiter werden die Tutorien selbst durch digitale Aufgaben unterstützt. Außerdem soll im Rahmen des Projekts untersucht werden, wie das Feedback digitaler Aufgaben um die Erkennbarkeit häufig auftretender, jedoch noch nicht abgefangener Fehler ergänzt werden kann. Für das Sommersemester wird das Konzept überarbeitet und in den Vorlesungen zum Teilmodul Analysis angewandt.

## Literaturverzeichnis

- Derr, K. (2021). Formatives E-Assessment und Diagnostik. In R. Küstermann, M. Kunkel, A. Mersch, & A. Schreiber (Hrsg.), *Selbststudium im digitalen Wandel* (S. 128-140). Wiesbaden: Springer Spektrum. doi:[https://doi.org/10.1007/978-3-658-31279-4\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-658-31279-4_10)
- Derr, K., Götz, G., & Peterfi, M. (2021). Optes-Kurse als Basis verschiedener Lehrangebote vor und nach Studienbeginn. (D. Ternes, & C. Schnekenburger, Hrsg.) #DUAL - ZHL-Schriftenreihe für die DHBW, 5: Synchron und asynchron: Berichte, Erfahrungen und Beispiele zur Lehre in 2020, S. 215-228.
- Kallweit, M., & Glasmachers, E. (2019). Adaptive Selbstlernaufgaben mit STACK. Contributions to the 1st International STACK conference 2018. Friedrich-Alexander-Universität, Nürnberg. doi:<https://doi.org/10.5281/zenodo.2562732>
- Kunkel, M., Küstermann, R., Mersch, A., & Schreiber, A. (Hrsg.). (2021). *Selbststudium im digitalen Wandel*. Wiesbaden: Springer Spektrum. doi:<https://doi.org/10.1007/978-3-658-31279-4>
- Sangwin, C. (2013). *Computer Aided Assessment of Mathematics Using Stack*. Oxford: Oxford University Press.
- STACK-Dokumentation. (2023). Potential response trees. Abgerufen am 15. Februar 2023 von STACK | Online Assessment: [https://docs.stack-assessment.org/en/Authoring/Potential\\_response\\_trees/](https://docs.stack-assessment.org/en/Authoring/Potential_response_trees/)
- Weigel, M. (2021). Der Fragetyp STACK. In M. Kunkel, R. Küstermann, A. Mersch, & A. Schreiber (Hrsg.), *Selbststudium im digitalen Wandel* (S. 141-145). Wiesbaden: Springer Spektrum. doi:[https://doi.org/10.1007/978-3-658-31279-4\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-658-31279-4_11)
- Weigel, M., Derr, K., Hübl, R., & Podgayetskaya, T. (2019). STACK-Aufgaben im formativen eAssessment: Einsatzmöglichkeiten des Feedbacks. Contributions to the 1st International STACK conference 2018. Friedrich-Alexander-Universität, Nürnberg.
- Weigel, M., Hübl, R., Podgayetskaya, T., & Derr, K. (2018). Potential von STACK-Aufgaben im formativen eAssessment: Automatisiertes Feedback und Fehleranalyse. (FG Didaktik der Mathematik der Univ. Paderborn, Hrsg.) *Beiträge zum Mathematikunterricht*, S. 1419-1422.
- Offizielle Webseite und Dokumentation STACK (zuletzt aufgerufen am 15. Februar 2023) <https://stack-assessment.org/>
- Genannte Webseiten (alle zuletzt aufgerufen am 21. November 2022):
- DOMAIN-Datenbank (des AK Mathe Digital) für digitale Mathematikaufgaben: <https://db.ak-mathe-digital.de>
- Plattform DHBW Studienstart (DHBW Studienvorbereitung): <https://studienstart.dhbw.de>
- Materialienpool des Projekts optes: [https://www.digikos.de/goto\\_digikos\\_cat\\_80.html](https://www.digikos.de/goto_digikos_cat_80.html)

### **3. Das digitale Mathematik-Lernzentrum der Hochschule Magdeburg-Stendal und seine Integration in die Grundlagen-Lehrveranstaltungen Mathematik**

---

*Reik V. Donner, Gozel Judakova, Oleg Boruch Ioffe, Klaas Brandt, Lisa König*

*Hochschule Magdeburg-Stendal*

Parallel zum Auf- und Ausbau eines Selbstlernangebots im Bereich Mathematik wurde an der Hochschule Magdeburg-Stendal im Sommersemester 2022 erstmals eine systematische Verknüpfung von digitalen Übungsaufgaben sowie freiwilligen E-Assessments mit der (Inverted Classroom) Lehrveranstaltung Mathematik 2 im Bereich Bauingenieurwesen erprobt und umfassend hochschuldidaktisch evaluiert. Die Ergebnisse dieses experimentellen Lehr-Lern-Settings geben erste interessante Hinweise auf die Motivation und Präferenzen der Studierenden bei der Nutzung digitaler Lernmaterialien und Unterstützungsangebote sowie deren Effekte auf den Lernerfolg und zeigen mögliche Prinzipien auf, wie diese lernförderlich gestaltet und eingesetzt werden können.

#### **1 Einführung**

Digitale Lernmaterialien bieten Studierenden insbesondere in sogenannten Grundlagen-Fächern wie der Mathematik eine Möglichkeit, individuelle Defizite im Verständnis der Lehrinhalte einer entsprechenden Lehrveranstaltung parallel zeit- und ortsungebunden zu reduzieren und idealerweise gänzlich aufzuholen. Sie ergänzen insofern in natürlicher Weise traditionelle Präsenz-Angebote wie studentische Tutorien oder begleitende Elementar-Mathematik-Veranstaltungen

zum Auffüllen entsprechender Wissenslücken. Speziell im Kontext des Emergency Remote Teaching (Hodges u.a., 2020; Bond u.a., 2021; Erlam u.a., 2021) im Zuge der weltweiten Covid-19-Pandemie sind seit Anfang 2020 zahlreiche digitale Lehr- und Lernmaterialien entstanden, die mit geeigneter Aufbereitung und didaktischer Begleitung durch Hochschullehrende eine hervorragende Grundlage für den Auf- und Ausbau entsprechender Materialsammlungen zur Unterstützung des Selbststudiums bilden können.

Vor dem Hintergrund einer zunehmend heterogeneren Studierendenschaft insbesondere an Hochschulen für Angewandte Wissenschaften besteht eine wachsende Erwartungshaltung seitens Hochschulleitungen und Bildungsexpert:innen, dass digitale Unterstützungsangebote einen nennenswerten Beitrag zur Verbesserung der Studienleistungen und somit inhärent auch zur Reduzierung von hohen Studienabbruch-Quoten (Heublein und Schmelzer, 2022) insbesondere in Mathematik-intensiven WiMINT-Studiengängen (Wirtschaft, Mathematik, Ingenieur- und Naturwissenschaften) leisten können. Dieser Erwartungshaltung Rechnung tragend, wurden in den vergangenen Jahren an vielen Hochschulen einschlägige Projekte initiiert und umgesetzt.

Zur Sicherstellung einer entsprechenden qualifizierten Evaluation und somit auch eines Transfers über die eigenen Hochschulgrenzen hinaus hat sich gezeigt, dass eine enge hochschuldidaktische bzw. sozialwissenschaftliche Begleitforschung, die Elemente aus Anwendungs- und Interventionsforschung miteinander verknüpft, ein unschätzbares Hilfsmittel darstellen kann (Merkt u.a., 2017). Insbesondere der Design-Based Implementation Research (DBIR)-Ansatz (Penuel u.a., 2011) hat sich in den vergangenen Jahren als ein probates Mittel zur Begleitung und Unterstützung entsprechender innovativer Lehr-Lern-Projekte herauskristallisiert.

Digitale Übungsaufgaben sowie freiwillige oder sogar verpflichtende digitale Tests bieten Studierenden die Möglichkeit eines automatisierten und damit sofort verfügbaren Feedbacks zum individuellen Kompetenzstand. Sie geben somit wichtige Informationen darüber, inwieweit eine weitergehende Befassung mit den zur Verfügung stehenden Lernmaterialien erforderlich ist, um ggf. bestehende Defizite aufzuholen (Tempelaar u.a., 2012). Gleichzeitig bieten digitale Lehr- und Lernmaterialien aber auch für Lehrende große Potenziale. Anhand der Nutzungshäufigkeiten digitaler Unterstützungsmaterialien (z.B. Aufrufe von Lehrvideos, PDF-Dateien oder digitalen Aufgaben) sowie der Erfolgsquoten beim Bearbeiten digitaler Übungs- und Testaufgaben können Lehrende wie auch Begleitforschung retrospektiv, aber auch semesterbegleitend Rückschlüsse auf die Relevanz dieser Materialien für die Lernstrategien der Studierenden sowie den gruppenweisen oder sogar individuellen Erfolg im entsprechenden Erwerb mathematischer Grundlagen- und Anwendungskennntnisse ziehen. So können Interventionsmöglichkeiten auf fachlicher wie auch didaktischer Ebene identifiziert, umgesetzt und fortlaufend evaluiert werden. Die genannten, innerhalb entsprechender Lern-Management-Systeme zur Verfügung stehenden Daten, stellen insofern eine hervorragende Grundlage zur Nutzung von Learning Analytics-Konzepten (Lang u.a., 2022) auf Lehrveranstaltungs-Ebene bis (mit entsprechenden Einschränkungen aufgrund datenschutzrechtlicher Vorgaben) ggf. hinunter zum einzelnen Studierenden dar (Günther und Brunnhuber, 2019).

Der vorliegende Beitrag liefert einen ersten Erfahrungsbericht hinsichtlich der Nutzung entsprechender Ansätze am Beispiel der Lehrveranstaltung „Mathematik 2 für Bauingenieur:innen“ im Sommersemester 2022 an der Hochschule Magdeburg-Stendal, welche den Beginn einer systematischen Implementation regelmäßiger digitaler Übungsaufgaben sowie Zwischentests in der ingenieurmathematischen Grundlagen-Ausbildung des Studiengangs Bauingenieurwesen darstellt. Die

entsprechende Integration erfolgt im Rahmen des Projekts „h2d2 – didaktisch und digital kompetent Lehren und Lernen“, das im Zeitraum 2021-2024 eine gründliche Vorbereitung, Umsetzung und systematische hochschuldidaktische Begleitung ermöglicht.

## **2 Digitale Mathematik-Aufgaben an der Hochschule Magdeburg-Stendal**

Die Nutzung digitaler Unterstützungswerkzeuge im Bereich der ingenieurwissenschaftlichen Grundlagen-Lehrveranstaltungen speziell der Mathematik hat an der Hochschule Magdeburg-Stendal bereits eine längere Tradition. Schon 2013 wurde als Antwort auf eine zunehmende Heterogenität der Studierendenschaft, hohe Studienabbruchquoten sowie einen geringen Effekt traditioneller Mathematik-Vorkurse im Fachbereich Ingenieurwissenschaften und Industriedesign (IWID) ein verpflichtender papierbasierter Studieneingangstest elementarmathematischer Grundkenntnisse eingeführt (Breitschuh u.a., 2020). Für Studierende, die hierbei unzureichende Ergebnisse erzielten, standen insgesamt 60 Plätze innerhalb eines tutoriell betreuten mathematischen Online-Kurses der Hochschule Emden/Leer zur Verfügung, der auf freiwilliger Basis semesterbegleitend und kostenfrei in Anspruch genommen werden konnte.

Die nachweisbaren positiven Effekte dieses Kurses (Merkt u.a., 2014) motivierten in der Folge die Entwicklung eines eigenen Mathematik-Online-Vorkurses in Verbindung mit einem Mathematik-Online-Eingangstest, welcher in das Lern-Management-System (Moodle) der Hochschule integriert wurde und erstmals zum Wintersemester 2014/15 zur Verfügung stand. Neben der Begleitung durch Präsenz- und Online-Tutorien wurde dieses Online-Vorkurs-Angebot in der Folge zunehmend erweitert. Ab dem Wintersemester 2016/17 wurden die entwickelten Aufgaben auch im Rahmen der curricularen

Lehrveranstaltungen Mathematik 1 und 2 in den Studiengängen Maschinenbau, Elektrotechnik und Mechatronische Systemtechnik für verpflichtende semesterbegleitende Leistungsnachweise genutzt.

Während diese frühen digitalen Aufgabensammlungen zunächst nur richtige von falschen Antworten unterscheiden konnten, werden seit dem Wintersemester 2018/19 interaktive digitale Übungsaufgaben entwickelt, welche zusätzlich Hinweise zum Lösungsweg oder typischen Fehlerquellen bis hin zu vollständigen Musterlösungen enthalten. Als Plattform für die Eingabe mathematischer Formeln und Gleichungen wurde dabei das Moodle-Plugin WIRIS-Quizzes gewählt, das aufgrund der Nutzung eines grafischen Formeleditors eine relativ hohe Benutzer:innen-Freundlichkeit aufweist (Abb. 1), welche speziell Studierenden ohne Programmiererfahrungen entgegen kommt. Potenzielle Nachteile dieses Ansatzes bestehen neben der kommerziellen Natur der Software und der dadurch bedingten geringen Verfügbarkeit von Open Educational Resources (OER) insbesondere in Performanceproblemen (lange Bearbeitungszeiten der Aufgaben bei Erstellung, Korrektur oder Weiterentwicklung mittels der zugehörigen Software CalcMe des gleichen Anbieters), deren genauer technischer Hintergrund bislang nicht abschließend geklärt werden konnte. Aus diesem Grund ist perspektivisch ein Umstieg auf das Open-Source-System STACK vorgesehen, für das eine weltweite Entwicklungs- und Anwendungs-Community existiert, die auch eine große Zahl bereits entwickelter digitaler Mathematik-Aufgaben als OER zur Verfügung stellt. Erste Vorbereitungen für einen entsprechenden, stufenweise erfolgenden Systemwechsel haben an der Hochschule Magdeburg-Stendal im Herbst 2021 begonnen, sind jedoch nicht Gegenstand des vorliegenden Beitrags.

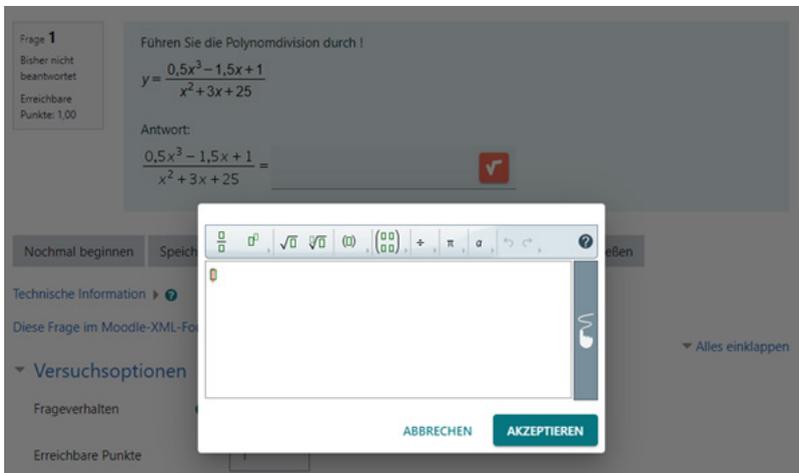


Abb. 1: Eingabeansicht des WIRIS-Formeleditors in einer Moodle-Test-Umgebung.

Neben der fortlaufenden Entwicklung weiterer digitaler WIRIS-Aufgaben gab es seit 2019 erste Bestrebungen, die bestehenden digitalen Angebote auch für die Lehre an anderen Fachbereichen der Hochschule zu erschließen. Parallel hierzu gab es Initiativen verschiedener Hochschullehrender unterschiedlicher Fachbereiche zur Einrichtung von Methodenbüros als zentrale Anlaufstellen für studien- und forschungsbezogene Fragestellungen in den Bereichen quantitative, statistische und qualitative Lehr- und Forschungsmethoden sowie mathematisch-physikalische Methoden. Neben der Organisation spezieller Kursangebote sollten diese Methodenbüros als Anlaufstelle für Studierende, Lehrende und sonstige Mitarbeitende der Hochschule bei allen individuellen methodischen Fragen dienen. Ein entsprechender Antrag wurde im Februar 2020 der Hochschulleitung vorgelegt und von dort im März 2020 an die fachlich zuständige Kommission für Studium und Lehre weitergeleitet.

Aufgrund des Ausbruchs der Covid-19-Pandemie und dem damit verbundenen Lockdown änderten sich kurz darauf abrupt sämtliche

Schwerpunktsetzungen in der Arbeit der Hochschulgremien, sodass der genannte Antrag in der Folge nie weitergehend beraten wurde. Stattdessen wurden im Zuge des Emergency Remote Teachings Wege gesucht, kurzfristig geeignete, tutoriell begleitete Selbstlernangebote für Studierende aller Fachrichtungen zu etablieren. Im Bereich der Mathematik-Grundausbildung wurde dabei auf die Vorarbeiten am Fachbereich IWID zurückgegriffen und ein kuratierter Moodle-Kurs mit mathematischen Selbstlern-Materialien sowie den bereits vorliegenden digitalen WIRIS-Übungsaufgaben aufgesetzt, der hochschulweit allen Studierenden speziell der ingenieur- und wirtschaftswissenschaftlichen Fachrichtungen zur Verfügung stand. Die Betreuung und Weiterentwicklung dieses digitalen Mathematik-Lernzentrums erfolgte im Rahmen des BMBF-Projekts MINT-Service (FKZ: 01PL16094) als Fachbereichsprojekt des Zentrums für Hochschuldidaktik und angewandte Hochschulforschung. Der Umfang der verfügbaren digitalen Aufgaben konnte mit Unterstützung durch studentische Mitarbeitende in der Folge systematisch erhöht werden. Binnen zwei Jahren entstand hieraus bis Sommer 2022 eine umfangreiche Sammlung von mehr als 450 Aufgaben zu verschiedenen Themenkategorien (Grundlagen: Mengenlehre, Gleichungen und Ungleichungen, Folgen und Reihen sowie Eigenschaften reeller Funktionen; Zahlensysteme: komplexe Zahlen; Lineare Algebra: Determinanten, lineare Gleichungssysteme und Matrizen sowie Vektorrechnung und Analytische Geometrie; Analysis: Differenzieren/Ableiten, Differenzieren/partielles Ableiten bei mehreren Variablen, Integrationsmethoden, Differenzialgleichungen 1. Ordnung und Differenzialgleichungen höherer Ordnung). Die aktuell vorliegende Kategorisierung reflektiert dabei den Umfang der jeweils vorhandenen digitalen Aufgabensammlungen und nicht eine „organische“ Klassifikation der ingenieurmathematischen Lehrinhalte in den Studienfächern des Fachbereichs IWID sowie des Bereiches Bauwesen, von deren Mathematik-Lehrenden der entsprechende Aufbau des digitalen Mathematik-Lernzentrums federführend getragen wurde und wird. Bewusst ist den beteiligten Lehrenden dabei die

aktuell noch fehlende Abdeckung wichtiger Themenfelder wie bspw. der Statistik, welche im Fokus geplanter Weiterentwicklungen steht.

### **3 Pilotstudie zur Integration digitaler Übungsaufgaben in eine ingenieurmathematische Grundlagen-Lehrveranstaltung**

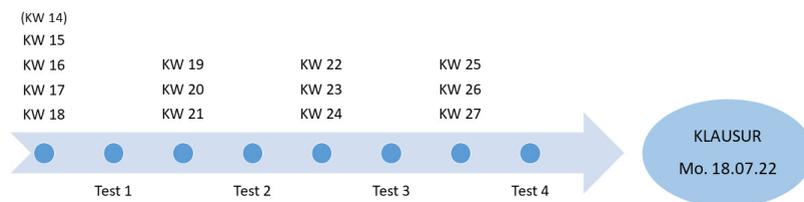
Als Pilotstudie zur systematischen und tiefgreifenden Integration digitaler Übungsaufgaben im Zusammenspiel mit klassischen wie auch weiteren digitalen Lehrmaterialien wurde im Sommersemester 2022 erstmals ein regelmäßiger Einsatz im Rahmen der Lehrveranstaltung „Mathematik 2 für Bauingenieur:innen“ erprobt und umfassend evaluiert. Die Lehrveranstaltung ist curricular im 2. Fachsemester des Regelstudiengangs angesiedelt und umfasst während eines Vorlesungszeitraums von 14 Wochen jeweils 2 SWS Vorlesungen und Übungen. Der parallel angebotene Dualstudiengang bietet die gleiche Veranstaltung während des 3. Fachsemesters jeweils im Wintersemester an, was eine regelmäßige Evaluation und Weiterentwicklung des Konzepts ermöglicht. Die behandelten Themen beinhalten die wesentlichen Grundkonzepte der Analysis. Beginnend mit der Behandlung von Zahlenfolgen und –reihen sowie des zugehörigen Konvergenzbegriffs werden im Anschluss wesentliche Eigenschaften reellwertiger Funktionen einer Veränderlichen diskutiert und an den wichtigsten Funktionsklassen ausführlich diskutiert. Im zweiten Teil des Semesters werden die Differenzial- und Integralrechnung mit einer Variablen sowie deren Anwendungsgebiete besprochen.

Die Lehrveranstaltung bildet den zweiten von drei Teilen eines Vorlesungszyklus, welcher seit dem Wintersemester 2021/22 erstmals im Inverted Classroom-Modell durchgeführt wird. Hierbei kommen wöchentlich kleinteilige Lehrvideos zum Einsatz, deren Umfang in der Summe etwa einer regulären Vorlesungseinheit (90 Minuten) entspricht

und die größtenteils während der Online-Lehrsemester im Zuge der Covid-19-Pandemie 2020/21 im Rahmen eines Emergency Remote Teachings entstanden sind. Die Präsenzphase zur Vorlesung dient zur Diskussion möglicher Fragen der Studierenden zu den Themen der Videos sowie zur Vertiefung des Stoffes durch systematische Einordnung und Gegenüberstellung der zugrundeliegenden Konzepte, ausgewählte Beispiele sowie das Herstellen von möglichen Praxisbezügen. Für die wöchentliche Übung wird idealerweise jeweils rechtzeitig im Vorfeld der Veranstaltung eine Auswahl von Aufgaben im PDF-Format ausgegeben, welche exemplarisch in der Übungseinheit besprochen werden. Diese klassischen Übungsaufgaben, die zugehörigen umfangreichen Musterlösungen sowie Sammlungen von Altklausuren und deren Musterlösungen werden den Studierenden gemeinsam mit den Lehrvideos sowie einem umfangreichen Vorlesungsskript innerhalb eines Moodle-Kurses zur Verfügung gestellt. Zum Zeitpunkt der beschriebenen Studie lagen einige der Musterlösungen sowie die Aufzeichnungen einer Vorlesungseinheit noch nicht vor; trotzdem gehen die Verfasser:innen davon aus, dass der Umfang des existierenden Materials eine geeignete statistische Auswertung und aussagekräftige Interpretationen der Ergebnisse ermöglicht.

Ausgehend von den vorgenannten Materialien wurden im Sommersemester 2022 erstmals zusätzlich weitere digitale Ergänzungsmaterialien bereitgestellt, die den Fokus der vorgestellten Untersuchungen bildeten. Zu den meisten der im Modul behandelten Themenfelder existierten innerhalb des digitalen Mathematik-Lernzentrums bereits mittels der Software WIRIS erstellte Implementierungen digitaler Aufgaben, von denen eine geeignete Auswahl von üblicherweise drei Aufgaben pro Woche Studierenden im modulbegleitenden Moodle-Kurs als Selbst-Test zur Verfügung gestellt wurde. In Einzelfällen wurden geeignete Aufgaben auch semesterbegleitend spezifisch auf die Vorlesungsinhalte abgestimmt neu erstellt. Zusätzlich zu diesem optiona-

len Angebot konnten die Studierenden im Rahmen von insgesamt vier beaufsichtigten E-Assessments jeweils bis zu drei Bonuspunkte erwerben, welche den Ergebnissen der regulär am Semesterende angebotenen zweistündigen Abschluss-Klausur (mit dort regulär erreichbaren maximal 64 Punkten) hinzugerechnet wurden. Diese Bonustests stellen grundsätzlich ein freiwilliges Angebot dar und hatten weder einen unmittelbaren Einfluss auf die Zulassung zur Abschlussprüfung noch auf die für die Klausur angesetzten Punkte-Niveaus für einzelne Endnoten, welche exakt den Punkteklassen der Vorsemester in diesem Kurs entsprachen. Zeitschiene und grobe Inhalte der Bonustests sind Abb. 2 zu entnehmen.



**Inhalte der digitalen Bonus-Tests** (jeweils drei Aufgaben):

Test 1 (Do., 05.05.22): Konvergenz von Zahlenfolgen; Symmetrie von Funktionen; Grenzwerte und Unstetigkeit  
 Test 2 (Do., 31.05.22): Polynomdivision mit Rest; Lösung einer Exponential- oder Logarithmusgleichung; Lösung einer trigonometrischen Gleichung

Test 3 (Do., 16.06.22): Ableitung von Funktionen; Grenzwertbestimmung mit der Regel von l'Hospital; Extremwert-Bestimmung von Funktionen

Test 4 (Do., 07.07.22): Berechnung von unbestimmten, bestimmten und uneigentlichen Integralen; Partialbruch-Zerlegung zur Integration einer gebrochen-rationalen Funktion; Flächen- bzw. Volumenberechnung mit Hilfe der Integralrechnung

Abb. 2: Zeitschiene und Inhalte der vier digitalen Bonustests im Sommersemester 2022.

Die Nutzung von Moodle als zentralem Verteilungspunkt für die digitalen Lehrveranstaltungs-Materialien sowie Plattform des digitalen Mathematik-Lernzentrums ermöglichte die Erhebung von Aufrufstatistiken der einzelnen Angebote und Nutzenden, welche allerdings leider erst ab der vierten Lehrveranstaltungswoche gewonnen werden konnten und anschließend in anonymisierter Form analysiert wurden. Neben den entsprechenden Tagesunique (d.h. sich auf einen konkreten Kalendertag beziehenden material- und nutzenden-spezifischen Indikatorvariablen, welche beschreiben, ob eine bestimmte

Video- oder PDF-Datei bzw. eine Moodle-Testumgebung durch einen bestimmten Nutzenden an einem gegebenen Tag mindestens einmal aufgerufen wurde oder nicht) konnten darüber hinaus auch die Ergebnisse der digitalen Bonustests sowie der Abschlussklausur zur statistischen Auswertung herangezogen werden. Eine darüber hinaus gehende Analyse der Erfolgsquoten bei einzelnen digitalen Übungsaufgaben und Bonustests ist bei dem gewählten Learning Analytics-Setting darüber hinaus im Grundsatz möglich. Aus Zeitgründen konnte diese jedoch nicht semesterbegleitend umgesetzt und zur Identifikation von konkreten didaktischen Interventionspotenzialen eingesetzt werden, sondern ausschließlich retrospektiv zu einem späteren Zeitpunkt erfolgen.

## **4 Ergebnisse**

Als Aktivitätsindikatoren wurden die Tagesuniques der folgenden Angebote betrachtet:

- Digitale Bonustests innerhalb des Moodle-Kurses des digitalen Mathematik-Lernzentrums (insgesamt 4 Tests)
- Wöchentliche digitale Übungstests innerhalb des Moodle-Kurses des digitalen Mathematik-Lernzentrums (insgesamt 13 Tests)
- Klassische PDF-Aufgaben zzgl. Musterlösungen (insgesamt 13 Aufgabenblätter)
- PDF-Dateien der Altklausuren zzgl. Musterlösungen (insgesamt 5 Klausuren, Sommersemester 2019 bis Sommersemester 2021)
- Vorlesungsvideos (insgesamt 90 Videos) sowie ergänzende Materialien als PDF-Dateien (insgesamt 4 Dateien)

Mit Ausnahme der beiden erstgenannten Angebote erfolgte der Zugriff jeweils über den Moodle-Kursbereich der aktuellen Lehrveranstaltung.

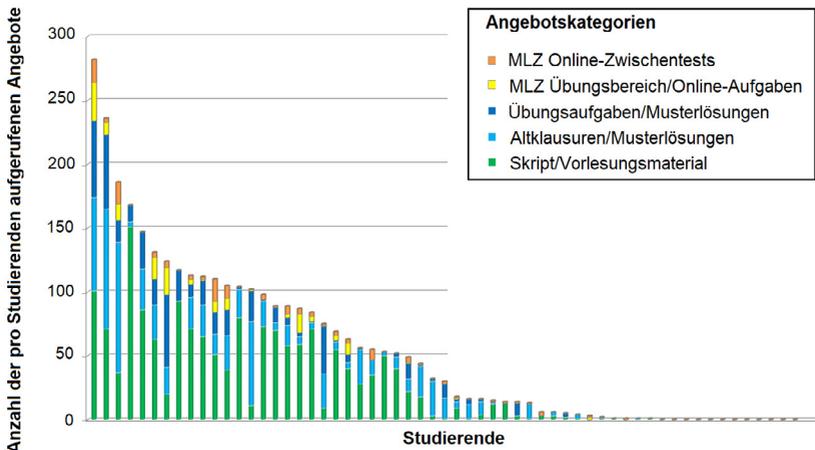


Abb. 3: Nutzungshäufigkeiten der verschiedenen Angebote (Farbschema siehe Legende) durch die einzelnen Studierende ab Beginn der vierten Lehrveranstaltungswoche.

Der erste Schritt der anschließenden Analyse bestand in einer statistischen Aufbereitung der summarischen Nutzungshäufigkeiten aller Angebote pro Studierendem (Abb. 3). Hierbei konnte festgestellt werden, dass die Gesamtnutzung pro Person sehr heterogen war und neben einigen Vielnutzenden (vier Personen mit mehr als 150 Gesamtzugriffen) einen Großteil der Studierenden mit 50-150 Zugriffen, aber auch zahlreiche Nutzende mit weniger als 50 bis hin zu gar keinen Zugriffen umfasste. Bei Letzteren handelte es sich dem Anschein nach insbesondere um Studierende, welche sich bereits zu Beginn des Semesters kurz nach der Kurseinschreibung gegen eine Fortsetzung des Kurses und Ablegung der entsprechenden Prüfung im laufenden Semester entschlossen hatten. Hinzu kamen einige Studierende, die die Prüfung im betrachteten Semester nach- oder aufgrund vor-

herigen Nichtbestehens wiederholen mussten und daher nicht an den turnusmäßigen Lehrveranstaltungen teilnahmen und somit auch erst in der unmittelbaren Prüfungsvorbereitung von den verschiedenen Angeboten Kenntnis erhielten bzw. diese nutzten.

Neben der individuellen Nutzungsfrequenz der verschiedenen Angebote ermöglichen die erhobenen Nutzungsstatistiken die Klassifikation der in beiden Moodle-Kursen (Mathematik-Lernzentrum sowie Lehrveranstaltung Mathematik 2) eingeschriebenen Studierenden zur Identifikation spezifischer Nutzendentypen (vgl. Kempen und Liebendörfer, 2021):

1. Nichtnutzende
2. Reine Test-Nutzende (mindestens 3 Tagesuniques im Mathematik-Lernzentrum, weniger als 3 Tagesuniques im Kursbereich Mathematik 2)
3. Reine Kurs-Nutzende (mindestens 3 Tagesuniques im Kursbereich Mathematik 2, weniger als 3 Tagesuniques im Mathematik-Lernzentrum)
4. Allesnutzende (jeweils mindestens 3 Tagesuniques in beiden Kursbereichen).

Summarisch ist festzustellen, dass die reinen Kurs-Nutzenden (23) insgesamt die größte Gruppe der betrachteten Studierenden darstellten und ihre Anzahl die der regelmäßigen Teilnehmenden an den Präsenz-Lehrveranstaltungen (Präsenzphase der Inverted-Classroom-Vorlesung sowie traditionelle Präsenz-Übung) klar übertraf. Neben Studierenden mit fehlender fachlicher oder technischer Affinität zu digitalen Tests, die in einem ingenieurwissenschaftlichen Studiengang weniger stark vertreten sein sollten, umfasste diese Gruppe vor allem insbesondere solche Studierende, die aus unterschiedlichen Gründen grundsätzlich nur wenige Angebote nutzten und ggf. auch nicht an

der abschließenden Prüfung teilnahmen. Ähnliches gilt für die Gruppe der Nichtnutzenden (17 Personen), die nur wenig kleiner ausfiel als die Gruppe der Allesnutzenden (18 Personen), die weitestgehend mit den Studierenden identisch sein dürfte, die nicht nur regelmäßig an den Bonustests teilnahmen, sondern auch zumindest teilweise persönlich die Vorlesungen und Übungen besuchten. Studierende, die ausschließlich die digitalen Tests nutzten, konnten nicht identifiziert werden, was durch den direkten Bezug der Übungen auf andere digitale Materialien erklärt werden könnte.

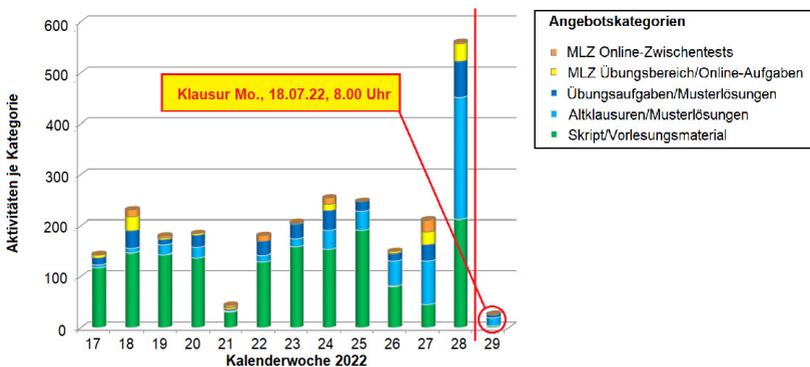


Abb. 4: Summarisches Aktivitätsverhalten aller Studierenden je Kalenderwoche.

Interessante Informationen zum Lernverhalten (und damit auch indirekt zur Lernmotivation) der Studierenden liefert auch der Zeitverlauf der summarischen Nutzungshäufigkeiten aller Angebote. Abbildung 4 zeigt, dass es mit Ausnahme des 2. Bonustests bei drei der vier Tests zu einer erhöhten Nutzungsfrequenz der verschiedenen Angebote kam, was auf eine gezielte zeitnahe Vorbereitung zumindest eines Teils der Studierenden auf diese Tests hindeutet. Besonders interessant ist die enorme Zunahme der Nutzungen unmittelbar vor der Abschlussklausur, welche an einem Montagmorgen (18.07.2022) bereits um 8.00 Uhr stattfand. Insbesondere die Tatsache, dass selbst

an diesem Tag noch eine nennenswerte Zahl an Nutzungen der verschiedenen Materialien verzeichnet werden konnte, deutet auf einen starken Hang des untersuchten Matrikels zu einer Last-Minute-Prüfungsvorbereitung hin.

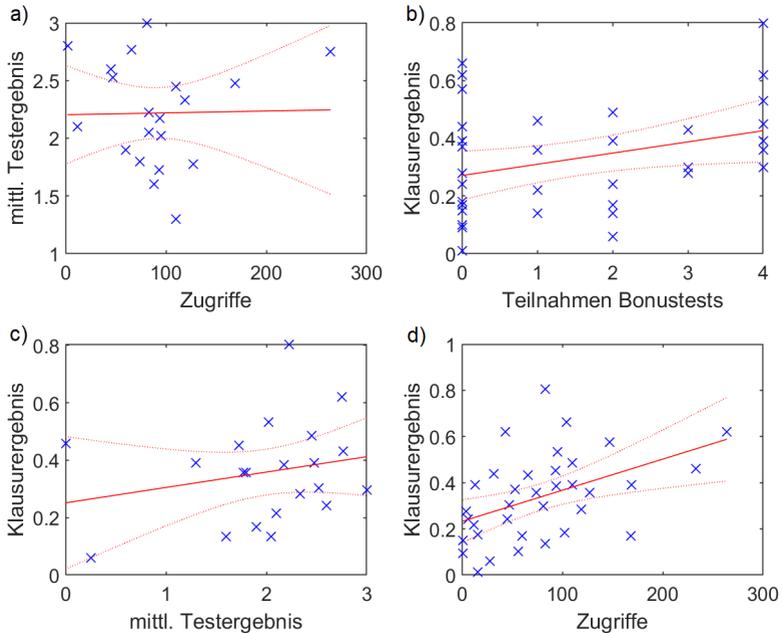


Abb. 5: Ergebnisse der statistischen Analyse von Zugriffshäufigkeiten und Performanz der einzelnen Studierenden: a) mittleres Ergebnis der Bonustests vs. Zahl der Zugriffe auf digitale Materialien, b) Klausurergebnis (Anteil an den maximal erreichbaren Punkten ohne Bonuspunkte) vs. Zahl der Bonustest-Teilnahmen, c) Klausurergebnis vs. mittleres Ergebnis der Bonustests, d) Klausurergebnis vs. Zahl der Zugriffe. Neben den eigentlichen Daten zeigt die durchgezogene Linie das Ergebnis einer linearen Regression mit 95%-Konfidenzbändern der zugehörigen Vorhersagen für die jeweils betrachtete abhängige Variable (gepunktete Linien).

Neben der Analyse der Nutzungshäufigkeiten pro Angebot, Studierenden und Kalenderwoche erlauben die erhobenen Daten auch die Untersuchung eines möglichen Zusammenhangs zwischen dokumentierten Lernaktivitäten und dem erfolgreichen Abschneiden bei digitalen Bonustests sowie der abschließenden Klausur. Zur Beschreibung des Erfolgs bei letzterer wurde die Gesamtpunktzahl ohne Einbeziehung der zuvor erworbenen Bonuspunkte herangezogen.

Hinsichtlich des Abschneidens bei den Zwischentests wurde eine Bereinigung der Datenbasis um zwei Studierende vorgenommen, welche nur an einem bzw. zwei Tests teilnahmen und dabei außergewöhnlich schlecht (0 bzw. 0 + 0,5 Punkte) abschnitten. Nach erfolgter Bereinigung konnte keine nennenswerte lineare Korrelation zwischen durchschnittlichem Testergebnis (insgesamt zwischen 1,3 und den maximal möglichen 3,0 Punkten) und der Gesamthäufigkeit der Zugriffe auf die Lernmaterialien (zwischen nahe 0 und insgesamt ca. 270 Aufrufe) festgestellt werden (Abb. 5a; auswertbarer Stichprobenumfang  $N=20$ , linearer Korrelationskoeffizient  $r=0.02$  mit  $p$ -Wert  $p=0.93$ ).

Tabelle 1: Zahl der Klausur-Teilnehmenden bzw. Nicht-Teilnehmenden in Abhängigkeit von der Zahl der Teilnahmen an den digitalen Bonustests.

Zahl der Testteilnahmen	Klausur-Teilnehmende	Nicht-Teilnehmende
0	15	22
1	4	1
2	6	0
3	3	0
4	8	0

Ein deutlicher Zusammenhang bestand zwischen der Zahl der Teilnahmen an Bonustests und der Wahrscheinlichkeit der Klausurteilnahme (unter den nicht an Tests Teilnehmenden traten nur 15 von 37 Studierenden zur abschließenden Prüfung an, wohingegen alle Studierenden mit mindestens zwei Testteilnahmen auch zur Klausur antraten (Tabelle 1; exakter Fisher-Test mit  $N=59$ ,  $p=0.00024$ ).

Zwischen der Zahl der absolvierten Bonustests und dem Klausurergebnis ohne Bonuspunkte konnte ein trotz des geringen Stichprobenumfangs signifikanter linearer Zusammenhang aufgezeigt werden (Abb. 5b;  $N=36$ ,  $r=0.34$ ,  $p=0.043$ ). Nicht signifikant war hingegen der Zusammenhang zwischen der durchschnittlichen Punktezahl der Bonustests und der Punktezahl bei der Klausur (Abb. 5c;  $N=21$ ,  $r=0.23$ ,  $p=0.32$ ). Der insgesamt stärkste, hoch signifikante lineare Zusammenhang konnte zwischen der Gesamt-Nutzungshäufigkeit aller digital bereit gestellten Materialien und der bereinigten Punktezahl bei der Abschlussklausur gefunden werden (Abb. 5d;  $N=35$ ,  $r=0.46$ ,  $p=0.006$ ).

Im Hinblick auf die Aussagekraft der vorgenannten Ergebnisse ist zu bedenken, dass die überschaubare Größe des untersuchten Matrikels gewisse Einschränkungen in Bezug auf die statistische Untersuchungs- und Analysemethodik mit sich brachte. Weitergehende Analysen der gewonnenen Daten unter Einbeziehung der Ergebnisse der abschließenden qualitativen Befragungen einzelner Studierender sollen im Zusammenhang mit einer Vergleichsstudie des folgenden Matrikels (Dualstudierende des Bauingenieurwesens im 3. Semester) am Ende des Wintersemesters 2022/23 erfolgen.

## **5 Diskussion und Ausblick**

Im Ergebnis der durchgeführten Studie konnten empirische Hinweise darauf gefunden werden, dass das Angebot digitaler Übungstests und

insbesondere auch freiwilliger digitaler Bonustests die Befassung der Studierenden mit diesen Lernmaterialien und damit mit den Lerninhalten insgesamt grundsätzlich fördert. Dies trägt tendenziell zu einem höheren Erfolg des mathematischen Kompetenzerwerbs bei, der sich in einer besseren Punktzahl bei der abschließenden Klausur niederschlägt. Ob diese ermutigenden Ergebnisse bereits allgemein aus der generellen Verfügbarkeit von (Selbst-) Assessments oder spezifischer deren digitaler Form resultieren, kann im Rahmen des vorgegebenen Studiendesigns nicht beantwortet werden. Festzuhalten bleibt jedoch, dass selbst Misserfolge bei den Online-Tests von den Studierenden sehr zeitnah durch Musterlösungen nachbereitet und somit zum weiteren Kompetenzerwerb genutzt werden können, was einen wichtigen Vorteil digitaler Tests gegenüber traditionellen papierbasierten Zwischentests bildet.

Grundsätzlich zeigte sich im untersuchten Matrikel eine klare Tendenz dahingehend, dass eine umfassendere Nutzung der verschiedenen digitalen Angebote mit einem höheren Prüfungserfolg einhergeht. Inwieweit dies einen kausalen Zusammenhang darstellt oder es vielmehr grundsätzlich die leistungsfähigeren (oder leistungsbereiteren) Studierenden sind, welche sich aufgrund einer höheren intrinsischen oder extrinsischen Motivation sowie ggf. besserer zur Verfügung stehender Ressourcen (keine parallele Berufstätigkeit, keine Betreuungsaufgaben) intensiver mit den zur Verfügung gestellten Lernmaterialien beschäftigen, kann durch die durchgeführte Pilotstudie ebenfalls nicht beantwortet werden. Zur weitergehenden Betrachtung dieser Fragestellung nach Abschluss der Studie durchgeführte qualitative Interviews mit einzelnen Studierenden konnten hierzu bislang ebenfalls keine abschließende Antwort liefern. Im Wintersemester 2022/23 werden die weiteren Untersuchungen daher um zwei Befragungen zu Semesterbeginn und –ende erweitert, welche insbesondere auch das Selbstkonzept und die grundlegenden Lern-

präferenzen der Studierenden gezielt mit in den Blick nehmen werden (Wadsworth u.a., 2007; Kim u.a., 2014; Bringula u.a., 2021).

Im Fazit stellt die durchgeführte Pilotstudie einen ersten Schritt dar, um die Integration digitaler Übungstests in eine ingenieurmathematische Grundlagen-Lehrveranstaltung weitergehend zu erproben und hinsichtlich ihrer studierendenseitigen Akzeptanz und ihres Nutzens für den Erwerb mathematischer Fachkompetenzen zu untersuchen. Aufbauend auf den bislang erzielten Ergebnissen werden die entsprechenden Untersuchungen in den kommenden drei Semestern bis zum Sommer 2024 weiter fortgesetzt, standardisiert und um regelmäßige Studierendenbefragungen zu Lerneinstellungen und –Präferenzen ergänzt werden. Die Verfasser:innen sind zuversichtlich, dass hierdurch die in der Pilotstudie noch nicht abschließend zu klärenden Fragestellungen durch weitere empirische Befunde unterlegt und damit weitergehend validiert oder ggf. auch falsifiziert werden können.

## **Danksagung**

Das hier beschriebene Lehrprojekt wurde im Rahmen des Projekts „h2d2 – digital und didaktisch kompetent Lehren und Lernen“ durch die Stiftung Innovation in der Hochschullehre gefördert. Die Autoren danken Rahim Hajji für die unverzichtbare Unterstützung bei der Entwicklung der Untersuchungsmethodik, Cornelia Breitschuh und Axel Lehmann für wertvolle Hinweise zur Historie von Entwicklung und Einsatz digitaler Mathematik-Aufgaben an der Hochschule Magdeburg-Stendal sowie allen an der Entwicklung der WIRIS-Aufgaben in den vergangenen Jahren beteiligten Kolleg:innen und studentischen Mitarbeitenden.

## Literaturverzeichnis

- Bond, M., Bedenlier, S., Marín, V.I., Händel, M. (2021). Emergency remote teaching in higher education: mapping the first global online semester. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 18, 50.
- Breitschuh, C., Eisenächer, K., Henning, S., Wetzel, C. (2020). Unterstützung von Studierenden in der Studieneingangsphase – den Einstieg erleichtern, Vorkenntnisse auffrischen, Studieren lernen. In: Merkt, M., Lequy, A., Herzog, M.A., Ding, Y., Wetzel, C. (Hrsg.): *Organisationsentwicklung in der Hochschullehre. Praxisberichte zum Qualitätspakt-Lehre-Projekt der Hochschule Magdeburg-Stendal*. Wby Media, Bielefeld, 17-38
- Bringula, R., Reguyal, J.J., Tan, D.D., Ulfa, S. (2021). Mathematics self-concept and challenges of learners in an online learning environment during COVID-19 pandemic. *Smart Learning Environments*, 8, 22.
- Erlam, G.D., Garrett, N., Gasteiger, N., Lau, K., Hoare, K., Agarwal, S., Haxell, A. (2021). What Really Matters: Experiences of Emergency Remote Teaching in University Teaching and Learning During the COVID-19 Pandemic. *Frontiers in Education*, 6, 639842.
- Günther, J., Brunnhuber, M. (2019). Learning Analytics mit Hilfe von Tests in Moodle. Tagungsband zum 4. Symposium zur Hochschullehre in den MINT-Fächern, DiNa-Sonderausgabe 09/2019, 207-213.
- Heublein, U., Schmelzer, R. (2022). Die Entwicklung der Studienabbruchquoten in Deutschland. *DZHW Brief* 05/2022.
- Hodges, C., Moore, S., Lockee, B., Trust, T., Bond, A. (2020). The Difference Between Emergency Remote Teaching and Online Learning. *EDUCAUSE Review*, March 27, 2020, <https://er.educause.edu/articles/2020/3/the-difference-between-emergency-remote-teaching-and-online-learning>
- Kempen, L., Liebendörfer, M. (2021). University students' fully digital study of mathematics: an identification of student-groups via their resources usage and a characterization by personal and affective characteristics. *Teaching Mathematics and its Applications*, 40, 436-454.
- Kim, C.M., Park, S.W., Cozart, J. (2014). Affective and motivational factors of learning in online mathematics courses. *British Journal of Educational Technology*, 45(1), 171-185.
- Lang, C., Siemens, G., Wise, A.F., Gasevic, D., Merceron, A. (Hrsg., 2022). *Handbook of Learning Analytics – Second Edition*. SoLAR - Society of Learning Analytics Research, Vancouver, BC.

- Merkt, M., Krauskopf, K., Breitschuh, C. (2014). Providing every Jack with his Jill – aiming for specific support of engineering students in developing basic mathematical skills. Conference of the International Consortium for Educational Development, ICED. Stockholm, Sweden
- Merkt, M., Krauskopf, K., Breitschuh, C. (2017). Angewandte Hochschulforschung am Beispiel der Mathematik in den Ingenieurwissenschaften. Zeitschrift für Hochschulentwicklung, 12(3), 93-112.
- Penuel, W.R., Fishman, B.J., Haugan Cheng, B., Sabelli, N. (2011). Organizing Research and Development at the Intersection of Learning, Implementation, and Design. Educational Researcher, 40(7), 331-337.
- Tempelaar, D.T., Kuperus, B., Cuypers, H., van der Kooij, H., van de Vrie, E., Heck, A. (2012). The Role of Digital, Formative Testing in e-Learning for Mathematics: A Case Study in the Netherlands. RUSC Universities and Knowledge Society Journal, 9(1), 284-305.
- Wadsworth, L.M., Husman, J., Duggan, M.A., Pennington, M.N. (2007). Online Mathematics Achievements: Effects of Learning Strategies and Self-Efficacy. Journal of developmental Education, 30(3), 6-14

## 4. Feedback für Lehrende anhand von Testergebnissen aus einem ILIAS-Kurs der Hochschule Merseburg

---

*Kristina Helle, Benjamin Wacker, Eckhard Liebscher  
Hochschule Merseburg, Ingenieur- und Naturwissenschaften*

### 1 Einleitung

An Hochschulen und Universitäten stehen die Lehrenden der Mathematik vor dem Problem, dass bei den Studierenden der MINT-Fächer und der Betriebswirtschaft zu Beginn des Studiums ein sehr unterschiedlicher Stand hinsichtlich der Fähigkeiten in Mathematik vorhanden ist. Zudem kamen in den letzten Jahren noch Lücken hinzu, die durch Unterrichtsausfälle aufgrund der Corona-Pandemie aufgetreten sind. Insgesamt fehlen den Studierenden teilweise Grundkenntnisse der Mathematik, die eigentlich bei Studienanfängern zu erwarten sind. Die Lehrenden stehen vor der Herausforderung, diese Heterogenität bei Kenntnissen und Fähigkeiten mit passenden didaktischen Methoden zu bewältigen. In diesem Zusammenhang können E-Learning-Angebote zu einer effektiven Gestaltung des Lernprozesses beitragen, wenn sie in die Lehrveranstaltungen geeignet eingebunden werden.

E-Learning-Angebote haben den Vorteil, dass sie zeit- und ortsunabhängig genutzt werden können. Damit sind sie prädestiniert für eine individuelle Gestaltung des studentischen Lernens. Mit Hilfe von E-Learning-Angeboten erhalten die Studierenden die Möglichkeit, ihren Wissensstand zu überprüfen, Lücken zu erkennen und diese zu beheben. Außerdem können die Studierenden sich mit

Hilfe dieser Angebote intensiv und effektiv auf die Prüfungen vorbereiten. E-Learning-Angebote werden schon seit längerer Zeit von einigen Autoren aus dem Blickwinkel der Lehrforschung analysiert. Insbesondere im Rahmen didaktischer Methoden für die aktivierende Lehre kommt diesen Online-Angeboten eine besondere Rolle zu, siehe Hering-Bertram (2022) und Derr u.a. (2021).

Seit 2013 werden an der Hochschule Merseburg Online-Angebote für die Mathematik-Grundlagenausbildung unter Verwendung des Learning-Management-Systems ILIAS entwickelt. Mittlerweile decken die Angebote sämtliche Themen der Grundlagenausbildung in Mathematik und Stochastik ab. Entwickelt wurde eine Vielzahl an Aufgabentests und ein Kompendium (Theorie, Formelsammlung, Beispiele) zur Grundlagenmathematik. Bei den Aufgabentests bekommt der Lernende ein Feedback inklusive der Musterlösung. Daraus kann er die Stellen identifizieren, wo er in seiner Lösung Fehler gemacht hat und wo Wissenslücken vorhanden sind. Es darf allerdings nicht verschwiegen werden, dass dies eine hohe Eigenmotivation und die Fähigkeit zur Selbstorganisation voraussetzt. Alle Online-Angebote stehen nach der Implementierung in ILIAS dauerhaft zur Verfügung und erfordern damit einen geringen Pflegeaufwand. Ähnliche E-Learning-Angebote wurden auch an anderen Hochschulen und Universitäten entwickelt. Das System optes ist hierzu ein Beispiel, siehe Derr u.a. (2021).

Während die Problematik oft aus der Perspektive der Studierenden betrachtet wird, sollte nicht vernachlässigt werden, dass insbesondere die Tests auch den Dozierenden die Chance bieten, eine Rückmeldung für ihre Veranstaltungen zu erhalten. Bei der Nutzung der Aufgabentests werden die Ergebnisse in Form einer Punktezahl abgespeichert. Die dabei anfallenden großen Mengen an Daten stehen für eine detaillierte Auswertung zur Verfügung. Die Lehrenden sind dabei daran interessiert, aus diesen Ergebnissen der Aufgabentests Erkennt-

nisse zur Gestaltung der Lehrveranstaltungen zu gewinnen. Es sollen die Stellen herausgefunden werden, an denen bei den Studierenden Schwierigkeiten auftreten.

Anliegen dieses Beitrages ist es nun, anhand von Beispielen aufzuzeigen, wie mit Hilfe statistischer Kennzahlen Erkenntnisse dazu gewonnen werden können, wie gut die Studierenden die einzelnen Aufgabentests bewältigen. Derartige Untersuchungen können auf ähnliche Weise auch an anderen Datenbeständen durchgeführt werden. Die statistische Analyse von Lernergebnissen im Rahmen von Learning Analytics ist mittlerweile eine populäre Forschungsrichtung, was an der großen Anzahl von Publikationen auf diesem Gebiet zu sehen ist, siehe zum Beispiel Ifenthaler u.a. (2022) oder Rebholz (2013).

Im Abschnitt 2 wird auf die Struktur der Daten eingegangen und es werden die statistischen Methoden kurz zusammengefasst, mit denen die Daten ausgewertet werden sollen. Anschließend werden in Abschnitt 3 die Ergebnisse bezüglich ausgewählter Daten vorgestellt. Zum Abschluss werden die Resultate in Abschnitt 4 zusammengefasst und diskutiert. Es wird dort ein Ausblick gegeben, wie sich die Auswertungsmöglichkeiten erweitern lassen.

## **2 Methode**

### **2.1 Einsatz der Aufgabentests in der Lehre**

Digitale Tests werden an der Hochschule Merseburg in allen Kursen der Grundlagenausbildung der Mathematik eingesetzt. Der größte dieser Kurse, der Kurs „Mathematik für Betriebswirte“ (für Studierende im 1. Semester Bachelor Betriebswirtschaft, Wirtschaftsingenieurwesen und Wirtschaftsinformatik), umfasst 2 SWS Vorlesungen und 3 SWS

Übungen mit traditionellen Aufgaben. Dieser Kurs soll in diesem Beitrag im Mittelpunkt stehen. Für die Teilnahme an der Prüfungsklausur ist in diesem Kurs die erfolgreiche Bewältigung von mindestens 6 digitalen Tests Voraussetzung. In diesem Zusammenhang heißt erfolgreich, dass mindestens 90 % der maximal erreichbaren Punkte erzielt werden. Das Bestehen weiterer Tests wird mit Bonuspunkten belohnt. Bis 6 % der Gesamtpunktzahl der Klausur kann man auf diese Weise zusätzlich erhalten. In den Übungen können weitere Bonuspunkte gesammelt werden, bis 4 % der Gesamtpunktzahl der Klausur sind hier zusätzlich möglich. Insgesamt darf die erreichte Punktzahl 100% der vorgesehenen Gesamtpunktzahl der Klausur nicht übersteigen. Die Note wird ausschließlich durch die in der Klausur erzielten Punktzahl inklusive Bonuspunkte bestimmt. Die ausgewerteten Daten stammen aus dem Wintersemester 2021/22 von 89 Studierenden.

## **2.2 Implementierung der Aufgabentests in ILIAS**

Die Aufgabentests zum Kurs „Mathematik für Betriebswirte“ sind in ILIAS (v6) implementiert und die Studierenden bearbeiten die Tests über diese Schnittstelle zu frei über das Semester wählbaren Zeiten. Für die Bearbeitung der Tests ist über das Semester keine Zeitbeschränkung vorgesehen. Es gibt nur die abschließende Frist für alle Tests kurz vor Beginn der Prüfungsphase. Es gibt 15 Tests zu verschiedenen Themen, die jeweils aus 3-6 Aufgaben bestehen (siehe Tabelle 1). Die Aufgaben werden aus Fragenpools zufällig zusammengestellt. Für jeden Aufgabentyp steht ein Fragenpool zur Verfügung, der je 10 bis 20 Instanzen enthält. Aus diesen Instanzen wählt ILIAS die konkreten Aufgaben aus, die für die Bearbeitung bereitzustellen sind. Diese Verfahrensweise sichert, dass bei mehrmaligem Bearbeiten des Tests in der Regel unterschiedliche Aufgaben vorliegen und ein Memorieren der Lösung nicht möglich ist. Die Vielfalt der Aufgabeninstanzen kann auch durch softwaregestütztes Generieren erreicht werden, wie in der Publikation

Liebscher und Michael (2019) beschrieben wird. Insgesamt wurden für den Mathematikurs 43 Aufgabentypen mit einheitlicher Gesamtpunktzahl entwickelt. Diese Aufgabentests sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

Tabelle 1: Aufgabentests im Kurs „Mathematik für Betriebswirte“.

Thema	Test	Punkte
Vektoren	1. Länge, Winkel, Skalarprodukt, Kreuzprodukt	26
	2. Lineare Unabhängigkeit, Spatprodukt, ökonomische Anwendungen	14
	3. Gerade, Ebene, Schnittpunkt	32
Matrizen	4. Matrixprodukt, Inverse, ökonomische Anwendungen	28
	5. Matrixgleichung	20
	6. Lineare Gleichungssysteme: Gauß-Algorithmus	25
Differentialrechnung mit einer Veränderlichen	7. Grenzwerte, rationale Funktionen	15
	8. Kurvendiskussion I	50
	9. Ökonomische Anwendungen	26
	10. Kurvendiskussion II	28
Differentialrechnung mit mehreren Veränderlichen	11. Partielle Ableitung, Tangentialebene	19
	12. Extremstellen I	39
	13. Extremstellen II	44
Integralrechnung	14. Grundintegrale	7
	15. Mit Substitution, rationale Funktionen	18

Um den Lernenden gewisse Erfolgserlebnisse und positive Erfahrungen zu verschaffen, werden vom System Zwischenergebnisse abgefragt und dafür bereits Punkte vergeben. Für jedes Eingabefeld kann man bei richtiger Eingabe in der Regel einen Punkt bekommen, gelegentlich gibt es bei anspruchsvolleren Lösungsschritten auch 2 Punkte. Die Eingabefelder sind zum größten Teil als numerische Eingabefelder umgesetzt. Es gibt aber auch Texteingabefelder und Single-Choice-Eingabefelder. Letzterer Eingabefeldtyp kommt insbesondere bei der

Eingabe von Formeln zum Einsatz. Es ist dabei vorgesehen, dabei in Zukunft verstärkt den STACK-Aufgabentyp einzusetzen.

## 2.3 Datenformat

Für jeden Test werden von ILIAS folgende Daten erhoben:

**Testbezogene Daten:** Hier sind nur die Gesamtzahl der Fragen und die maximal erreichbare Punktzahl von Interesse.

**Teilnehmerbezogene Daten:** Für jeden Teilnehmer wurde der beste bewertete Durchlauf ausgewählt. Dazu stehen das Testergebnis in Punkten, das Testergebnis als Note (Bewertung ‚bestanden‘ wird vergeben, wenn 90 % der Punkte erreicht werden), der Prozentsatz der vom Nutzer getätigten Eingaben und die Nummer des bewerteten Durchlaufs zur Verfügung.

**Versuchsbezogene Daten:** Für jeden Versuch der Teilnehmer und für jede absolvierte Aufgabe wird die erzielte Punktzahl gespeichert.

Die von ILIAS gespeicherten Daten lassen sich als Tabellen in Form von Excel- bzw. csv-Dateien herunterladen.

## 2.4 Datenauswertung

Für die statistische Auswertung wurden innerhalb von R geeignete Packages genutzt. Zunächst erfolgte die getrennte Speicherung von testbezogenen und versuchsbezogenen Daten. Redundante Daten wurden gelöscht, personenbezogene Daten pseudonymisiert (Package hash) und die Aufgabennamen aggregiert (Package string). Schließlich wurde jeweils eine Tabelle mit testbezogener, eine mit teilnehmer-

bezogener, und eine mit versuchsbezogenen Informationen erstellt. Letztere enthält als einzige Datenwerte die Punktzahlen zu den vom System ausgewählten Aufgabeninstanzen. Für die Plots der Ergebnisse kamen ggplot2 und RColorBrewer zum Einsatz. Für die Berechnung von statistischen Kenngrößen wie zum Beispiel Quantile wurden bekannte Standardprozeduren eingesetzt.

## **3 Ergebnisse**

### **3.1 Testbezogene Auswertung**

Die test- und teilnehmerbezogenen Daten wurden ausgewertet, um das Schwierigkeitsniveau der einzelnen Tests zu erfassen (Abbildung 1). Für jeden Test wurde gezählt, wie viele Personen ihn öffneten, ohne etwas einzugeben (Ansehen), wie viele einen oder mehrere Versuche machten, aber keinen davon bestanden (Versuch), und wie viele den Test erfolgreich absolvierten (Bestehen). Bei den Versuchen wurde nicht unterschieden, welche Eingaben gemacht wurden, z.B. nur zur ersten Aufgabe.

Sehr deutlich erkennt man, dass die Anzahl der Studierenden, die überhaupt die Aufgaben öffnen, im Laufe der Zeit sinkt. Von 89 Teilnehmern bei Test 1 fällt die Anzahl auf 24 bei Test 13, die letzten zwei Tests hatten dann wieder mehr Teilnehmer. Der Anteil derjenigen, die bestehen, ist beim ersten Test am höchsten mit 85 %, am geringsten bei Test 10 mit 29 %. Die Anteile jener, die den Test ohne Eingaben schließen, und jener, die es erfolglos versuchen, bewegen sich etwa synchron, was als Maß für die Schwierigkeit der Tests gewertet werden kann.

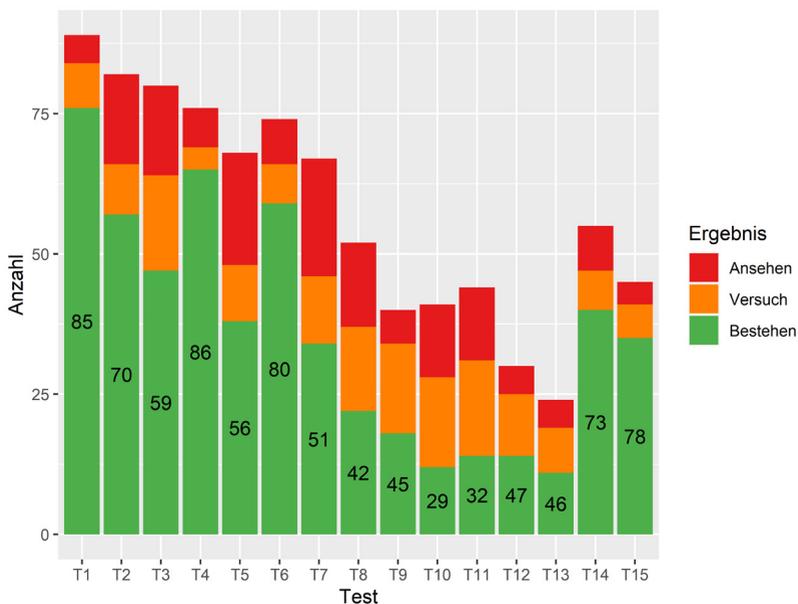


Abb. 1: Anzahl der Lernenden, die den jeweiligen Aufgabentest angesehen, eine Lösung versucht bzw. den Test bestanden haben; Anteil der bestandenen Tests, in Prozent als schwarze Ziffern in den Balken angegeben; Nummerierung der Tests entsprechend Tabelle 1.

Die sinkende Teilnehmerzahl in Abbildung 1 spiegelt wider, dass einige Studierende im Laufe des Semesters es aufgeben, weitere Aufgabentests zu bearbeiten. Das nachlassende Interesse nach etwa Test 7 kann damit zusammenhängen, dass viele die für das Absolvieren des Kurses nötigen 6 bestandenen Tests bereits erreicht haben. Die Sonderrolle von Tests 14 und 15 könnte einerseits durch vermehrte Aktivität kurz vor der Klausur ausgelöst sein, andererseits durch Teilnehmer, die sämtliche Tests bestehen wollen, um die maximale Anzahl an Bonuspunkten zu erhalten.

Betrachtet man nur jene, die den Test irgendwann bestanden haben, so kann die Anzahl der benötigten Versuche weitere Hinweise auf die Schwierigkeit des betreffenden Tests insgesamt geben. Diese Anzahl wird in Abbildung 2 grafisch dargestellt. Die Tests waren (außer Test 14) so eingestellt, dass maximal 8 Versuche möglich waren. Erfasst wurden die 50 %, 80 %, 95 %-Quantile der benötigten Versuche. Als Quantil der Ordnung  $a$  bezeichnen wir hier die Versuchszahl, bei der erstmalig der kumulative Anteil  $a$  überschritten wird.

Test 1 fällt auch hier als relativ einfach auf. Für die Tests 7 und 9 wurden auch wenige Versuche benötigt. Bei den Tests 8 und 10 sind die 50 %- und 95 %-Quantile sehr unterschiedlich (große Varianz). Von den Tests, die nur wenige bestanden (die Tests 10 bis 13), wurden für Test 11 und 13 besonders viele Anläufe benötigt. Das gilt auch für Test 5.

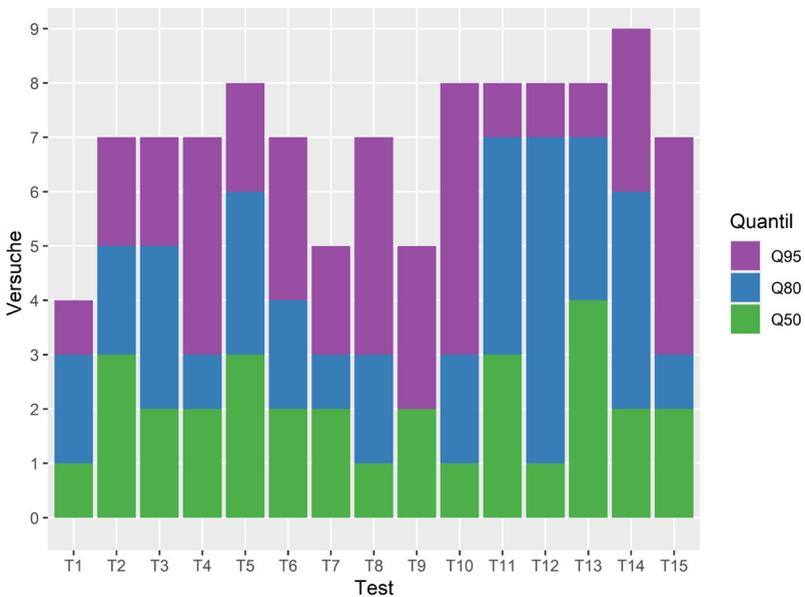


Abb. 2: Quantile für die Anzahl der benötigten Versuche.

Ein genauer Blick auf die Ergebnisse der durchgeführten Versuche zeigt bei den einzelnen Tests, welchen Effekt das wiederholte Absolvieren von Tests hat. Abbildung 3 stellt dar, welcher Anteil der Studierenden den Test in diesem Versuch bestanden haben. Beim einfachsten Test 1 war die Erfolgsrate von Anfang an hoch und änderte sich wenig. Die letzten bestanden den Test in Versuch 6. Insgesamt bestanden 76 von 89 Studierenden. Beim auch eher einfachen Test 4 sah das Bild am Anfang ähnlich aus. Hier blieben aber anteilig mehr Studierende dabei und bemühten sich im letzten Versuch nochmal besonders, von 76 bestanden 68, davon 3 im 8. Versuch.

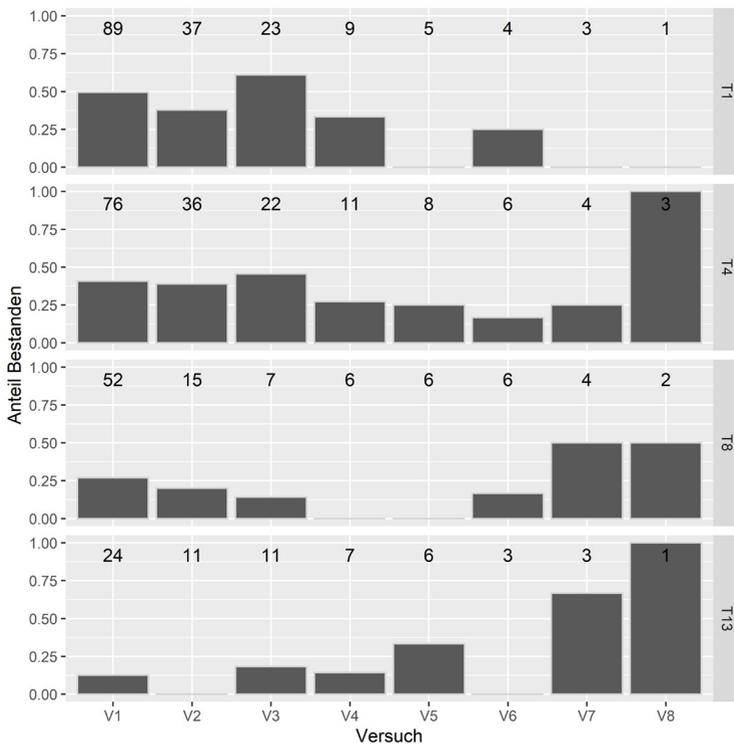


Abb. 3: Teilnehmerzahlen und Erfolgsraten in den einzelnen Versuchen bei verschiedenen Aufgabentests, Nummer des Tests am rechten Rand.

Dass die Ergebnisse im letzten Versuch besser sind, sieht man auch bei den schwierigen Tests 8 und 13. Besonders bei Test 8 zeigen sich drei Gruppen - manche (18 Studierende) hatten die Aufgabe schnell verstanden und schafften es mit höchstens drei Versuchen, vier weitere Studierende bestanden mit 6 bis 8 Versuchen, 30 gar nicht (mit unterschiedlichen Anzahlen von Versuchen). Test 13 wurde überhaupt nur von 24 Studierenden versucht. Davon schafften es letztendlich 11, drei im ersten Versuch, einer im letzten.

Die relativ guten Erfolgsraten bei den späteren Versuchen zeigen einen Trainingseffekt. Zu bedenken ist jedoch, dass nur wenige so lange durchhalten, viele geben früher auf und absolvieren gar nicht so viele Versuche.

### **3.2 Aufgabenbezogene Auswertung**

Aus den aufgabenbezogenen Daten wurde entnommen, wie viele Punkte Studierende erzielten. Diese Werte wurden relativ zu den maximal erreichbaren Punkten gesetzt. Daraus ergibt sich eine Reihenfolge, die als Schwierigkeit der Aufgaben gewertet werden kann (Abbildung 4, Tabelle 2). Außerdem wurde ausgewertet, wie oft bei der Aufgabe keine Eingabe gemacht wurde, aber der Test abgeschlossen wurde – ganz ohne Eingaben oder nur bei anderen Aufgaben.

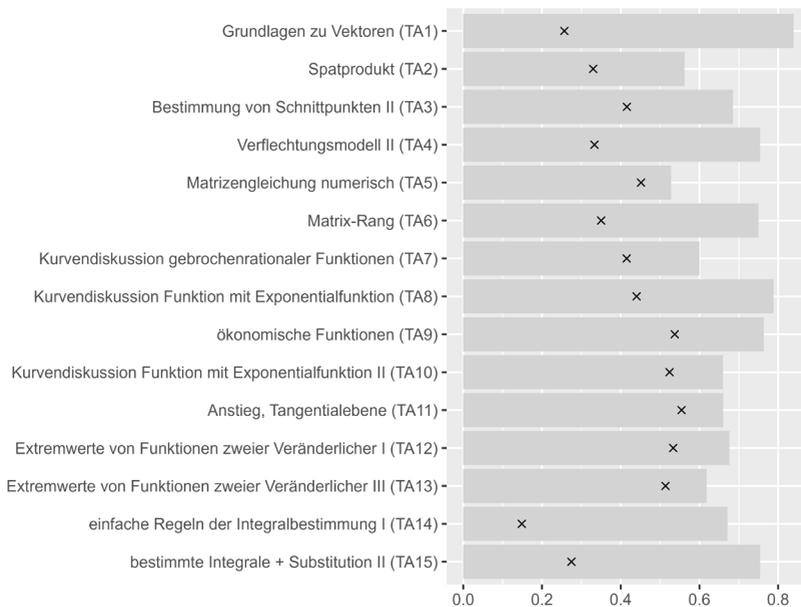


Abb. 4: Relative mittlere erreichte Punktzahl für einzelne Aufgaben (Balken) – gezeigt ist je Test die Aufgabe mit niedrigstem Wert – und Anteil der Durchläufe ohne Eingabe (Kreuz).

Der Anteil der Lernenden ohne Eingaben spiegelt die Ergebnisse des jeweiligen Tests wider, während die erzielten Punkte dies deutlich weniger tun. Insgesamt scheinen die Kapitel 'Vektoren' und 'Matrizen' am wenigsten Probleme zu bereiten. Schwierigkeiten gibt es bei der Kurvendiskussion, insbesondere bei Exponentialfunktionen und auch bei der Bestimmung von Extremwerten bei Funktionen zweier Veränderlicher. Die Integralrechnung gehört auch zu den problematischen Themen.

Tabelle 2: Aufgabentypen mit höchsten und niedrigsten relativen Punktzahlen.

Mittlere rel. Punkte	Keine Eingabe	Aufgabentyp	Häufigkeit	Erreichbare Punkte
91,86 %	35,52 %	Vektor und Spatprodukt (TA1)	183	5
91,25 %	34,43 %	Flächeninhalt von Dreiecken (TA1)	183	4
90,18 %	28,51 %	Integrale gebrochenrationaler Funktionen (TA15)	228	3
87,59 %	26,45 %	Matrizenmultiplikation (TA4)	189	10
		...		
61,84 %	51,39 %	Extremwerte und Funktionen zweier Veränderlicher III (TA13)	72	14
60,11 %	41,52 %	Kurvendiskussion gebrochenrationaler Funktionen (TA7)	342	7
56,22 %	33,00 %	Spatprodukt (TA2)	300	3
53,15 %	45,16 %	Matrizengleichung numerisch (TA5)	496	8

Betrachtet man die jeweils am höchsten bzw. niedrigsten bewerteten Aufgaben, fällt auf, dass sich 'Vektor- und Spatprodukt' am anderen Ende der Skala wie 'Spatprodukt' befindet. Es scheint also auf die genaue Formulierung der Aufgaben anzukommen und wie einfach sie zu lösen sind. Auch dass sich der Aufgabentyp 'Integrale gebrochenrationaler Funktionen' bei den leichten Aufgaben findet, könnte daran liegen, dass es eine einfach formulierte Auswahlaufgabe ist und einige Studierende auch Computer-Algebra-Systeme (CAS) zur Hilfe nehmen.

## 4 Fazit und Diskussion

Das hier dargestellte System von ILIAS-Aufgabentests dient den Studierenden sowohl als Unterstützung zur individuellen Auseinandersetzung mit den Vorlesungsinhalten als auch zur Prüfungsvorbereitung. Exemplarisch wurde dargestellt, wie man die erhaltenen Testergebnisse mit Hilfe statistischer Analysen auswerten kann, um gewisse Rückschlüsse auf die Lernerfolge zu ziehen. Insbesondere lassen sich problematische Stellen des Lernstoffes feststellen. Zum Beispiel scheint generell die Differentialrechnung ein Thema zu sein, welchem in der Vorlesung und den Übungen mehr Zeit eingeräumt werden sollte, auch wenn nicht wenige Studierende wegen der Zulassungsbedingungen sich nicht an diesen Tests beteiligt haben. Hier lohnt es sich, als Lehrender diesen Eindruck mit Klausurergebnissen abzugleichen.

Die statistische Auswertung der Testergebnisse zeigt ferner, dass Trainingseffekte bei den Studierenden eintreten. Es sollen allerdings auch Grenzen der statistischen Auswertung angesprochen werden. Detaillierte Auswertungen für bestimmte Aufgabenteile sind anhand des Datenmaterials nicht möglich. Des Weiteren ist es kaum möglich, die Gedankengänge der Studierenden zu verdeutlichen oder Fehlschlüsse und Fehlvorstellungen der Studierenden hinsichtlich des mathematischen Denkens aufzudecken. Das trifft auch auf die Auswertung für individuelle Studierende zu. Schließlich muss beachtet werden, dass die vorliegenden Tests Aufgabenformate abfragen, die als Standard-Aufgabentypen hauptsächlich in Klausuren wiederzufinden sind. Damit ist es insbesondere kaum möglich, vernetzendes Denken der Studierenden und dabei auftretende Fehlvorstellungen sichtbar zu machen.

Mit Blick auf die Erfahrungen der Studierenden lässt sich sagen, dass häufig bereits die Eingabe bei den vorgegebenen Aufgabentypen Probleme bereitet. Dies betrifft in besonderer Weise die numerische

Angabe von Dezimalzahlen im wissenschaftlichen Format auf vier Stellen genau sowie die korrekte Eingabe von Ausdrücken. Das genannte Problem wurde in Befragungen der Studierenden aufgedeckt.

Insgesamt möchten wir betonen, dass es nicht das Ziel dieses Artikels ist, die beschriebene Vorgehensweise mit anderen Zugängen zu vergleichen. Es kann aber festgestellt werden, dass die Studierenden der Hochschule das E-Learning-Zusatzangebot im Fach Mathematik sinnvoll für die Prüfungsvorbereitung nutzen und es trotz der Schwierigkeiten bei Eingaben zu schätzen wissen. Für die in Abschnitt 3 analysierten Daten des Immatrikulationsjahrganges 2021 der wirtschaftswissenschaftlichen Studiengänge lässt sich zusammenfassen, dass mit Hilfe der statistischen Untersuchungen die Themen herausgefunden werden konnten, die den Studierenden Probleme bereiteten. Zudem zeigte sich bei diesem Jahrgang, bei dem die Aufgabentests erstmalig als verpflichtend verlangt wurden, eine geringere Klausurdurchfallquote als in früheren Jahrgängen.

Als zukünftige Ergänzung bietet es sich an, einen vertiefenden Blick auf die individuellen Ergebnisse der Studierenden zu werfen. In Einzelfeedbacks ist dabei zu versuchen, mögliche Fehlschlüsse anzusprechen und Hinweise zu geben, an welchen Stellen die einzelnen Studierenden nacharbeiten sollten. Individuelle Grafiken könnten den Studierenden Ihren erreichten Lernfortschritt visualisieren.

## Literaturverzeichnis

- Katja Derr, Reinhold Hübl, Ulrich Huckenbeck, Edith Mechelke-Schwede, David Obermayr, Miriam Weigel (2021). Studien-Mathematikvorbereitung. S. 21-42. In: Selbststudium im digitalen Wandel - Digitales, begleitetes Selbststudium in der Mathematik – MINT meistern mit optes, Herausgeber: Roland Küstermann, Matthias Kunkel, André Mersch, Anne Schreiber.
- Martin Hering-Bertram (2022). Niederschwellige Mathematik-Tests mit STACK, S.38-45. In: Praxisberichte aus dem medien-didaktischen Projekt ALWINE, Schriftenreihe der Fakultät Wirtschaftswissenschaften der Hochschule Bremen Band 82, Herausgeber: Jessica Heidmann, Sabine Riemer, Ulrike Wilkens und Ulrich Kuron.
- Dirk Ifenthaler, Clara Schumacher, Jakub Kuzilek (2022). Investigating students' use of self-assessments in higher education using learning analytics. *Journal of Computer Assisted Learning*, 1-14. DOI: <https://doi.org/10.1111/jcal.12744>
- Eckhard Liebscher, Ben Michael (2019). Generating mathematical exercises for e-learning systems using R and QTI import format. *International Electronic Journal of Mathematics Education* 14(3), 667-676.
- Sandra Rebholz, Paul Libbrecht, Wolfgang Müller (2013). Interactive visual exploration of learning data: the role of teachers as learning analysts. *Proceedings of 10th IFIP World Conference on Computers in Education (WCCE 2013)*. 2.-5. Juli 2013, Torun, Polen.

## 5. Adaptive Mathematik-Online Trainings zur Lernunterstützung

---

Gerhard Götz

*Duale Hochschule Baden-Württemberg*

### 1 Ausgangslage

In den letzten drei Jahren wurde mit unterschiedlichen Aspekten und Facetten der digitalen Lehre experimentiert und dabei zahlreiche, interessante Erfahrungen gesammelt (Möbs u.a. 2022). Dies gilt an Hochschulen nicht nur für reguläre Vorlesungen, sondern insbesondere auch für alle Maßnahmen und Interventionen zur Verbesserung des Übergangs zwischen Schule und Hochschule, wie etwa Mathematik-Vorkurse. Vergleiche zwischen virtuellen, inverted-classroom Ansätzen mit automatisierten Übungseinheiten (Brüstle u.a. 2022, Hamich u.a. 2022, Götz 2022) und Präsenzkursen ergaben hierbei, dass beide Arten sowohl hinsichtlich des Zuwachses an mathematischen Fertigkeiten gemessen auf Basis parallelisierter Pre-/Posttests, als auch im Hinblick auf quantitative und qualitative Studierendenevaluationen zu vergleichbar guten Resultaten führen können. Daher stellt sich aktuell und auch zukünftig die Frage, wie die Präsenzlehre angereichert und ergänzt werden kann durch didaktische Lernvideos (Bersch 2020, Korntreff und Prediger 2021, Kulgemeyer 2020), intelligente, IT-unterstützte Lehr- und Lernsysteme (Drachsler u.a. 2015; Henning u.a. 2014), sowie digitale Lernassistenten basierend auf automatisierten Empfehlungssystemen zum vertieften, individuellen Üben des Erlernten (Götz u.a. 2021; Götz 2022). Der Schwerpunkt dieses Beitrags soll sich insbesondere mit letzterem beschäftigen.

## **2 Konzeption eines Empfehlungssystems für Mathematikaufgaben**

Um Lernenden in der Studieneingangsphase eine flexible Form des vertieften Übens bieten zu können, werden in den öffentlich geförderten Projekte DigikoS (Digitalbaukasten für kompetenzorientiertes Selbststudium; [www.digikos.de](http://www.digikos.de)) und optes+ (Optimierung der Selbststudiumsphase; [www.optes.de](http://www.optes.de), Küstermann u.a. 2021, Derr u.a. 2020, Weigel u.a. 2018) in Zusammenarbeit mit dem mathematischen Institut der Pädagogischen Hochschule Heidelberg und dem Data Science Chair der Universität Würzburg adaptive Mathematik-Online Trainings entwickelt.

Deren zugrundeliegendes Empfehlungssystem basiert auf einer Kombination zweier gängiger Vorgehensweisen der Informatik, inhaltsbasierten Empfehlungen und kollaboratives Filtern (Zhang u.a. 2019), die auch in Bildungsbereich Eingang gefunden haben (Acharya und Sinha 2014, Rivera u.a. 2018). Letzteres wird vielfach in Situationen eingesetzt, bei denen bereits sehr große Datenmengen vorliegen, so dass, trotz eines oftmals nicht bekannten Vorwissens über Nutzende und zu empfehlende Elemente, automatisiert Ähnlichkeiten gefunden werden können, welche die daraus resultierenden Empfehlungen individualisieren. Inhaltsbasierte Empfehlungen hingegen basieren auf bekanntem Vorwissen, welches die Empfehlungen mit steuert, so dass hierfür auch sehr geringere Datenmengen von Nutzenden ausreichen. Tendenziell orientieren sich Empfehlungssysteme im Bildungsbereich eher an der Methode inhaltsbasierter Empfehlungen, da oftmals nur kleine Nutzungsdatensätze vorhanden sind, berechtigt hohe Datenschutzanforderungen den Erkenntnisgewinn aus den gewonnenen Nutzungsdaten einschränken können und insbesondere fachdidaktische Vorüberlegungen und Modelle zugrunde liegen, die als Vorwissen Einklang in die automatisierten Empfehlungen finden sollen. Auch kann die ethische Prämisse, bereits den ersten

Nutzenden fachlich und didaktisch sinnvolle Empfehlungen bereitzustellen, bei diesem Ansatz sehr viel besser berücksichtigt werden. Jedoch hat dieses Vorgehen den Nachteil, dass die darauf basierenden Systeme oftmals nicht oder nur sehr statisch mit den Nutzenden und den dadurch gewonnenen Daten weiterentwickelt werden. Und dieses Manko soll im vorliegenden Fall behoben werden.

Es wird mit einem Ansatz inhaltsbasierter Empfehlungen begonnen, deren Startbasis fachdidaktische Modelle des Wissens und Könnens (Pinkernell u.a. 2017, Götz u.a. 2019) sind, welche im Rahmen von gemeinsamen Promotionen mit der Pädagogischen Hochschule Heidelberg für die einzelnen, elementaren mathematischen Themengebiete Arithmetik (Schönwälder 2019, Schönwälder u.a. 2019, Schönwälder 2022), funktionale Zusammenhänge (Ullrich u.a. 2018, Ullrich 2019) sowie geometrisches Messen und Berechnen (Hamich u.a. 2020, Hamich 2021, Hamich 2022) entwickelt wurden. Diese Modelle bauen auf einem Ursprungsmodell für die Algebra (Pinkernell u.a. 2017, Pinkernell und Düsi 2017) auf. Sie sind zu verstehen als fachdidaktische Zerlegungen eines Themengebiets nach Aspekten des Wissens- und Könnens, welche sich zwischen weitreichenden Kompetenzmodellen u.a. im Rahmen von Bildungslehrplänen auf der einen Seite und meist rein inhaltlich ausgerichteten Mindestanforderungskatalogen (Dürschnabel und Würth 2015) einordnen lassen. Aufgaben, die zum selben Aspekt gehören, weisen daher fachdidaktische Ähnlichkeiten zueinander auf, was bei Aufgabenempfehlungen aktiv genutzt werden kann.

The screenshot shows the 'Adaptives Training Arithmetik' interface. At the top, there is a navigation bar with 'Start', 'Participant', 'Settings', 'Export', and 'Permissions'. Below this, there is a 'Zurück' button and 'Edit Page' link. The main content area is titled 'Arithmetik 2018' and contains a question: 'Welcher größenmäßige Vergleich ist richtig?'. There are five radio button options, each with a fraction comparison:
 

- $\frac{5}{6} < \frac{3}{4}$
- $\frac{3}{2} < \frac{15}{4}$
- $\frac{3}{4} < \frac{5}{6}$
- $\frac{5}{6} < \frac{3}{2}$
- $\frac{3}{4} < \frac{15}{2}$

 At the bottom of the question area are 'Submit: answer' and 'Interrupt' buttons. On the right side, there are two progress indicators:
 

- 'Fortschritt' (Progress) showing 6% with a red bar and 37% completion.
- 'Lösungswahrscheinlichkeit' (Solution probability) showing 100% with a green bar and 80% probability.

Abb. 1: Fragescreen des adaptiven Trainings für Arithmetik.

Das vorliegende Empfehlungssystem (Götz u.a. 2019, Götz und Wankerl 2020) empfiehlt Nutzer\*innen ungefähr 20 bis 25 elementarisierte, individuell geeignete Aufgaben pro Trainingseinheit zur Bearbeitung. Diese Anzahl ist grundsätzlich frei einstellbar, wurde jedoch durch folgende zwei Eckpfeiler eingegrenzt: Einerseits sollen die Übenden einen gewissen Übungsumfang durchführen, um einen Trainingseffekt zu einem Themengebiet auch über unterschiedliche Zugangswege und den damit verbundenen unterschiedlichen Könnensaspekten zu gewährleisten. Auf der anderen Seite dürfen Trainings nicht zu lange dauern, da sonst eine überhöhte Gefahr von vorzeitigen Abbrüchen besteht. Darüber hinaus sind wir zur Erkenntnis gelangt, dass sinnvolles Üben auch berücksichtigen sollte, dass sehr starke Studierende ebenso wie sehr schwache Studierende nicht unnötig viele Übungsaufgaben erhalten sollten, da bei diesen Gruppen entweder kein weiterer bzw. ohne notwendige Vorarbeiten kein positiver Übungseffekt zu erwarten ist. Daher ist die Anzahl der vorgeschlagenen Aufgaben von der individuellen Performance abhängig, wobei mittelstarke Studierende eher mehr Aufgaben empfohlen bekommen, während die anderen beiden Gruppen aufgrund obiger Argumentation eher weniger davon erhalten.



Ihre Antwort ist nicht korrekt.

Lösung:

$$\frac{3}{4} < \frac{5}{6} < \frac{3}{2}$$

## Arithmetik 2018

Welcher größenmäßige Vergleich ist richtig?

- $\frac{5}{6} < \frac{3}{4} < \frac{3}{2}$
- $\frac{3}{2} < \frac{3}{4} < \frac{5}{6}$
- $\frac{3}{4} < \frac{5}{6} < \frac{3}{2}$
- $\frac{5}{6} < \frac{3}{2} < \frac{3}{4}$
- $\frac{3}{4} < \frac{3}{2} < \frac{5}{6}$

How did you find this task?

very easy rather easy rather hard too difficult

Abb. 2: Antwortscren für das adaptive Training für Arithmetik.

In den Trainings wird beim Vorschlag der nächsten zu bearbeitenden Aufgabe berücksichtigt, welche Aufgaben eine lernende Person zuvor wie beantwortet hat. Da ebenso das Verhalten ähnlicher, vorheriger Nutzer\*innen Berücksichtigung findet, helfen die Trainings dabei, einen individuell optimierten Lernprozess zu gestalten. Erhoben werden dabei

datenschutzkonform empirische Nutzungsdaten wie Aufgabenpfade, Erfolgsrate, Fehlertyp, Beantwortungsdauer und subjektive Schwierigkeitsbewertung. Diese Daten werden anschließend aktiv dafür genutzt, um das Empfehlungssystem zu verbessern und die Nachteile inhaltsbasierter Empfehlungen, die auf statischen Modellen basieren, auszugleichen. Dies soll jedoch nicht „unkontrolliert“, sondern immer auch unter fachdidaktischer Begleitung geschehen. Daher wird das Empfehlungssystem befähigt, mit den gewonnenen Nutzungsdaten dazuzulernen. Um dies in den aktuellen und zukünftigen Pilotierungen schrittweise umzusetzen, kommen auf drei verschiedenen Arten Algorithmen künstlicher Intelligenz zum Einsatz: Erstens werden KI-basierte Simulationen zu Vorhersagen über das Nutzungsverhalten auf Basis gesammelter Nutzungsdaten durchgeführt (Wankerl u.a. 2019; Wankerl u.a. 2020). Die daraus gewonnenen Erkenntnisse lassen sich dann in das System integrieren.

Zweitens wird Repräsentationswissen, sprich übergeordnetes strukturelles Wissen über Formeln und Aufgabentexte, automatisiert aus den Aufgaben extrahiert (Wankerl u.a. 2020, Wankerl u.a. 2021), mit dessen Hilfe sich diese zukünftig zusätzlich automatisiert clustern lassen. Ziel ist hierbei eine zukünftige Erweiterung des Empfehlungssystems durch automatisierte Einbindung neuer Elemente, ohne händisch Annotation (vgl. Wankerl u.a. 2020, Wankerl u.a. 2021). Und finales Ziel ist drittens ein KI-basiertes Empfehlungssystem auf Basis des kollaborativen Filterns, welches sich mit einer wachsenden Menge an Nutzungsdaten und den gewonnen Erkenntnissen zunehmend verbessert und zugleich von den didaktischen Ontologien löst. Dies ist aktuell aufgrund einer zu kleinen Datenmenge noch nicht umgesetzt worden.

### **3 Einsatzmöglichkeiten**

Die Einsatzmöglichkeiten der vorgestellten Mathematik-Onlinetrainings sind vielfältig. Erstens eignen sie sich als eigenständige Selbstlern-

Onlinetrainings zur Festigung basismathematischer Kompetenzen vor Studienbeginn. Ebenso wurden sie bereits erfolgreich als ergänzende Übungsmöglichkeiten in Präsenz-, Blended-Learning und virtuellen Inverted-Classroom-Brückenkursen (Götz u.a. 2021) eingesetzt, um die dort erlernten Fertigkeiten weiter individuell zu vertiefen. Und drittens wurden sie zur Wiederholung basismathematischer Kompetenzen ergänzend zu den Mathematikvorlesungen im ersten Semester (Götz 2021) genutzt. Als Mehrwert für Studierende bieten sie die Unterstützung eines individuellen Lernprozesses hinsichtlich Lerngeschwindigkeit, Aufgabenumfang und Aufgabenschwierigkeit. Das Feedback am Ende eines Trainingszyklus gibt eine Rückmeldung mit Lernempfehlungen (Abbildung 2). Ergänzt wird dies durch begleitendes Feedback über die bereits bearbeitenden Aufgaben mittels Tachometergraphiken (Abbildung 1).

## 4 Datenbasis

Vorgestellt werden einige Erkenntnisse aus den Nutzungsdaten mit Hinblick auf vorzeitige Trainingsabbrüche (Brüstle u.a. 2022). Verglichen werden die Jahre 2021 und 2020 miteinander, wobei letztere immer in runden Klammern angegeben werden. Insgesamt wurden 457 bzw. 499 Trainingsdurchläufe begonnen, von denen 319 bzw. 339 vollständig abgeschlossen wurden.

Tabelle 1: Durchschnittliche Anzahl bearbeiteter Aufgaben.

Anzahl an Trainings-einheiten	Arithmetik	Gleichungen	PWI	Funktionen	Summe
Abgeschlossen	154 (135)	66 (82)	52 (49)	47 (73)	319 (339)
Nicht abgeschlossen	53 (73)	37 (38)	24 (21)	24 (28)	138 (160)
Summe	207 (208)	103 (120)	76 (70)	71 (101)	457 (499)

Bei jeder Trainingsform, insbesondere, wenn sie auch online im Selbststudium durchgeführt werden kann, stellen sich die Fragen, zu welcher Wahrscheinlichkeit ein Training abgebrochen wird und nach wie vielen Übungsaufgaben dies geschieht. Darüber hinaus besteht ein großes Interesse daran, herauszufinden, an welchen Ursachen vorzeitige Trainingsabbrüche liegen mögen, um dann entsprechend Änderungen und Maßnahmen herbeizuführen, damit diesen entgegengewirkt werden kann. Diese spannende und zugleich komplexe Thematik ist eng mit dem Nutzungsverhalten von Trainingsabbrechenden verknüpft und es stellt sich die Frage, welche Verhaltensunterschiede es zu denjenigen gibt, welche die Trainings vollständig absolvieren.

Tabelle 2: Anzahl durchschnittlich bearbeiteter Aufgaben.

Anzahl bearbeiteter Aufgaben	Arithmetik	Gleichungen	PWI	Funktionen
Nicht Abgeschlossen	9,64 (8,77)	9,00 (8,87)	10,63 (10,24)	9,25 (9,46)
Abgeschlossen	23,34 (24,07)	27,26 (24,74)	25,46 (24,61)	28,30 (27,16)

## 5 Ergebnisse

Ein Vergleich der durchschnittlichen Anzahl bearbeiteter Aufgaben pro Training zeigt bei vorzeitig abgebrochenen Trainings für beide betrachteten Jahre über alle Themengebiete hinweg mit ungefähr durchschnittlich neun Aufgaben sehr ähnliche Ergebnisse. Leider variieren die Werte in beiden Jahren innerhalb der vorzeitig Abbrechenden so stark, dass es schwierig ist, für die gesamte Gruppe Verhaltensähnlichkeiten zu finden. Dies gibt erste Hinweise darauf, dass diese Gruppe in einer weiteren Analyse in geeignete, homogenere Untergruppen unterteilt werden müsste. Beispielsweise möge Teilnehmenden mit einer sehr geringen Anzahl bearbeiteter Aufgaben tendenziell eher unterstellt

werden können, dass sie die Trainings nicht ernsthaft bearbeiteten haben. Es stellt sich dabei jedoch die Frage, ob es tatsächlich eine entsprechende Mindestgrenze an bearbeiteten Aufgaben gibt, ab der von einer ernsthaften Beschäftigung mit den Trainings gesprochen werden kann, und falls ja, wo diese genau liegt.

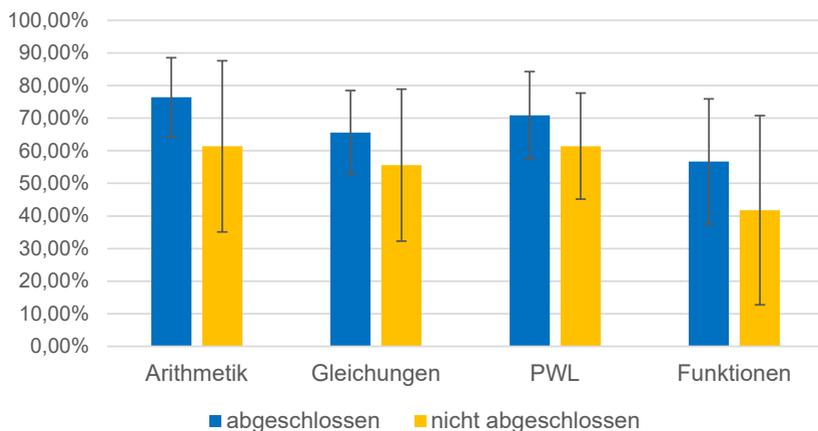


Abb. 3: Lösungswahrscheinlichkeiten für das Jahr 2021 für die Trainings.

Und es gilt festzustellen, inwiefern sich die weitere Analyse und die darin gewonnenen Erkenntnisse ändern, wenn alle Trainingsdurchläufe, die weniger Aufgaben als eine zu variierende Mindestgrenze umfassen, herausgenommen werden. Für deren weitere Betrachtung erachten wir eine größere Ausgangsbasis für zielführend, die sich aktuell für den Jahrgang 2022 abzeichnet und im Jahr 2023 zur Verfügung stehen wird. Bleibt man zunächst bei diesen beiden grundlegenden Gruppen, so lässt sich deren durchschnittliche Lösungswahrscheinlichkeit miteinander vergleichen. Diese ist in beiden Jahren und über alle Themengebiete hinweg bei den abgebrochenen Trainings im Mittelwert schlechter als bei Trainings, welche abgeschlossen wurden, jedoch sind diese Ergebnisse nicht signifikant.

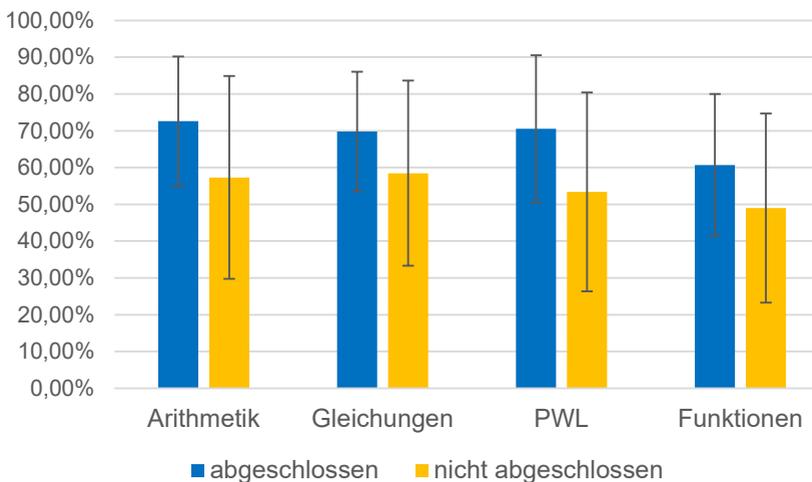


Abb. 4: Lösungswahrscheinlichkeiten für das Jahr 2020.

Leider weist auch die durchschnittliche Bewertung der subjektiven Schwierigkeit im Vergleich innerhalb der Jahre 2020 und 2021 keine signifikanten Unterschiede zwischen abgebrochenen und abgeschlossenen Trainings auf. Dies mag verstärkt darauf hindeuten, dass auch die Gruppe der abgeschlossenen Trainings weiter unterteilt werden müsste, um Gesetzmäßigkeiten besser finden zu können. Auch in dieser Frage werden die Daten aus dem Jahr 2022 näher Aufschluss liefern.

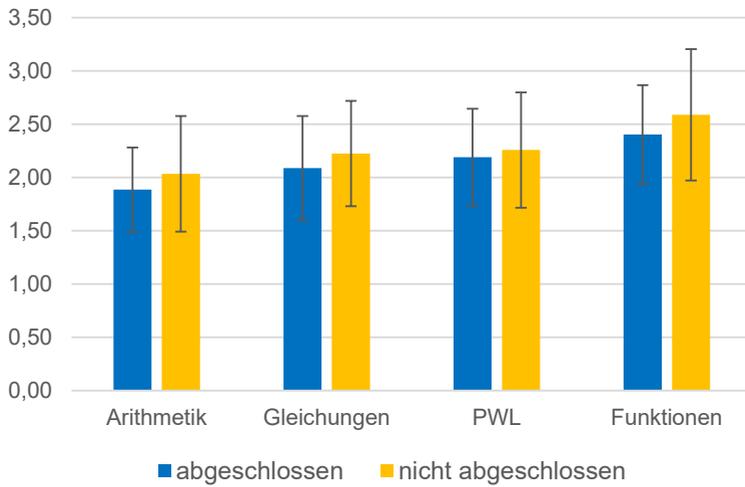


Abb. 5: Subjektive Schwierigkeitsbewertung 2020.

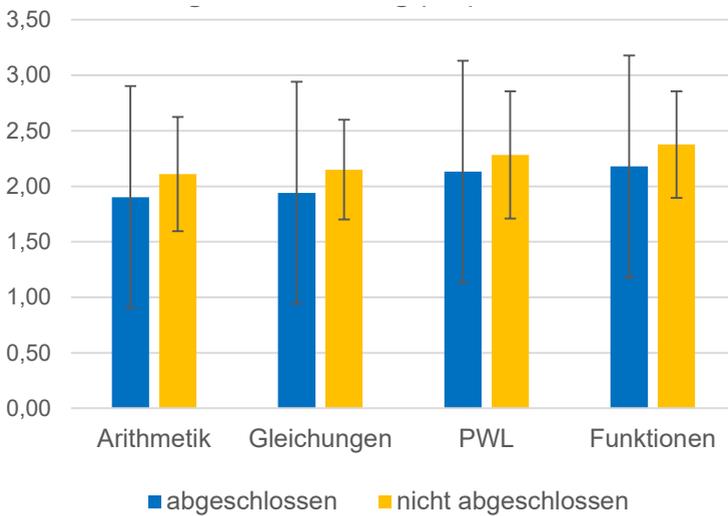


Abb. 6: Subjektive Schwierigkeitsbewertung 2021.

## 6 Ausblick

Die Zahl der Übenden und die Anzahl der insgesamt bearbeiteten Aufgaben sind ein Beleg dafür, dass automatisierte Mathematiktrainings von den Studierenden sehr wohl als hilfreiche Unterstützungsangebote zur Vertiefung mathematischer Grundlagen angesehen und genutzt werden. Dennoch gibt es zahlreiche vorzeitig abgebrochenen Trainings, von denen viele nur sehr wenige bearbeitete Aufgaben beinhalten, so dass für diese keine realen Übungseffekte zu erwarten sind. Die Erforschung der Ursachen für derart frühzeitige Abbrüche erscheint uns als gewinnbringend, um den Übungseffekt der Teilnehmenden zu erhöhen. Eine grobe Unterteilung in vorzeitig abgebrochene und abgeschlossene Trainingseinheiten scheint als zu grob, um nähere Gesetzmäßigkeiten innerhalb der beiden Gruppen zu finden. Daher müssen diese Gruppen feiner unterteilt werden, wofür die aktuelle Datenlage als zu gering eingeschätzt wird. Da die Nutzungszahlen im Herbst und Winter 2022 deutlich höher sind, besteht die Hoffnung, dass die gesamte Datenmenge der drei Jahre dafür ausreichen könnte, in dieser Frage Fortschritte zu erzielen. Darüber hinaus wird evaluiert, ob die Trainings auch optisch und in der Handhabung im Sinne der User Experience der Studierenden verbessert werden können und welchen Einfluss dies auf das Nutzungsverhalten haben wird.

Darüber hinaus zeichnet sich noch folgende zukünftige Arbeitsschritte auf dem ambitionierten Weg zu einem KI-basierten Empfehlungssystem ab. Erstens müssen zunächst die Untersuchungen zur automatisierten Gewinnung von Repräsentationswissen soweit abgerundet werden, dass dieses in seiner Gesamtheit schlüssig und in einen Empfehlungsalgorithmus implementierbar ist. Zweitens muss der so entstandene Satz an Repräsentationswissen anschließend zielführend in den Algorithmus der Online-Trainings mit implementiert und pilotiert werden. Und drittens müssen insbesondere die bald neu vorliegenden Nutzungsdaten einerseits präzise analysiert werden, als auch darauf basierende Simulationen durchgeführt werden, um schrittweise die Mechanismen des kollaborativen Filterns in das Empfehlungssystem einpflegen zu können.

## Literaturverzeichnis

- Acharya, A., & Sinha, D. (2014). Early prediction of students' performance using machine learning techniques. *International Journal of Computers and Applications*, 107(1).
- Bersch, S., Merkel, A., Oldenburg, R. & Weckerle, M. (2020). Erklärvideos: Chancen und Risiken. *GDM Mitteilungen*, (109), 58–63.
- Brüstle, M., Götz, G. & Hamich, M. (2022). Virtual Inverted-Classroom Courses vs. Face-to-Face Courses in German Higher Education: Comparing Students' Learning Progress and Perspectives on Mathematics Preparatory Courses. *Handbook of Research on Teacher and Student Perspectives on the Digital Turn in Education*, 49-72.
- Derr, K.; Götz, G.; Küstermann, R.; Schmidt, C. & Weigand H. (2020). Same ... but Different: Sharing and Adapting Precourses in Mathematics Between Universities. In: Dan Remenyi (ed) 6th e-Learning Excellence Awards 2020: An Anthology of Case Histories, pp. 75-86.
- Drachler, H., Verbert, K., Santos, O. C. & Manouselis, N. (2015). Panorama of recommender systems to support learning. In *Recommender system handbook* (pp. 421-451). Springer, Boston, MA.
- Dürschnabel, K., & Wurth, R. (2015). Cosh-Cooperation Schule-Hochschule. *Mitteilungen der Deutschen Mathematiker-Vereinigung*, 23(3), 181-185.
- Götz, G. (2022): Automatisierte Aufgabentrainings – Unterstützung des Lernprozesses durch ergänzende Onlinetrainings? In: *Digitales Lernen in Distanz und Präsenz: Herbsttagung 2021 des Arbeitskreises Mathematikunterricht und digitale Werkzeuge in der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik am 24.09.2021*. S. 49–56.
- Götz, G. (2021). Evaluation des Einsatzes adaptiver Online-Trainings in einem Inverted-Classroom-Vorkurs. In: Kerstin Hein, Cathleen Heil, Silke Ruwisch & Susanne Prediger (Hrsg.). *Beiträge zum Mathematikunterricht 2021*. Münster: WTM Verlag / Online.
- Götz, G., Hamich, M., Pinkernell, G., Schönwälder, D., Ullrich, D. & Wankerl, S. (2020). Adaptives Üben, adaptive Aufgabentrainings, Modelle grundlegenden Wissens und Könnens. In *Selbststudium im digitalen Wandel* (pp. 93-126). Springer Spektrum, Wiesbaden.
- Götz G. & Wankerl S. (2020). Adaptives Online-Training für mathematische Übungsaufgaben. In: Pinkernell, G., & Schacht, F. (Hrsg). *Digitale Kompetenzen und Curriculare Konsequenzen. Tagungsband der Herbsttagung des Arbeitskreises Mathematikunterricht und digitale Werkzeuge vom 27. Bis 28. September 2019 an der Pädagogischen Hochschule Heidelberg*. Franzbecker Verlag. (S. 85-96)
- Hamich, M. (2022). Grundlegende Aspekte geometrischen Messens am Ende der Sekundarstufe I: Ein theoriegeleitetes, literaturbasiertes Modell unter verstehensorientierter Perspektive. Cuvillier Verlag.

- Hamich, M., Götz, G. & Brüstle, M. (2022): Virtueller Inverted Classroom – Kurs versus Präsenzkurs: Lernfortschritte durch die Mathematikvorkurse an der DHBW Mosbach im Vergleich. In: Digitales Lernen in Distanz und Präsenz: Herbsttagung 2021 des Arbeitskreises Mathematikunterricht und digitale Werkzeuge in der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik am 24.09.2021. S. 57–64.
- Hamich M., Pinkernell G. & Götz G. (2020). Messen und Berechnen in der Elementargeometrie aus didaktischer Perspektive. In Hans-Stefan Siller, Wolfgang Weigel & Jan Franz Wörler (Hrsg.), Beiträge zum Mathematikunterricht 2020 (S. 1514). Münster: WTM-Verlag.
- Henning, P. A., Forstner, A., Heberle, F., Swertz, C., Schmölz, A., Barberi, A., ... & Burgos, D. (2014). Learning pathway recommendation based on a pedagogical ontology and its implementation in moodle (pp. 39-50).
- Küstermann, R., Kunkel, M., Mersch, A., & Schreiber, A. (2021). Selbststudium im digitalen Wandel: Digitales, begleitetes Selbststudium in der Mathematik-MINT meistern mit optes (p. 351). Springer Nature.
- Korntruff, S. & Prediger, S. (2021). Verstehensangebote von YouTube-Erklärvideos Konzeptualisierung und Analyse am Beispiel algebraischer Konzepte. *Journal für Mathematik-Didaktik*.
- Kulgemeyer, C. (2020). A framework of effective science explanation videos informed by criteria for instructional explanations. *Research in Science Education*, 50(6), 2441–2462.
- Möbs, S., Berkling, K., & Saller, D. (2020). Teaching and Learning in times of Corona. *Didattica a Distanza: esperienze dal lockdown*, Quaderni del Dipartimento di Linguistica-Università della Calabria, 28, 103-117.
- Pinkernell G. & Düsi C. (2017). Aspekte des Wissens und Könnens der elementaren Algebra. Beiträge zum Mathematikunterricht. 51. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik, Potsdam, 27.02.- 03.03.2017 Bd. 2, Münster: WTM Verlag, 777-780
- Pinkernell G., Düsi C. & Vogel M. (2017). Aspects of proficiency in elementary algebra. In: Dooley, T. & Gueudet, G. (Hrsg.): Proceedings of the Tenth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education (CERME10, February 1 – 5, 2017). Dublin, Ireland: DCU Institute of Education & ERME, 2017 464-471
- Rivera, A. C., Tapia-Leon, M., & Lujan-Mora, S. (2018). Recommendation systems in education: a systematic mapping study. In *International Conference on Information Technology & Systems* (pp. 937- 947). Springer. 10.1007/978-3-319-73450-7\_89
- Roos, A.-K.; Götz, G.; Weigand, H.-G. & Wörler, J. F. (2019): OPTES+ – A Mathematical Bridging Course for Engineers. In: Jankvist, U. T.; Van den Heuvel-Panhuizen, M. & Veldhuis, M. (Hrsg.): Proceedings of the 11th Congress of the European Society for Research in Mathematics Education. CERME 11: Utrecht University, the Netherlands, 6.–10.02., 2019, 2642–2643.

- Schönwälder D. (2022). Grundlegendes Wissen und Können im Bereich der Sekundarstufenarithmetik am Übergang Schule – Hochschule. Verlag Franzbecker Hildesheim.
- Schönwälder D., Pinkernell G. & Götz G. (2019). Aspects of basic knowledge and comprehension in secondary school arithmetic. In: Jankvist, U. T.; Van den Heuvel-Panhuizen, M. & Veldhuis, M. (Hrsg.): Proceedings of the 11th Congress of the European Society for Research in Mathematics Education. CERME 11: Utrecht University, the Netherlands, 6.–10.02., 2019, 4833–4834.
- Schönwälder D. (2019). Arithmetikkönnen in der Studieneingangsphase – Ein summatives Referenzmodell zu grundlegendem Wissen und Können im Bereich der Arithmetik am Ende der Sekundarstufe. In: Beiträge zum Mathematikunterricht: 53. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik, Regensburg, 04.- 08.03.2019, Bd. 2, Münster: WTM Verlag, 717-720.
- Ullrich D. (2019): Wissen und Können im Bereich Funktionaler Zusammenhänge der Sekundarstufe. Ein summatives Referenzmodell für Diagnose- und Fördermaßnahmen am Übergang Schule-Hochschule. In: Beiträge zum Mathematikunterricht: 53. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik, Regensburg, 04.- 08.03.2019, Bd. 2, Münster: WTM Verlag, 833-836.
- Ullrich, D.; Schönwälder, D. & Hamich, M. (2018): Summative Referenzmodelle für ausgewählte Bereiche grundlegenden Wissens und Könnens am Ende der Sekundarstufe. In: Beiträge zum Mathematikunterricht 2018, Bd. 4. Münster: WTM Verlag, 1823–1826.
- Wankerl S., Dulny A., Götz G. and Hotho A. (2021). "Learning Mathematical Relations Using Deep Tree Models," 2021 20th IEEE International Conference on Machine Learning and Applications (ICMLA), 2021, pp. 1681-1687
- Wankerl, S., Götz, G. & Hotho, A. (2020). f2tag - Can Tags Be Predicted Using Formulas? In: 19th IEEE International Conference On Machine Learning And Applications (ICMLA), pp. 565-571.
- Wankerl S., Götz G. & Hotho A. (2019). Solving Mathematical Exercises: Prediction of Student's Success. In: Jäschke R. & Weidlich M. (Hrsg.) Proceedings of the Conference on "Lernen, Wissen, Daten, Analysen" (LWDA 2019), Vol 2454, 190-194.
- Weigel, M., Hübl, R., Podgayetskaya, T., & Derr, K. (2018). Potential von STACK-Aufgaben im formativen eAssessment: Automatisiertes Feedback und Fehleranalyse. Universitätsbibliothek Dortmund.
- Zhang, Shuai, et al (2019). "Deep learning based recommender system: A survey and new perspectives." ACM Computing Surveys (CSUR) 52.1 (2019): 5.

## 6. E-Assessment in MINT-Fächern: Coden von Übungsaufgaben mit Python & Jupyter

---

*Jochen Merker, Heike Hain, Konrad Schöbel, Paul Brassel  
Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig*

### 1 Einleitung

E-Learning in Mathematik, oder allgemeiner in MINT-Fächern, hat durch die Corona-Pandemie nochmals einen Aufmerksamkeits Schub erhalten und wird inzwischen relativ breit in der deutschen Hochschullandschaft sowie weltweit eingesetzt. Sinnvollerweise sollte man dabei unterscheiden zwischen Lernplattformen (Learning Management Systems, LMS) wie z.B. Moodle, Ilias oder OLAT/OPAL, in denen Lerninhalte bereitgestellt, Lernvorgänge organisiert und webbasiertes Lernen, Lehren und Kommunizieren unterstützt werden können, und Testsystemen/ Testsuites (Assessment Management Systemen, AMS), mit deren Hilfe E-Assessments und E-Examinations erstellt, durchgeführt und automatisiert ausgewertet werden können. Allein zur automatisierten Bewertung nutzbare Werkzeuge nennt man auch Grader. Um manche Grader wie z.B. Web-CAT (Edwards (2003)) wurde ein eigens dafür konzipiertes LMS gebaut, mit einem anderen LMS kann man den Grader aber nicht einsetzen. Manche LMS haben bereits ein integriertes AMS (z.B. Stud.IP, Ilias, Moodle, OLAT/OPAL), dessen Funktionalität aber meist recht rudimentär ist und nicht weit über Multiple-Choice-Tests hinausgeht. Will man dagegen mathematische, naturwissenschaftliche bzw. ingenieurwissenschaftliche Kenntnisse oder sogar Programmierkenntnisse qualitativ hochwertig abprüfen, so kommt man meist um die Anbindung spezialisierter Systeme an ein LMS nicht herum. Eine Ausnahme ist hier LON-CAPA (Kortemeyer et. al. (2001)), an das das Computeralgebrasystem (CAS) Maxima

und die Programmiersprache R angebunden sind und in dem diese für die Bewertung von Aufgaben direkt genutzt werden können. Dagegen muss man LMS wie Moodle, Ilias oder OLAT/OPAL durch Plugins erweitern, um qualitativ hochwertige E-Learning-Aufgaben in Mathematik, Informatik, Natur- oder Ingenieurwissenschaften erstellen, abprüfen und bewerten zu können. Solche Plugins sind Grader, wie z.B. das Open Source Online Assessment System STACK (Sangwin (2007)) für Moodle und Ilias, die durch Anbindung eines CAS wie z.B. Maxima erlauben, mathematische Formeln als Lösung einer Aufgabe zu bewerten. Einen Überblick über Mathematik-Testsysteme, die in Deutschland im Einsatz sind, sowie Beispiele für Aufgaben in diesen bietet Dahn (2019).

In Sachsen steht den Hochschulen die Prüfungsplattform ONYX zur Verfügung, ein Produkt der BPS Bildungsportal Sachsen GmbH, die 2004 von elf sächsischen Hochschulen mit dem Ziel der Unterstützung der Universitäten und Fachhochschulen des Freistaates Sachsen bei der Nutzung neuer Medien im Hochschulalltag gegründet wurde (Fischer et. al. (2010)). Sie erlaubt die Erstellung, Durchführung sowie Auswertung von E-Assessments und setzt dabei konsequent den E-Assessment-Standard IMS QTI 2.1 ein. An den sächsischen Hochschulen ist ONYX standardmäßig an die Lernplattform OPAL angebunden, es gibt aber auch die Möglichkeit, ONYX an andere Lernplattformen wie z.B. Moodle anzubinden. Allerdings hat die enge Integration von Plugins in ein LMS den Nachteil, dass die Nutzung mit anderen LMS schwierig und die Oberfläche des Plugins nicht einheitlich mit der des LMS ist, was einen Nachteil für eine intuitive Nutzung darstellt. Noch uneinheitlicher ist die Oberfläche bei einer automatisierten Bewertung mittels Stand-Alone-Lösungen wie z.B. autotool von Waldmann (2017) oder manch anderem Grader, siehe auch Bott et. al. (2017) für Möglichkeiten, verschiedene Grader in LMS anzubinden. Die Softwarekomponente Grappa (Garmann et al. (2015)) möchte eine standardisierte Anbindung von Gradern an LMS ermöglichen und so

die Unabhängigkeit des gewählten Systems zur Kursverwaltung vom zur automatisierten Bewertung gewählten Grader garantieren. Aber selbst wenn man Einheitlichkeit der Oberfläche hergestellt hat, weisen viele E-Assessment-Systeme noch zahlreiche Mängel hinsichtlich ihrer Bedienbarkeit auf. Meist sind E-Assessment-Systeme nämlich nicht skriptbar, sondern man muss Aufgaben mittels zahlreicher Klicks in einer speziellen Oberfläche erstellen, was eine lange Einarbeitungszeit und hohen Aufwand bei der Aufgabenerstellung bewirkt. Inwieweit man Aufgaben anderer Autoren anpassen sowie welche Aufgabentypen und Formate man in einer Aufgabe nutzen kann, hängt stark vom jeweiligen AMS ab und ist meist nicht flexibel möglich. Obwohl in manchen Systemen Aufgaben mit z.B. halboffenen Eingabeformaten (Kallweit (2021)) erstellt werden können, bestehen hinsichtlich der Flexibilität von Aufgabentypen noch vielfach starke Einschränkungen. Adaptivität zur individuellen Begleitung des Lernprozesses mittels datengetriebener Zuweisung passender Aufgaben scheitert häufig an der Möglichkeit, ein AMS über externe Tools zu steuern. Aufgabensammlungen existieren zudem meistens nur innerhalb kleinerer Fachgruppen oder Netzwerke wie dem sächsischen Netzwerk Mathematik/Physik + E-Learning. Kuratiert sind diese nur in einem eingeschränkten Maße, und die bundesweite Datenbank für digitale Mathematik-Aufgaben DOMAIN ist noch nicht so weit ausgebaut, dass sie sich praktisch von vielen Bereichen einsetzen lässt.

Das Teilprojekt *E-Assessment-System mit adaptivem Feedback in Mathematik* des durch die *Stiftung Innovation in der Hochschullehre* geförderten Vorhabens „Feedback-Basiertes E-Assessment in Mathematik, Informatik und Ingenieurwissenschaften“ (FAssMII) möchte durch die Entwicklung der Python-Bibliothek *PyRope* für E-Assessment insbesondere innerhalb von Jupyter-Notebooks einige dieser Mängel durch das flexible Coden von Übungsaufgaben beseitigen. Dabei ist *PyRope* als E-Assessment-System auf Python-Basis skriptbar, flexibel erweiterbar und bietet durch die Integration

in Jupyter-Notebooks eine einheitliche Oberfläche. Im Folgenden werden einige Design-Prinzipien, technische Details und Beispielaufgaben in *PyRope* beschrieben sowie weitere Entwicklungsmöglichkeiten aufgezeigt.

## 2 Design-Prinzipien von *PyRope*

Ein Softwarepaket für E-Assessment im MINT-Bereich von Grund auf zu entwerfen, stellt eine große Herausforderung dar. Es bietet aber auch die Gelegenheit, in der Architektur des Systems von vornherein einige Vorteile dieses Ansatzes zu verankern, die bei klassischen Ansätzen in dieser Art und Weise nicht oder nur mit sehr viel Aufwand umsetzbar wären. Im Folgenden möchten wir einige der Prinzipien kurz anführen, die bei der Entwicklung im Vordergrund stehen.

„**Coden statt Klicken**“. Übungsaufgaben zu erstellen, sollte in erster Linie Spaß machen und nicht viel Zeit kosten. Im Gegensatz zu gängigen E-Assessment-Systemen wie Stack für Moodle oder ONYX für OPAL setzen wir mit *PyRope* auf das Prinzip „Coden statt Klicken!“ Das heißt, Übungsaufgaben werden programmiert, statt sie über webbasierte Formulare mit rigiden Aufgabentypen einzugeben. Als Programmiersprache haben wir dafür Python gewählt, eine weit verbreitete Skriptsprache mit geringer Einstiegshürde und großer Community.

**Einfachheit.** *PyRope* zielt auf ein selbst für Python-unerfahrene Nutzer simples und schnelles Programmieren von Übungsaufgaben ab. Wir halten bewusst den Boilerplate-Code für das Erstellen einer Übungsaufgabe minimal, um die Aufgabenbeschreibung möglichst kompakt und leserlich zu gestalten. Um *PyRope* einfach zu halten, bildet es keinen Teil eines Lernmanagementsystems, stellt keine Funktionalitäten für Nutzer- oder Kursmanagement und auch keine Werkzeuge für die Auswertung von Nutzerdaten zur Verfügung.

**Mächtigkeit.** Trotz aller Einfachheit kann man beliebig aufwändige Übungsaufgaben entwickeln, da man alle Möglichkeiten von Python zur Verfügung hat. Insbesondere lassen sich für das jeweilige Fachgebiet spezifische Python-Module einbinden, die den Aufgaben-code enorm vereinfachen, allen voran die Bibliotheken *numpy* für numerisches Rechnen, *matplotlib* für grafische Darstellungen oder *sympy* für symbolisches Rechnen. Diese Möglichkeiten fehlen gängigen E-Assessment-Systemen.

**Randomisierung.** *PyRope* stellt einige nützliche Zufallsgeneratoren zur Verfügung, die Randomisierung auf eine neue Stufe heben. Gängige E-Assessment-Systeme erlauben es zum Beispiel nur, einen Term von fester Gestalt mit zufälligen Parametern zu belegen. *PyRope* dagegen bietet die Möglichkeit, den Term selbst mit einstellbarer Schwierigkeit zu randomisieren. Dies lässt sich für vielfältige Aufgaben einsetzen, wie zum Beispiel Ableiten, Integrieren, Bruchrechnung, komplexe Zahlen, Aussagenlogik oder Mengenoperationen. Ein weiteres Beispiel ist das zufällige Generieren "schöner" Matrizen in der linearen Algebra, also von Matrizen mit Einträgen, Eigenwerten, Determinanten oder Inversen, die ganzzahlig sind.

**Flexibilität.** Ein Problem klassischer E-Assessment-Systeme ist zum einen, dass die Aufgabentypen starr vorgegeben und nicht kombinierbar sind. Zum anderen lassen sich bereits vorhandene Übungsaufgaben nur durch kopieren anpassen und erweitern, was Herkunft und die vorgenommenen Modifikationen verschleiert. *PyRope* soll es nicht nur erlauben, auf einfache und transparente Weise vorhandene Übungsaufgaben anzupassen, sondern sogar eigene, neue Aufgabenformate zu entwerfen bzw. vorhandene Aufgabentypen zu kombinieren.

**Aufgabensammlungen.** Aus eigenen Aufgabensammlungen oder solchen aus öffentlich zugänglichen Quellen sollen sich neue Sammlungen durch Auswahl, Gruppieren oder Filtern leicht zusammenstellen und anpassen

lassen. Um solche Dinge wie Wiederholungsmöglichkeiten, die Anzeige von Kontext, die Art und Weise des Feedbacks sowie eine Skalierung von Punktzahlen oder Schwierigkeitsgraden zu ermöglichen, werden diese Konfigurationsmöglichkeiten von der eigentlichen Aufgabenstellung getrennt und erst beim Zusammenstellen von Aufgaben definiert. Da es sich im Unterschied zu gängigen E-Assessment-Systemen bei den Aufgabenstellungen um reinen Quelltext handelt, können diese auf einfache Art und Weise zur Verfügung gestellt, verbreitet und modifiziert werden. Wie bei freier Software üblich, geschieht dies im einfachsten Fall über ein Versionskontrollsystem, üblicherweise mit „Git“ auf „GitHub“. Dadurch können insbesondere Herkunft und Historie von Aufgabenstellungen einfach und transparent zurückverfolgt werden.

**Adaptivität.** Um die Auswahl und den Schwierigkeitsgrad der Übungsaufgaben an den Wissens- und Fähigkeitsstand des Lernenden anzupassen, soll *PyRope* zukünftig ein statistisches Modell zur Optimierung der Lernkurve verwenden, basierend auf den eigenen bisherigen Ergebnissen sowie - falls vorhanden - den Statistiken der Kohorte.

**Autonomie.** Im Gegensatz zu gängigen E-Assessment-Systemen kann man *PyRope* auch lokal auf dem eigenen Rechner ausführen, ohne auf eine Datenbank, eine Serververbindung oder ein Lernmanagementsystem angewiesen zu sein. Insbesondere bietet es Lernenden ein unbeschwertes Üben ohne die Sorge, dass ständig alle Ergebnisse aufgezeichnet und analysiert werden. Hierfür müssen die Aufgabenstellungen natürlich frei verfügbar (und damit auch öffentlich einsehbar) sein. Alternativ kann man *PyRope* auf einem Server wie z.B. JupyterHub anbieten, so dass es Lernende browserbasiert ohne Installation zusätzlicher Software nutzen können.

**Modularität.** Das modulare Softwaredesign von *PyRope* soll die Nutzung verschiedener Darstellungsarten (Frontends), unterschiedlicher Datenbanken (Backends) sowie eine Integration in verschiedene Lernmanagementsysteme erlauben. So ist es beispielsweise geplant, mit

verschiedenen Frontends aus denselben Quellen sowohl interaktive Tests als auch PDF-Versionen oder Musterlösungen erstellen zu können. Aus diesem Grunde werden die Aufgabentexte darstellungsunabhängig durch eine Markup-Sprache (Markdown) beschrieben. Dies hat den Vorteil, dass die Aufgabenstellung nicht von anzeigespezifischen Anweisungen übersät wird. Damit besteht eine der größten Herausforderungen darin, dieselbe Aufgabe in allen Frontends ansprechend zu rendern, um zu verhindern, dass Nutzer:innen auf eine perfekte Darstellung in einem bestimmten Frontend und zulasten anderer Frontends hin entwickeln.

**Open Source.** *PyRope* steht unter der GNU Affero General Public License (GNU AGPL), die es erlaubt, die Software zu nutzen, zu verbreiten und zu modifizieren, sofern Modifikationen unter derselben Lizenz verbreitet werden und deren Quellcode öffentlich zugänglich gemacht wird. Wir erhoffen uns dadurch eine schnelle Verbreitung, eine beschleunigte Entwicklung sowie eine große Anwendergemeinschaft.

### **3 Struktur von Aufgaben in *PyRope***

Aufgaben können in *PyRope* mit wenigen Zeilen Code erstellt und in einem der bereitgestellten Frontends gerendert werden. Zum jetzigen Zeitpunkt stehen ein Konsolen-Frontend, das hauptsächlich zu Testzwecken gedacht ist, und ein Jupyter-Frontend zur Verfügung. Um Aufgaben in einem Jupyter-Notebook anzuzeigen, wird lediglich das Paket importiert, ein *ExercisePool* instanziiert, in den dann die Aufgaben geladen werden, und ein *ExerciseRunner* erzeugt, der durch die Aufgaben des Pools iteriert und diese anzeigt. Damit der Runner weiß, wie Aufgaben gerendert werden sollen, wird diesem noch eine entsprechende Frontend-Instanz übergeben. Die nachstehende Abbildung zeigt den entsprechenden Code.

```

1  import pyrope
2
3  pool = pyrope.ExercisePool()
4  pool.add_exercises_from_module(pyrope.examples)
5  runner = pyrope.ExerciseRunner(pyrope.JupyterFrontend())
6  runner.run(pool)

```

Abb. 1: Code zur Initialisierung von *Pyrope*.

Aufgaben sind einfache Python-Klassen, die von der Klasse *Exercise* abgeleitet werden. *Exercise* stellt dem Aufgabensteller verschiedene Methoden zur Verfügung, um die Aufgabe zu implementieren. Die folgenden Funktionen werden bereitgestellt.

- *setup*: Im Setup werden Parameter der Aufgabe definiert und Berechnungen durchgeführt, die für die Aufgabenstellung nötig sind.
- *problem*: In dieser Methode wird die Aufgabenstellung in Form eines Templates mit Platzhaltern für Parameter und Eingabefelder definiert.
- *solution*: Diese Methode gibt Musterlösungen zu den Eingabefeldern der Aufgabenstellung zurück. Alternativ können Musterlösungen zu bestimmten Eingabefeldern auch automatisch anhand einer Namenskonvention für die Parameter (nachgestellter Unterstrich) abgeleitet werden (siehe Abschnitt 4).
- *context*: Der Kontext wird vor der eigentlichen Aufgabe angezeigt und kann beispielsweise eine Einleitung in die Aufgabe oder eine Erläuterung des Themas beinhalten.
- *score*: Über diese Methode kann der Aufgabensteller Einfluss auf die Punktevergabe nehmen. Standardmäßig wird für jedes richtige Eingabefeld ein Punkt vergeben.

- *check*: Manchmal kann für ein Eingabefeld keine Musterlösung bereitgestellt werden (Bsp.: Geben Sie eine gerade Funktion in  $x$  an.). Mit dieser Methode können Eingaben auf Richtigkeit überprüft werden.
- *validate*: Neben der automatischen Validierung von Datentypen kann mit Hilfe dieser Methode eine zusätzliche Validierung der Eingaben vorgenommen werden.
- *feedback*: Nachdem eine Aufgabe abgegeben wurde, kann mit dieser Methode Feedback generiert und angezeigt werden. Hier hat man sowohl Zugriff auf die Parameter der Aufgabe als auch auf die Benutzereingaben, um ein auf die Eingaben bezogenes Feedback zu erzeugen.

Jede Aufgabe muss die Methode *problem* implementieren, da hier die Aufgabenstellung in Form eines Strings ausformuliert wird. Ein großer Vorteil dabei ist die Unterstützung von Markdown, das im Aufgabentemplate zur Gestaltung verwendet werden kann. Neben Tabellen, Bildern, Links und Listen wird auch LaTeX mit Hilfe der JavaScript-Bibliothek *MathJax* unterstützt. Ambitionierte Aufgabensteller haben aber auch die Möglichkeit, direkt HTML-Elemente zu verwenden. Des Weiteren können vorher definierte Parameter in das Template eingebunden werden, sodass beispielsweise dynamisch generierte Bilder, Videos oder Audios eingebunden werden können.

Die eingebundenen Variablen teilen sich in zwei Gruppen: die eben beschriebenen Output-Variablen und die Input-Variablen. Input-Variablen erzeugen an der entsprechenden Stelle in der Aufgabenstellung ein Eingabefeld. Für Input-Variablen muss daher bei der Aufgabenstellung außerdem ein Datentyp und die Art des Eingabefelds definiert werden. Neben den standardmäßigen Datentypen aus Python gibt es zurzeit zusätzlich auch Datentypen für mathematische Ausdrücke, Vektoren, Matrizen, Aufzählungen und ähnliches. Aufgrund dieser Definition von Datentypen können Eingabefelder automatisiert gestaltet und Benutzereingaben ent-

sprechend validiert werden. Die Art der Eingabefelder beschränkt sich zum jetzigen Zeitpunkt auf Checkboxen, Dropdown-Menüs, Radiobuttons, ein- und mehrzeilige Textboxen und Schieberegler. Jeder Datentyp wird standardmäßig mit einem dieser Eingabemöglichkeiten gerendert.

Um die Kreativität und die Möglichkeiten bei der Erstellung von Aufgaben so wenig wie möglich zu beschränken, ist es möglich, eigene Datentypen, Eingabefelder oder gar ganze Frontends selbst zu definieren und mit *PyRope* zu verwenden. Der nächste Abschnitt veranschaulicht die beschriebenen technischen Details anhand einiger Beispielaufgaben.

## 4 Beispiele für die Aufgabenerstellung in *PyRope*

Eine simple Aufgabe wie hier am Beispiel einer Multiplikation lässt sich mit den zuvor beschriebenen Methoden *setup* und *problem* und wenigen Python-Codezeilen erzeugen:

```
2 import random as rd
3
4 import pyrope
5 from pyrope import Problem, InputField
6
7 class Multiplikation(pyrope.Exercise):
8
9     def setup(self):
10         z1 = rd.randint(-99,99)
11         z2 = rd.randint(1,99)
12         P = z1*z2
13         print ('Solution: ',P); print()
14         return {'z1': z1, 'z2': z2, 'P': P}
15
16     def problem(self):
17         return Problem (
18             'Berechnen Sie das Produkt\n\n${z1}*{z2} = $ {P_}\n\n'
19             '{p1_}{p2_}{p3_}{p4_}\n\n',
20             P_ = InputField(int)
21         )
```

Abb. 2: Code einer einfachen Beispielaufgabe.

Das Layout im Jupyter-Notebook umfasst den Aufgabentext, das Eingabefeld, die (optional) eingeblendete Lösung, einen *submit*-Button und nach Betätigung desselben die Bewertung der Lösung:

Berechnen Sie das Produkt

$-4 * 2 =$    $-8$

Submit

Score: 0

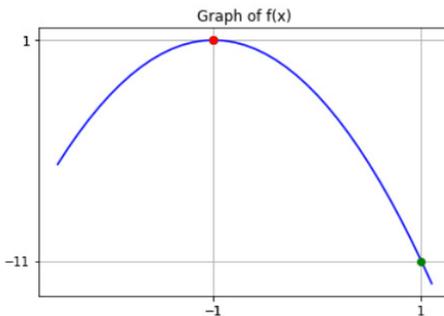
Abb. 3: Aufgabenansicht für Lernende im Jupyter-Notebook zum Code aus Abb. 2.

Eine Aufgabe kann Grafikelemente sowie selbst definierte Funktionen enthalten, auf die von allen Klassen zugegriffen werden kann. In der Methode *score* kann eine vom Standard abweichende Bewertung wie z.B. mehrere Punkte für eine kompliziertere Lösung festgelegt werden:

```
22 def polynomial2():
23     ...
24     return f, [xP, yP]
25
26 def plotGraph(f, points):
27     ...
28     plt.show()
29
30 class curveFeatures3(pyrope.Exercise):
31
32     def setup(self):
33         f, points = polynomial2()
34         plotGraph(f, points)
35         return {'fct': f, 'points': points}
36
37     def problem(self, fct):
38         return Problem(
39             'Find out the equation of the polynomial of degree 2'
40             'shown in the diagram above.\n\n'
41             'Hint: All values at marked points are integers.'
42             'The red one is the turning point.\n\n'
43             '$f(x) = $ {f_}'+sStyle(fct)+'\n\n',
44             f_ = InputField(Expression('x'))
45         )
46
47     def score(self, f_, fct):
48         return 3*(simplify(f_-fct) == 0)
```

Abb. 4: Code einer etwas anspruchsvolleren Beispielaufgabe.

Funktionen können sowohl bezüglich Funktionstyp als auch bezüglich Potenzen und Koeffizienten randomisiert werden. Mehrere Funktionen können durch randomisierte Operatoren verknüpft werden. Hierdurch ergibt sich die Möglichkeit, Funktionen gezielt auf die jeweilige Aufgabenstellung und den gewünschten Schwierigkeitsgrad angepasst zu generieren.



Find out the equation of the polynomial of degree 2 shown in the diagram above.

Hint: All values at marked points are integers. The red one is the turning point.

$$f(x) = \text{input field} \quad -3x^2 - 6x - 2$$

Submit

Score: 3

Abb. 5: Aufgabenansicht für Lernende zum Code aus Abbildung 4.

Gleichzeitig kann eine große Bandbreite von Varianten per Zufallsgenerator erzeugt werden (siehe Abbildung 6).

Die abzuleitende Funktion kann Polynome, trigonometrische und Exponentialfunktionen in unterschiedlicher Potenz enthalten, die einzeln oder durch Multiplikation bzw. Division verknüpft auftreten können (siehe Abbildung 7).

Die zu integrierende Funktion besteht aus einer einzelnen Funktion (Polynom, trigonometrische oder Exponentialfunktion in unterschiedlicher Potenz (Schwierigkeitsgrad 1) oder dem Produkt aus einem Polynom und einer trigonometrischen bzw. Exponentialfunktion (Schwierigkeitsgrad 2).

```

12 def makeFunction(op):
13     def polynomial(n): #Polynom n. Grades
14         f = (-1)**rd.randint(0,1)*rd.randint(1,5)*x**n
15         for i in range (n):
16             p = rd.randint(-5,5)*x**(n-1-i) #Auswahl Koeffizienten
17             f = f + p
18         return f
19     def function(id, p): #Auswahl Funktionstyp
20         options = {0: polynomial(p), 1: sin(x)**p, 2: cos(x)**p, 3: exp(x)**p}
21         return options[id]
22     #Randomisierte Funktion erstellen
23     id1 = int(op=='diff')*rd.randint(0, 3)
24     p = rd.randint(1, 3) #Auswahl Potenz
25     f1 = function(id1, p)
26     id2 = id1
27     while id2==id1:
28         id2 = rd.randint(int(op=='intg'), 3)
29     p = 1 + int(op=='diff' or id2==3)*rd.randint(0, 4)
30     f2 = function(id2, p)
31     join = {0: f1/f2, 1: f1, 2: f2, 3: f1*f2}
32     id = rd.randint(int(op=='intg'), 3) #Auswahl Verknüpfung
33     return join[id]
34
35 class Derivative(pyrope.Exercise):
36     ...
37
38 class Integral(pyrope.Exercise):
39     ...

```

Abb. 6: Zufällige Generierung von Polynomfunktionen.

Differenzieren Sie:  $f(x) = \frac{-5x^3 + 4x^2 - 3x - 5}{\sin^5(x)}$

$f'(x) = \frac{(-15*x**2 + 8*x - 3)/\sin(x)**5 - 5*(-5*x**3 + 4*x**2 - 3*x - 5)*\cos(x)/\sin(x)**6}{}$

Submit

Score: 1

Abb. 7: Aufgabenansicht für Lernende zum Code aus Abbildung 6.

## Danksagung

Die Autoren bedanken sich bei der Stiftung Innovation in der Hochschullehre als Fördermittelgeber des Projekts „Feedback-Basiertes E-Assessment in Mathematik, Informatik und Ingenieurwissenschaften“ (FAssMII).

## Literaturverzeichnis

- Bott, Oliver J.; Fricke, Peter.; Priss, Uta; Striewe, Michael (2017): Automatisierte Bewertung in der Programmierausbildung. Waxmann.
- Dahn, Ingo (2019), url: <https://dahn-research.eu/Survey/index.html> , Abgerufen am 13.02.2023.
- Edwards, Stephen (2003): Using test-driven development in the classroom: Providing students with automatic, concrete feedback on performance. In: Proceedings of the International Conference on Education and Information Systems: Technologies and Applications EISTA.
- Fischer, H.; Schulz, J.; Brennecke, K.; Köhler, T.; Saupe, V.; Schwendel, J. (2010): Die E-Learning-Länderinitiative Bildungsportal Sachsen. In: Bremer, C.; Göcks, M.; Rühl, P. (Hrsg.) : Zentrale Strukturen und hochschulübergreifende Kooperationen in Landesinitiativen für E-Learning an deutschen Hochschulen. Waxmann, S. 137–151.
- Garmann, R.; Heine, F.; Werner, P. (2015): Grappa – die Spinne im Netz der Autobewerter und Lernmanagementsysteme. In: Pongratz, H.; Keil, R. (Hrsg.): DeLFI 2015 – Die 13. e-Learning Fachtagung Informatik der Fachgruppe E-Learning der Gesellschaft für Informatik e.V. GI-Edition Lecture Notes in Informatics (LNI), Koellen Druck+Verlag GmbH, Bonn, S. 169–181.
- Kallweit, M. (2021): Halboffene Eingabeformate für digitale Mathematikaufgaben, In: Kerstin Hein, Cathleen Heil, Silke Ruwisch & Susanne Prediger (Hrsg.). Beiträge zum Mathematikunterricht 2021. Münster: WTM Verlag. <https://doi.org/10.37626/GA9783959871846.0> , Online direkt unter <http://dx.doi.org/10.17877/DE290R-21414>
- Kortemeyer, G.; Bauer, W.; Kashy, D.; Kashy, E.; Speier, C. (2001): The Learning-Online network with CAPA initiative. In: Frontiers in Education Conference, 2001. 31st Annual IEEE. Reno, NV, F2D–F23, Vol. 2.
- Sangwin, C. J. (2007): Assessing elementary algebra with STACK. International Journal of Mathematical Education in Science and Technology 38/8, S. 987–1002.
- Waldmann, Joachim (2017), url: <https://gitlab.imn.htwk-leipzig.de/autotool/all0> , Abgerufen am 13.02.2022.

## 7. Über den Einsatz digitaler Aufgaben an der Hochschule Ruhr West

---

*Klaus Giebertmann*

*Hochschule Ruhr West, Naturwissenschaften*

### 1 Einleitung

Der Einsatz digitaler Lehr-Lernformate hat gerade durch Corona in den letzten Jahren erheblich an Bedeutung gewonnen. Während der Pandemie und den damit einhergehenden Einschränkungen des Vorlesungs- und Übungsbetriebs wurden viele kurzfristige Lösungen erarbeitet. Es stellt sich aber die Frage, inwieweit diese Formate dauerhaft Einzug in den Lehrbetrieb finden werden.

Im Gegensatz dazu sind an der Hochschule Ruhr West bereits seit dem Wintersemester 2014/15 digitale Aufgaben in verschiedenen Szenarien in der Mathematik-Grundlagenausbildung für Ingenieure im Einsatz.

### 2 Ausgangslage

Die Hochschule Ruhr West (HRW) ist eine noch junge Hochschule für angewandte Wissenschaften im westlichen Ruhrgebiet. An den Standorten Mülheim an der Ruhr und Bottrop werden ca. 5000 Studierende in ingenieur- und wirtschaftswissenschaftlichen Studiengängen ausgebildet. Die hier vorgestellten Tools wenden sich primär an ca. 200-350 Studierende der Studiengängen Maschinenbau und Wirtschaftsingenieurwesen Maschinenbau im ersten Studienjahr.

Im Wintersemester 2013/14 sind Übungszettel, die in Zweiergruppen bearbeitet werden, bereits als Prüfungsvorleistung etabliert. Dieses Verfahren bietet auf den ersten Blick eine Reihe von Vorteilen:

- Studierende können in Kleingruppen gemeinsam Aufgaben bearbeiten und sich so gegenseitig unterstützen.
- Tutoren können in der Korrektur auf individuelle Fehler eingehen und eine personalisierte Rückmeldung geben.
- Der Schwerpunkt bei der Bearbeitung der Aufgaben liegt im Lösungsweg und nicht allein auf den Endergebnissen.

Diesen Vorteilen stehen aber eine Reihe von Nachteilen gegenüber:

- Die Rückgabe der bearbeiteten Aufgaben erfolgt mit Verzögerung. Zwischen der Vermittlung der Inhalte, der Bearbeitung der Übungsaufgaben und der Rückgabe der korrigierten Aufgaben können oft mehr als drei Wochen vergehen. In dieser Zeit werden neue Themen behandelt, so dass es den Studierenden schwerfällt, die Details der Korrektur zu würdigen.
- Da mehrere Tutoren für die Korrektur eingesetzt werden, ist nicht immer sichergestellt, dass Aufgaben auch gleich korrigiert werden.
- Da alle Studierenden die gleichen Aufgabenstellungen bearbeiten, sind ähnliche Lösungen unvermeidlich.
- Die Anmerkungen der Tutoren werden nur sehr selten beachtet
- Tutoren haben manchmal nicht verstanden, was in Aufgaben verlangt wird, so dass die Korrekturen nicht immer qualitativ hochwertig sind.
- Der Einsatz von Tutoren ist sehr kostenintensiv.

### **3 Einsatz Digitaler Aufgaben auf freiwilliger Basis**

Ab dem WS 2014/15 werden erstmalig digitale Aufgaben eingesetzt. Zu diesem Zweck wurde an der HRW das System MathWeb entwickelt (vgl. Giebertmann, Friese, 2016). Im Vergleich zu ähnlichen Systemen wie JACK (vgl. Schwinning et al., 2014) oder STACK (vgl. Sagwin, 2004) nutzt dieses System aber kein Computeralgebrasystem auf einem externen Server. Eine konkrete Aufgabe wird durch ein eigenständiges JavaScript Objekt implementiert. Die Aufgabenobjekte besitzen eine einheitliche Schnittstelle, so dass Aufgaben beliebig ausgetauscht werden können. Der Vorteil dieses Ansatzes besteht darin, dass alle Berechnungen im Browser direkt ausgeführt werden können. Da JavaScript eine vollständige Programmiersprache ist, können damit beliebige Aufgaben umgesetzt werden. Die verwendeten Aufgaben sind parametrisierbar, d.h. die Aufgabenstellung wird durch einen Satz von Parametern beschrieben. Durch zufällige Wahl dieser Parameter (Randomisierung) kann eine Vielzahl von ähnlichen Aufgaben erzeugt werden. Neben Zahlenwerten können auch Formeln und grafische Interaktionen abgefragt werden. Zusätzlich zur Aufgabenstellung kann optional eine ausführliche Musterlösung zu jeder Aufgabe angezeigt werden. Abb. 1 zeigt exemplarisch eine Aufgabe mit einer angepassten Musterlösung.

Bestimmen Sie alle  $x \in [0, 2\pi)$  mit

$$\sin(x) = \frac{2}{3} \cos(x)$$

Sie müssen das Ergebnis nicht herleiten. Geben Sie die Ergebnisse durch Komma getrennt auf 3 Nachkommastellen genau an, falls Sie keine exakten Ausdrücke verwenden.

Ergebnis

**Lösung**

$$\sin(x) = \frac{2}{3} \cos(x) \Leftrightarrow \frac{\sin(x)}{\cos(x)} = \frac{2}{3} \Leftrightarrow \tan(x) = \frac{2}{3}$$

Wegen  $\arctan\left(\frac{2}{3}\right) > 0$  ist

$$x_1 = \arctan\left(\frac{2}{3}\right) \approx 0.588003$$

und

$$x_2 = \pi + x_1 \approx 3.72960$$

**Ergebnis:**

$$\{0.588003, 3.72960\}$$

Skizze:

Abb. 1: Beispiel einer randomisierten Aufgabe. Die Musterlösung beinhaltet hier eine Grafik, die zur Parametrisierung passt.

Die Nutzung der digitalen Aufgaben werden über die Semester hinweg mit Hilfe von Zugriffsstatistiken gemessen. Abb. 2 zeigt die täglichen Zugriffe auf die Aufgaben während des Wintersemesters 2014/15 und des Sommersemesters 2015.

Wie zu erkennen ist, werden die Aufgaben primär als Klausurvorbereitung genutzt.



Abb. 2: Tägliche Zugriffe auf digitale Aufgaben während des WS 2014/15 und des SS 2015.

Der ergänzende Einsatz digitaler Aufgaben zu den Übungsblättern hat aus Sicht der Autoren die folgenden Vorteile:

- Studierende können zeit- und ortsunabhängig Aufgaben bearbeiten und erhalten eine sofortige Rückmeldung
- Aufgaben können durch Randomisierung mehrfach genutzt werden
- Eine detaillierte Musterlösung wird bereitgestellt

Demgegenüber können aber auch die folgenden Nachteile beobachtet werden:

- Die Nutzung der Aufgaben erfolgt hauptsächlich kurz vor der Klausur
- Nicht alle Studierende nutzen das Angebot.

Gerade der letzte Punkt kann zu einem bekannten Problem beim freiwilligen Einsatz digitaler Aufgaben führen. Studierende, die bereits gut sind, können sich weiter verbessern, Studierende, die Probleme haben, wollen oder können das Angebot nicht nutzen. Dadurch kann sich der Abstand zwischen guten und schwächeren Studierenden vergrößern.

## **4 Digitale Übungsblätter**

Ab dem WS 2015/16 werden die digitalen Aufgaben für individualisierte digitale Übungsblätter eingesetzt und haben den bis dahin genutzten Übungsblattbetrieb ersetzt. Ziel ist es, den etablierten handschriftlichen Übungsblattbetrieb digital nachzustellen. Jede Studierende/jeder Studierende erhält ein Blatt mit den gleichen Aufgaben aber mit unterschiedlichen Parametern, so dass keine zwei Aufgabenblätter gleich sind (vgl. Abb. 3). Die Bearbeitung der Aufgaben erfolgt

im Browser und das Blatt kann eine Woche lang bearbeitet werden, wobei Änderungen automatisch abgespeichert werden. Studierende können über entsprechende Links auf ähnliche Aufgaben zugreifen und damit üben. Nach dem Ende der Bearbeitungszeit werden die Blätter innerhalb weniger Minuten automatisch korrigiert.

Ingenieurmathematik I  
 WS 2015/2016  
 8. Aufgabenblatt

**Aufgabe 1 (üben)**

a. Bestimmen Sie eine Parameterform der Ebene

$$E: 5x_1 + 2x_2 + x_3 = 5.$$

Ergebnis  ✓

$$E: \vec{x} = (0, 0, 5)^T + s(-1, 0, 5)^T + t(0, -1, 2)^T, s, t \in \mathbb{R}$$

Lösung

(3/3)

b. Bestimmen Sie eine Parameterform der Ebene

$$E: -2x_1 + x_2 - 3x_3 = -4.$$

Ergebnis  ✓

$$E: \vec{x} = (0, -4, 0)^T + s(-1, -2, 0)^T + t(0, -3, -1)^T, s, t \in \mathbb{R}$$

Lösung

(3/3)

**Aufgabe 2 (üben)**

a. Bestimmen Sie eine Koordinatenform der Ebene

$$E: \vec{x} = \begin{pmatrix} 5 \\ 4 \\ -3 \end{pmatrix} + s \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 5 \end{pmatrix} + t \begin{pmatrix} -1 \\ -4 \\ -1 \end{pmatrix}, s, t \in \mathbb{R}.$$

Ergebnis  ✓

$$E: 20x_1 - 4x_2 - 4x_3 = 96$$

Abb. 3: Beispiel eines korrigierten digitalen Übungsblattes. Das Blatt setzt sich aus mehreren digitalen Aufgaben zusammen. Nach der Korrektur kann zu jeder Aufgabe eine Musterlösung eingeblendet werden.

Gegenüber dem klassischen Übungsblattbetrieb können die folgenden Vorteile beobachtet werden:

- Durch Randomisierung der Aufgaben erhalten Studierende jeweils ein individuelles Aufgabenblatt.
- Der Aufwand für die Korrektur ist sehr gering.
- Die Korrektur kann sehr schnell erfolgen. In der Regel werden alle Übungsblätter fünf Minuten nach Ende der Abgabefrist korrigiert.
- Aufgaben können vorab geübt werden.
- Die Bearbeitung der digitalen Aufgaben ist verpflichtend.

Diesen positiven Ergebnissen stehen aber einige negative Beobachtungen gegenüber

- Kleine Fehler in der Eingabe können zu Punktabzug führen.
- Gegen Ende des Semesters haben Studierende erkannt, dass sie die bereitgestellten Übungsaufgaben so lange aufrufen können, bis ihre konkrete Aufgabe erscheint und sie die Musterlösung übernehmen können.
- Der (digitale) Übungsblattbetrieb stellt eine Prüfungssituation dar. Nach der Korrektur der Aufgaben können Fehler nicht mehr korrigiert werden.

Die Auswertung der Zugriffsstatistik (vgl. Abb.4) zeigt, dass die Aufgaben kontinuierlich genutzt werden.



Abb. 4: Täglicher Zugriff auf die digitalen Aufgaben während des WS 2015/16 und des SS 2016.

## 5 Digitale Lernlandkarten

Aufgrund der teils gemischten Erfahrungen mit dem Einsatz digitaler Übungsblätter im SS 2016 werden diese seit dem Wintersemester 2016/17 durch digitale Lernlandkarten ersetzt. Dies entspricht dem Wechsel von einem (digitalen) Prüfungssystem hin zu einem Lernsystem. Die Grundidee des neuen Systems besteht darin, dass Studierende einem Lernpfad folgen und durch die erfolgreiche Bearbeitung von Aufgaben das System davon überzeugen, dass sie in der Lage sind, Probleme eines bestimmten Typs lösen zu können. Erst dann werden schwierigere Aufgaben freigeschaltet. Abb. 5 zeigt eine Lernkarte zum Thema lineare Gleichungssysteme. Erfolgreich bearbeitete Aufgabenblöcke werden gelb bzw. grün dargestellt, Blöcke, die noch nicht erfolgreich bearbeitet sind, erscheinen rot und nicht freigeschaltete Bereiche werden grau dargestellt. Im Gegensatz zu Übungsblättern, können nun auch einfache und hinführende Aufgaben eingesetzt werden. Der Bearbeitungsstatus der Aufgabenblöcke wird über ein Ampelsystem visualisiert, so dass Studierende auf den ersten Blick erkennen können, an welchen Stellen sie ggf. noch Probleme haben.

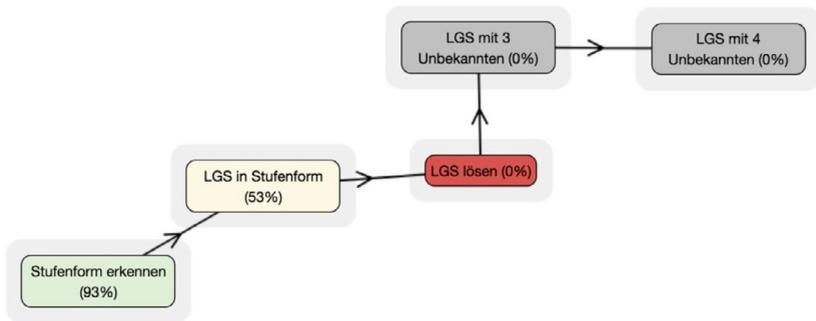


Abb. 5: Eine Lernlandkarte für die Lösung linearer Gleichungssysteme.

Der Einsatz der digitalen Lernlandkarten zeigt die folgenden Vorteile

- Studierende können orts-und zeitunabhängig üben
- Aufgaben können beliebig oft genutzt werden
- Studierende erhalten über ein Ampelsystem kontinuierlich Rückmeldung über ihren Leistungsstand
- Die Anzahl der benötigten Wiederholungen hängt von dem jeweiligen Leistungsstand ab. Haben Studierende mit den Aufgaben Probleme, so müssen im Allgemeinen mehr Aufgaben bearbeitet werden, bis Aufgaben des Typs sicher gelöst werden können

Demgegenüber können aber auch noch die folgenden Probleme beobachtet werden:

- Können Studierende die hinführenden Aufgaben nicht lösen, so können diese auch keine schwierigeren, klausurrelevanten Aufgaben bearbeiten

- Da zu jeder Aufgabe die Musterlösung frei zugänglich ist, können Studierende geneigt sein, nicht mehr selbst über Lösungen nachzudenken und stattdessen direkt die Musterlösung anzusehen

Abb. 6 zeigt die durchschnittliche wöchentliche Bearbeitungszeit im WS 2016/17. Wie zu erkennen ist, haben Studierende in den ersten Wochen im Durchschnitt bis zu 6 Stunden damit verbracht, digitale Aufgaben zu bearbeiten. Im Laufe des Semesters wird die Belastung für Studierende aber gesenkt. Die Grafik zeigt aber auch ein allgemeines Problem beim Einsatz digitaler Aufgaben. Durch die automatische Korrektur findet eine Entkoppelung zwischen dem Aufwand für Studierenden und dem Korrekturaufwand statt. Daher liegt es nun in der Verantwortung der Lehrenden/des Lehrenden dafür zu sorgen, dass Studierende nicht überlastet werden.

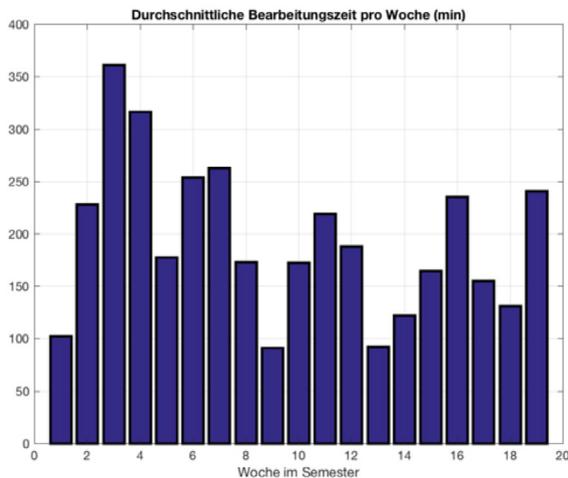


Abb. 6: Durchschnittliche, wöchentliche Bearbeitungszeit im WS 2016/17.

Es stellt sich nun die Frage, welchen Einfluss die intensive Beschäftigung mit den Aufgaben auf die Klausurergebnisse hat. Für eine Vergleich-

barkeit der Ergebnisse wird im WS 2017/18 die gleiche Mathematik I Klausur gestellt, wie im WS 2014/15, als noch handschriftliche Übungsblätter verpflichtend waren. Tabelle 1 zeigt die Ergebnisse der beiden Klausuren:

Tabelle 1: Klausurergebnisse vor und nach Einführung des digitalen Lernsystems.

	WS 2014 / 2015	WS 2017 / 2018
Teilnehmer	194	144
Durchfallquote	53%	29%

Abb. 7 zeigt die erzielten Punkte für jeden Studierenden aufgetragen über der normalisierten Anzahl der Studierenden. Die Ergebnisse sind nach der Größe sortiert. Bei insgesamt 120 möglichen Punkten gilt die Klausur als bestanden, wenn mindestens 50 Punkte erreicht werden. Die gelbe Kurve zeigt das Ergebnis für alle Studierende aus dem WS 2014/15, die blaue Kurve zeigt die Punkteverteilung aus dem WS 2017/18. Zum Vergleich werden auch die Ergebnisse der Maschinenbaustudierenden aus dem WS 2014/15 gezeigt, die in Klausuren üblicherweise besser abschneiden als die WING-Maschinenbau-Studierenden. Während im unteren und oberen Bereich kaum ein Unterschied zu erkennen ist, zeigt sich bei der blauen Kurve ein deutlich besseres Ergebnis im Bereich von 10%-70%.

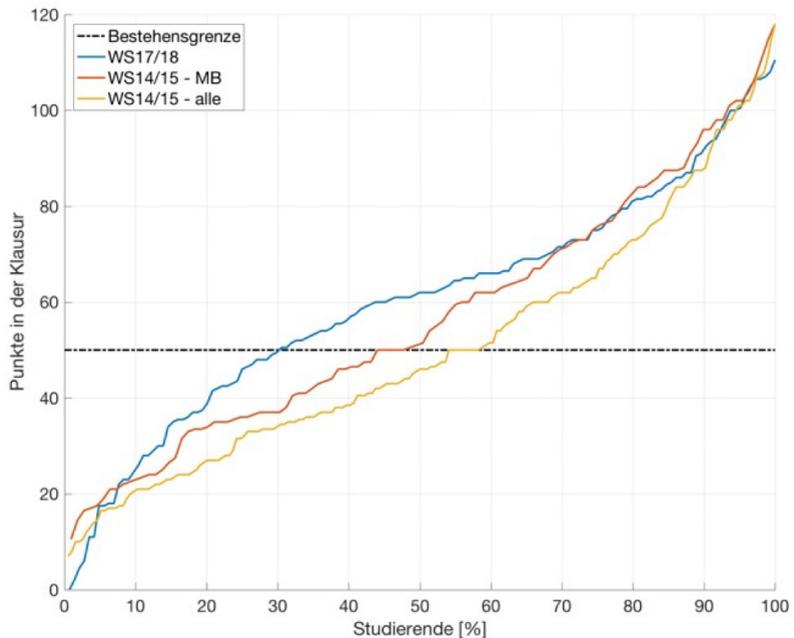


Abb. 7: Ergebnisse der Mathematik I Klausuren.

Aufgrund des obigen Experiments sind digitale Lernlandkarten ein fester Bestandteil des begleitenden Übungsbetriebs geworden. Gegenüber der ersten Version werden allerdings die folgenden Änderungen umgesetzt:

- Aufgabenlöcke können aufgerufen werden, ohne die vorherigen Aufgaben komplett zu lösen
- Lösungen werden nur noch bei einfachen Aufgaben angezeigt

## 6 Virtuelles Lehrgespräch – ein Chatbot für die Lehre

Digitale Aufgaben bieten eine gute Möglichkeit, Techniken im Rahmen von Standardaufgaben einzuüben. Dieses Format ist allerdings wenig geeignet, Inhalte einer Vorlesung (Definition, Aussagen von Sätzen) abzufragen oder allgemeine Verständnisfragen zu stellen. Aus diesem Grunde werden seit dem Sommersemester 2019 digitale Interviews mit allen Studierenden geführt. Ein Chatbot befragt Studierende nach den Inhalten der Vorlesung, bewertet die Antworten und stellt ggf. weiterführende Fragen (vgl. Giebermann, Friese 2022). Das Gespräch wird in Form eines gerichteten Graphens hinterlegt, jeder Knoten repräsentiert eine konkrete Frage und enthält alle Informationen, die für die Bewertung der Antworten nötig sind. Je nach Antwort, werden verschiedene Verbindungen zu anderen Frageknoten freigeschaltet.

The screenshot displays a chatbot interface titled "Nachbereitung der 1. Vorlesung". The chat history includes the following exchanges:

- Question: "Wie unterscheiden sich zwei Stammfunktionen zur gleichen Funktion?"
- Answer: "durch eine konstante"
- Question: "Ganz genau Zwei Stammfunktionen zur gleichen Funktion unterscheiden sich lediglich um eine Konstante (also eine Zahl). Daher schreiben wir auch beim Unbestimmten Integral "+c"."
- Question: "Die Stammfunktionen für viele oft gebrauchte Funktionen kann man in Tabellen nachsehen. Was wäre z.B. eine Stammfunktion von  $f(x) = \frac{1}{1+x^2}$ ?"
- Answer: "arctan x"
- Question: "Genau, der Arcustangens (Umkehrfunktion von Tangens) ist eine Stammfunktion."
- Question: "Warum gilt  $\int_0^{2\pi} \sin(x) dx = 0$ , obwohl der Flächeninhalt nicht null ist?"

On the right, a flowchart illustrates the interview structure. The nodes are:

- Top node: "Wie heißt die Funktion, die integriert wird?"
- Second node: "Wo steht bei einer Integralfunktion die Funktionsvariable?"
- Third node: "Welche Begriffe haben wir in der 1. Vorlesung behandelt?"
- Bottom node: "Wie kann man aus einer..."

Arrows indicate the flow of questions, with a red box labeled "Funktion" pointing to the second node.

Abb. 8: Ansicht des Interviews aus Sicht eines Studierenden/einer Studierenden.

Abb. 8 zeigt die Ansicht einer Studierenden/ eines Studierenden während der Bearbeitung des Interviews. Auf der linken Seite ist der Chatverlauf mit den Fragen des Bots, den Antworten und den Reaktionen darauf zu sehen. Auf der rechten Seite wird der bisherige Chatverlauf in Form des Graphens dargestellt. Knoten, die bereits abgearbeitet sind, werden grau dargestellt, die aktuelle Frage gelb und offene Fragen rot. Die Anzahl der erreichten Ziele im Verhältnis zu der Zahl der möglichen Ziele definiert die Bearbeitungsquote, die rechts oben angezeigt wird. Auf Basis der Nutzungsstatistiken (vgl. Abb. 9) können wir erkennen, dass der Chatbot von den Studierenden gut angenommen wird.

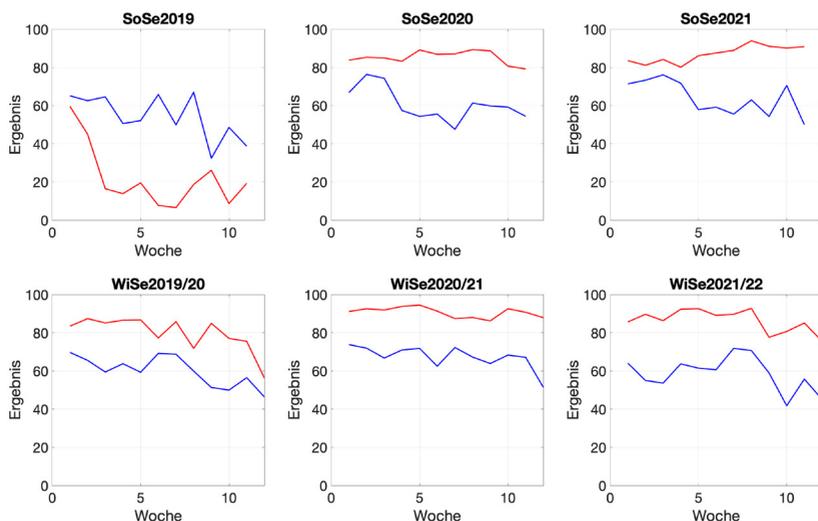


Abb. 9: Durchschnittliche Nutzung des Chatbots über die letzten Jahre. Blau: Ergebnis der Übungsaufgaben, rot: Ergebnisse der Chatbot-Interviews.

## 7 Digitale Herleitungsaufgaben

Neben den oben bereits erwähnten Vorteilen digitaler Aufgaben, haben diese jedoch auch einige Nachteile. Sie sind primär lösungsorientiert, d.h. es wird im Allgemeinen nur das Endergebnis überprüft. Wird eine parametrisierte Aufgabe sehr oft aufgerufen, so kann dies zu Overfitting führen. Studierende lernen ein Lösungsmuster auswendig, statt sich den Lösungsweg zu merken. Um diese Probleme anzugehen, werden seit dem Wintersemester 2020/21 digitale Herleitungsaufgaben eingesetzt (Vgl. Giebermann 2023).

Bestimmen Sie alle Lösungen der Gleichung

$$-\frac{3}{x+1} + \frac{2}{x-3} = 0$$

---

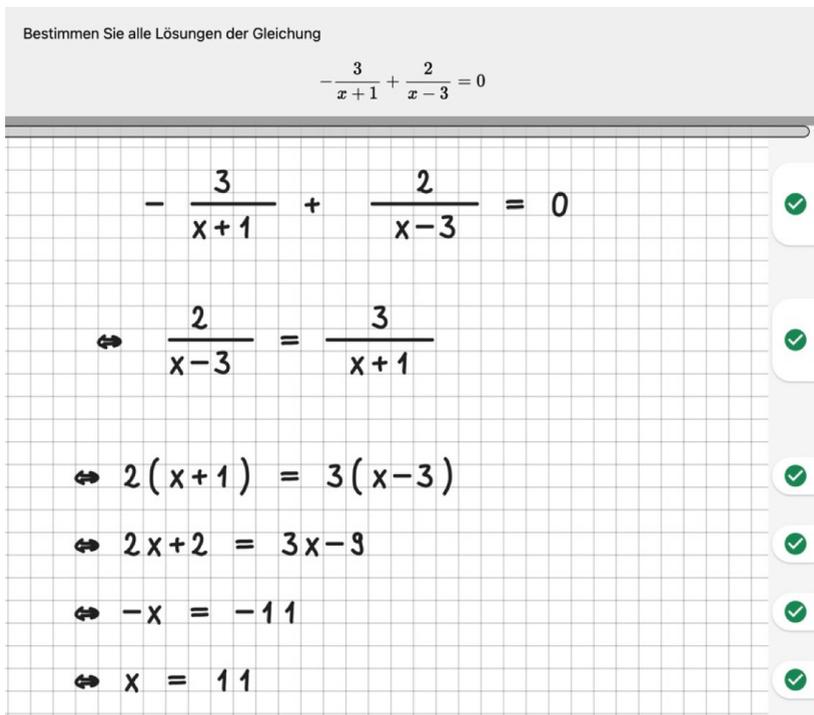
$$-\frac{3}{x+1} + \frac{2}{x-3} = 0$$
$$\Leftrightarrow \frac{2}{x-3} = \frac{3}{x+1}$$
$$\Leftrightarrow 2(x+1) = 3(x-3)$$
$$\Leftrightarrow 2x+2 = 3x-9$$
$$\Leftrightarrow -x = -11$$
$$\Leftrightarrow x = 11$$


Abb. 10: Beispiel einer korrigierten digitalen Herleitungsaufgabe.

Üblicherweise wird bei einer digitalen Aufgabe ein Algorithmus hinterlegt, der das Endergebnis überprüft. Entweder wird die Eingabe mit einer Referenzlösung verglichen oder sie wird nach Eigenschaften hin untersucht. Im Gegensatz dazu kennt eine Herleitungsaufgabe nur die Aufgabenstellung in Form von Prämissen, den Namen der gesuchten Größe und ggf. Einschränkungen für Parameter. Anhand allgemeiner Umformungsregeln wird jeder einzelne Schritt des Lösungswegs daraufhin überprüft, ob dieser nachvollziehbar ist. Wird im letzten Schritt nach der gesuchten Größe aufgelöst und sind alle Umformungen bis dahin akzeptiert worden, so gilt die Aufgabe als korrekt bearbeitet (vgl. Abb. 10). Um komplette Lösungswege effizient aufschreiben zu können, stellt das System eine neuartige, zweidimensionale Eingabemethode zusammen mit einer mathematischen Handschriftenerkennung bereit.

## **8 Ausblick**

Nachdem bislang primär elementare Aufgaben im Zentrum standen, sollen zukünftig digitale Reflexionsaufgaben umgesetzt werden. Dabei sollen Studierende komplexe Aufgaben im Dialog mit dem System bearbeiten, Lösungswege skizzieren und anschließend explizit umsetzen.

## Literaturverzeichnis

- Sangwin, C. (2004). Assessing mathematics automatically using computer algebra and the internet. *Teaching Mathematics and its Applications*, 23, 1–14. doi:10.1093/teamat/23.1.1
- Schwining, N., Schypula, M., Striewe, M., & Goedicke, M. (2014, July). Concepts and realisations of flexible exercise design and feedback generation in an e-assessment system for mathematics. Paper presented at the Joint Proceedings of the MathUI, OpenMath and ThEdu Workshops and Work in Progress track at CICM co-located with Conferences on Intelligent Computer Mathematics (CICM 2014), Coimbra, Portugal.
- Giebermann, K., Friese, N. (2016). MathWeb – Interaktive Online-Demonstrationen und Aufgaben zur Ergänzung von Mathematikvorlesungen. In W. Paravicini et al. (Hrsg.), *Hanse-Kolloquium zur Hochschuldidaktik der Mathematik 2015. Beiträge zum gleichnamigen Symposium am November 2015 an Universität Lübeck* (S. 44–50). Münster: WTM-Verlag
- Giebermann, K., & Friese, N. (2018). MathWeb – interaktives Lernen in Mathematikmodulen. *die Hochschullehre*, Jahrgang 4, 361–376.
- Giebermann, K., & Friese, N. (2022). Virtuelles Lehrgespräch – Ein Chatbot für die Lehre. In Berendt, B., Voss, H., Wildt, J. (Hrsg.), *Neues Handbuch Hochschullehre* (Griffmarke D 3.43). DUZ Verlags- und Medienhaus.
- Giebermann, K. (2023). Digitale Paper & Pencil Aufgaben. In: Härterich, J.; Kallweit, M.; Rolka, K. & Skill, T.(Hrsg.): *Hanse-Kolloquium zur Hochschuldidaktik der Mathematik 2021. Beiträge zum gleichnamigen Online-Symposium am 12.November 2021 aus Bochum* (S. 208–2015). Münster: WTM-Verlag.

## **8. Die Materialität analog-digitaler Schnittstellen: Usability-Testung Stift-basierter Eingabegeräte für E-Assessment-Szenarien**

---

*Nadine Hahm, Erik Morawetz, Andreas Thor*

*Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig, Fakultät Digitale Transformation*

### **1 Hintergrund der Untersuchung**

E-Assessment-Aufgaben können nur das abdecken, was technisch bereits möglich ist.

Im Projekt Feedback-basiertes E-Assessment in Mathematik, Informatik und Ingenieurwissenschaften (FAssMII) werden verschiedene Ansätze im E-Assessment verfolgt, welche die Motivation Studierender zum kontinuierlichen Lernen im Semesterverlauf erhöhen. Für die technische Umsetzung von E-Assessment-Aufgaben bestehen zahlreiche Lösungen, jedoch fehlt bislang die Möglichkeit, Freihand-eingaben für grafische Abbildungen digital zu bewerten und auf die eingereichten Lösungen automatisiert Feedback zu generieren. An der technischen Lösung hierzu wird im Projekt Automatisiertes Prüfen von Kompetenzen im Erstellen von grafischen Zusammenhängen in MINT-Fächern gearbeitet.

Das Projekt möchte Studierende in der Phase der Wissensfestigung anhand eines E-Assessment-Systems aktivieren und damit die Lernmotivation und Kompetenzentwicklung erhöhen. Untersuchungen ähnlich gelagerter Projekte ergaben, dass Studierende den Einsatz technischer Tools hierbei grundsätzlich stark befürworten (vgl. Ifland 2014). Der Einsatz digitaler Technologien kann auf Basis didaktischer

Überlegungen dazu beitragen, die individuellen Bedürfnisse von Lernenden stärker zu berücksichtigen (vgl. Rampelt/Wagner 2020). Digitale Self-Assessments erleichtern Studierenden das zielgerichtete und eigenverantwortliche Lernen (vgl. Gruttmann 2010). Dabei ist Feedback einer der stärksten Einflussfaktoren auf Lernprozesse und Leistung (vgl. Hattie/Timperley 2007). Entsprechend setzen wir in der Entwicklung der E-Assessment-Umgebung auf effektives Feedback, welches nicht nur die Fehler in der Lösung fokussiert, sondern auch Hinweise zum Lernprozess enthält (vgl. Cavalcanti 2021). Das infrastrukturelle Fundament des Lehr-Lern-Prozesses beinhaltet zum einen eine Web-basierte Assessment-Umgebung mit automatisiertem Feedback und zum anderen ansprechende und leicht anwendbare Eingabegeräte für die Freihandeingabe der Modelle. In dieser Arbeit legen wir den Fokus auf Letzteres.

Es wird untersucht, auf welchen Stift-basierten Eingabegeräten Freihandeingaben durch Studierende im Übungs- und Prüfungsbetrieb möglichst reibungslos umzusetzen sind.

## **2 Ziele der Untersuchung**

Sobald etwas technisch nicht funktioniert oder frustriert, sinkt die Motivation.

Nicht jedes Grafiktablett ist per se für den Einsatz in digitalen Lehr-Lern-Settings geeignet. Anzunehmen ist, dass bei stockender Funktionsweise eines Stift-basierten Eingabegeräts bereits das erste Motivationsloch für Studierende entsteht, das zur Verfügung stehende E-Assessment-Angebot zu nutzen. Entsprechend sind wir in dieser Studie der Frage nachgegangen, auf welchen derzeit auf dem Markt verfügbaren Stift-basierten Eingabegeräten/Grafiktablets Studierende möglichst reibungslos grafische Modelle erstellen können. Relevant ist

diese Frage u.a. für alle diejenigen, welche planen, hochschulinterne PC-Pools mit (Grafik-)Tablets auszustatten.

Ziel der Untersuchung ist es eine Orientierung darüber zu erhalten, welche Funktionalitäten die reibungslose und niedrigrschwellige Nutzung von Stift-basierten Eingabegeräten ermöglichen und welche Aspekte dies verhindern. Ebenso können für die ausgewählten und getesteten Geräte Empfehlungen abgegeben werden, worauf bei der Auswahl zu achten ist. Ferner gibt die Studie Auskunft darüber, welche Aspekte für Studierende bei der Auswahl von (Grafik-)Tablets relevant sind.

Das Projekt FAssMII ist noch nicht abgeschlossen und weitere Arbeitspakete, wie die Web-basierte Assessment-Umgebung, werden die nächsten Schritte darstellen und sollen nicht Teil dieser Studie sein.

### 3 Studienaufbau

Die Studie nutzte verschiedene Ansätze zur qualitativen und quantitativen Untersuchung der Geräte.

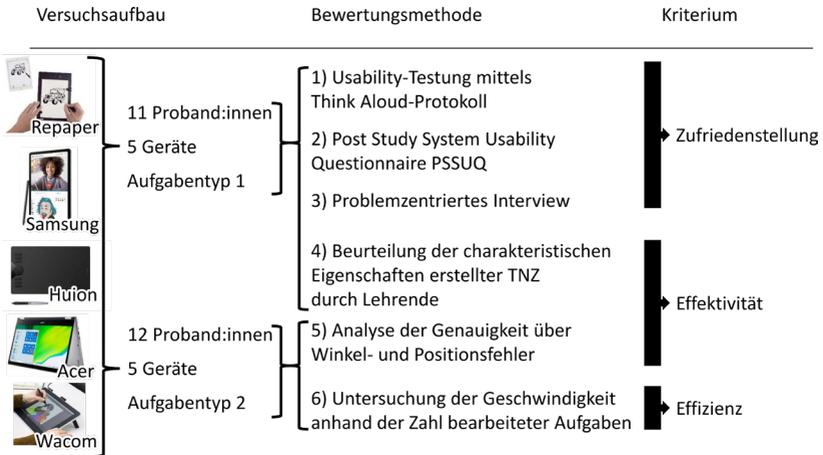


Abb. 1: Versuchsaufbau, Bewertungsmethoden und Kriterien.

Zum einen wurde eine Usability-Testung der Geräte mit Think-Aloud-Methodik umgesetzt (vgl. Richter 2013). Zudem wurden die Studierenden gebeten, ihre Einschätzung des jeweiligen Geräts mittels des Post Study System Usability Questionnaire (PSSUQ) anzugeben. Dieser erfasst die Zufriedenstellung mit dem jeweiligen Gerät anhand der Kriterien Systemqualität, Informationsqualität, Schnittstellenqualität und Gesamteindruck (vgl. Lewis 2002, vgl. Fruhling/ Lee 2005, vgl. Hodrien/Terrence 2021). Drittens verglichen die Studierenden die getesteten Geräte nach der Nutzung miteinander in einem problemzentrierten Interview (vgl. Witzel 2000). Die erstellten TNZ wurden viertens von Lehrenden auf ihre charakteristischen Eigenschaften hin bewertet (vgl. ISO 9241-112:2017, vgl. Beispiellösung Abbildung 2).

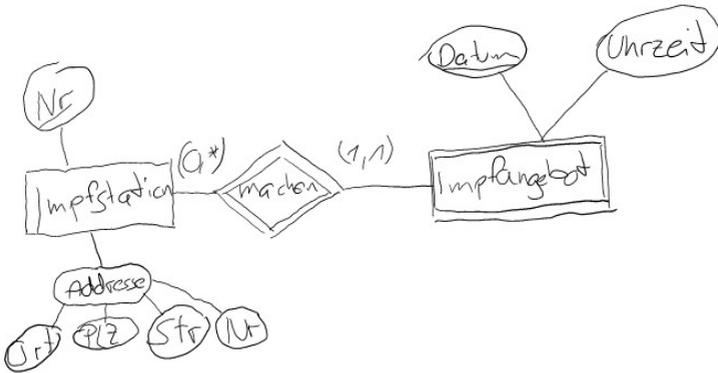


Abb. 2: Studentische Lösung des Aufgabentyps 1 bei der Beurteilung der Zufriedenstellung.

Schließlich wurden die Geräte daraufhin untersucht, inwiefern sie zügiges und möglichst genaues Zeichnen ermöglichen (vgl. Beispiellösung Abbildung 3). Diesem letzten Schritt der Geräteuntersuchung lag ein separater Aufgabenpool zugrunde, der auch von einer separaten Gruppe von Proband:innen bearbeitet wurde.

Bitte ziehen Sie die Vierecke in beiden Reihen nach.

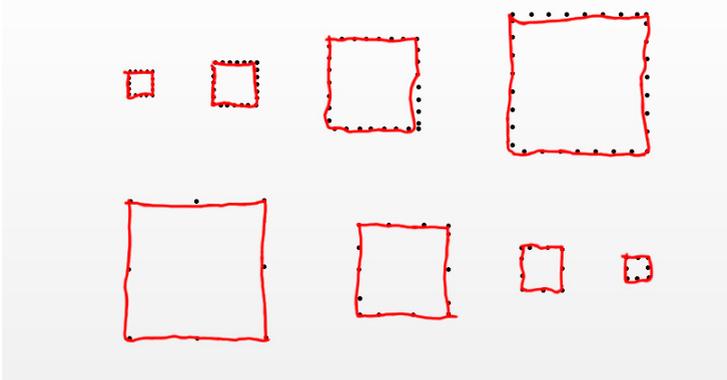


Abb. 3: Studentische Lösung des Aufgabentyps 2 bei der Beurteilung der Effektivität und Effizienz (Repräsentation).

Insgesamt nahmen im ersten Teil der Studie elf, im zweiten Teil zwölf Studierende eines ingenieurwissenschaftlichen Studiengangs an der Untersuchung teil. Alle Proband:innen hatten Vorerfahrungen mit der Stift-basierten Eingabe.

Die Stift-basierten Eingabegeräte wurden so ausgewählt, dass sie die Bandbreite der aktuell vorhandenen technischen Lösungen möglichst vollständig abbilden (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Funktionalitäten der ausgewählten Geräte.

Gerät	Produkt-kategorie & -bezeichnung	Eingabe-oberfläche	Drucktasten am Gerät	Arbeitsweise mit / ohne externen Anschluss	Stiftform	Drucktasten am Stift	Stiftdruck- & Neigungs-funktion	Preis-kategorie
Acer	Konvertibles Notebook Spin 3	Aktiv, glatt, Touch, 14 Zoll	Keine	Autark	12 cm Zylindrisch Schmal	Keine	Stiftdruck-funktion	900 – 1.500 €
Huion	Grafik-tablett HS610	Inaktiv, rau, 11,8 Zoll	28x 1-Finger Touching	Abhängig	16,5 cm Ergonomisch	2x	Stiftdruck- und Neigungs-funktion	80 – 100 €
Repaper	Grafik-tablett mit Stiftring Faber-Castell Edition	Papier, 10,4 Zoll	5x	Abhängig	16 cm Bleistift mit Stiftring	Keine	Stiftdruck- und Neigungs-funktion	150 – 200 €
Samsung	Tablet Galaxy Tab S6 Lite	Aktiv, glatt, Touch, 10,4 Zoll	Keine	Autark	14,5 cm Zylindrisch Gerade Seitenfläche	1x	Stiftdruck-funktion	300 – 400 €
Wacom	Grafik-tablett One 13	Aktiv, entspiegelt, 13,3 Zoll	Keine	Abhängig	15 cm Ergonomisch	1x	Stiftdruck- und Neigungs-funktion	300 – 400 €

In die Auswahl integriert wurden beispielsweise Geräte mit aktiver/ inaktiver Oberfläche, verschiedenen Stift-Funktionen, (keinen) Drucktasten am Gerät, (keiner) Neigungsfunktion und sehr heterogenen Preiskategorien. Einige Geräte waren multifunktional einsetzbar, andere waren reine Grafiktablets.

## **4 Ergebnisse**

Im Folgenden werden ausgewählte Ergebnisse anhand der drei zentralen Kriterien für Gebrauchstauglichkeit – Effektivität, Effizienz und Zufriedenstellung – dargestellt (vgl. ISO 9241-11:2018). Ergebnisse einzelner Studienteile, welche neben den hier dargestellten Ergebnissen keine neuen Erkenntnisse erbrachten, werden aus Platzgründen nicht gesondert aufgeführt.

### **4.1 Effektivität**

Effektivität beschreibt die Genauigkeit und Vollständigkeit, mit der Benutzer:innen ein bestimmtes Ziel erreichen.

Die durch die Geräte erreichbare Genauigkeit beim Zeichnen von TNZ wurde anhand von Positions- und Winkelfehlern ermittelt. Hierzu wurden Proband:innen gebeten, vorgefertigte Formen nachzuziehen (vgl. Abbildung 3). Aus der Differenz von Originalvorgabe und tatsächlicher Zeichnung ergab sich ein quantitatives Maß für die Genauigkeit. Am genauesten waren im Schnitt diejenigen TNZ, welche am Grafiktablett von Wacom und am konvertiblen Notebook von Acer erstellt wurden (vgl. Abbildung 4).

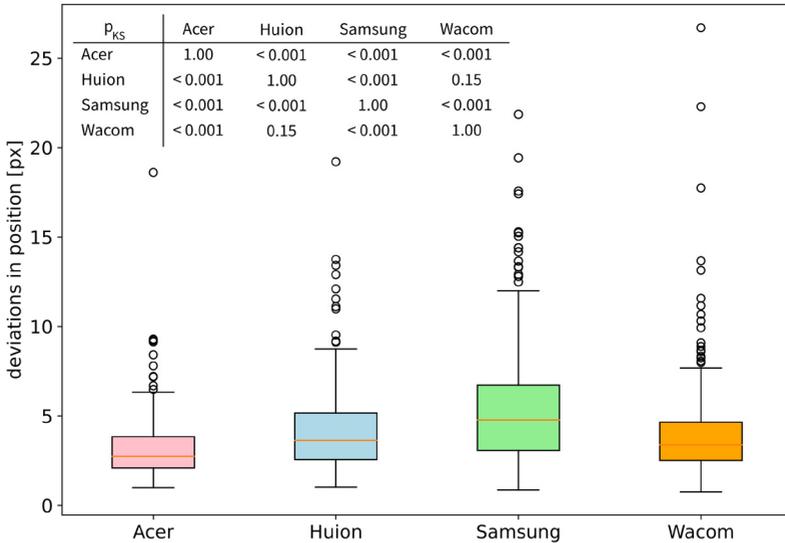


Abb. 4: Boxplot der Positionsfehler in Pixel der vier verglichenen Geräte von Acer, Huion, Samsung und Wacom. Das Gerät Repaper wurde aufgrund eines Defektes nicht integriert. Die Datenpunkte stellen die gemittelten Positionsfehler innerhalb einzelner, mittels der entsprechenden Geräte gezeichneter Objekte dar. Die Tabelle im Bild zeigt die durch einen Kolmogorow-Smirnow-Test ermittelten Signifikanzwerte der Gerätepaarungen.

Die stabilsten Werte über alle Grafiken und den zeitlichen Verlauf der Untersuchung hinweg lieferte das Zeichentablett von Wacom (vgl. Abbildung 5). Die Fehlerentwicklung wurde errechnet aus einer linearen Regression der gemittelten, absoluten Fehler innerhalb einzelner Objekte über die Zahl der gezeichneten Objekte. Sie stellt dar, ob es eine Veränderung der Positions- bzw. Winkelfehler während des Gerätetests gab. Generell kann jede Form von Fehlerentwicklung als nicht wünschenswert angesehen werden. Es traten sowohl positive (der Fehler wird mit der Arbeit am Gerät größer) als auch negative (der Fehler wird mit der Arbeit am Gerät kleiner) Fehlerentwicklungen auf. Eine negative Fehlerentwicklung bedeutet, dass das Gerät nicht von Anfang

an mit vollem Potential genutzt werden konnte. Als Wertungsmaßstab ist also eine minimale, absolute Fehlerentwicklung zu betrachten. Es zeigte sich, dass beim Zeichentablet von Wacom sowohl die Winkel- als auch die Positionsfehlerentwicklung am geringsten ausfielen. Im Mittelfeld bewegten sich die Geräte Acer und Samsung. Das Zeichentablet von Wacom schien die Proband:innen eher dabei zu unterstützen, im Zeitverlauf nicht nachlässig bei der Eingabe zu werden, wie es bspw. für das Tablet Samsung zu vermuten war, da hier der Positionsfehler zunahm. Die Fehlerentwicklung war am deutlichsten am schwarzen Brett Huion zu verzeichnen.

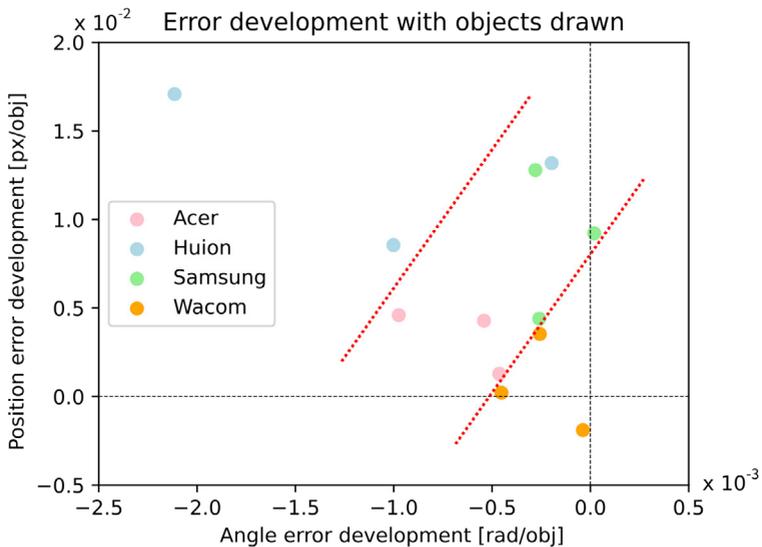


Abb. 5: Entwicklung der Positions- und Winkelfehler innerhalb eines Zeitraums von 15 Minuten für die vier getesteten Geräte von Acer, Huion, Samsung und Wacom. Das Gerät Repaper wurde aufgrund eines Defekts nicht integriert. Jeder Datenpunkt zeigt die Fehlerentwicklung während einer Gerätetestung. Es ist darauf hinzuweisen, dass die numerischen Werte der Fehlerentwicklung für sich genommen keine Bedeutung tragen, sondern nur dem Vergleich zwischen den Geräten dienen.

Die durch die Proband:innen erstellten TNZ wurden durch zwei unabhängige Lehrpersonen auf ihre charakteristischen Eigenschaften der dargestellten Information (vgl. ISO 9241-112:2018) bewertet. Abbildung 6 zeigt das arithmetische Mittel der Überprüfung je Kriterium und Gerät. Die Ergebnisse des Grafiktablets von Huion und konvertiblem Notebook von Acer unterschieden sich bei dieser Bewertung kaum. Das Grafiktablett von Wacom und das Tablet von Samsung lieferten konstant gute Werte. Das Samsung Tablet lieferte in allen Kategorien die besten Ergebnisse – im Gegensatz zu der Beurteilung der Grafiken, welche am Gerät Repaper mit dem Stiftring erstellt worden sind. Auffällig war die schlechte Beurteilung der Grafiken, welche am konvertiblen Notebook von Acer erstellt wurden, in der Kategorie „eindeutige Interpretierbarkeit“. Diese kann dadurch erklärt werden, dass einige Proband:innen an diesem Gerät Probleme mit der Handballenerkennung hatten, sodass hier nicht interpretierbare Strich- und Punktmuster neben den Zeichnungen auftraten. Insgesamt war festzustellen, dass alle Geräte brauchbare Grafiken oder TNZ lieferten, und dass hierbei durchaus Unterschiede auftraten, aber nicht im gravierenden Bereich (so sind sämtliche Bewertungen  $>3.5$ , also in einem Bereich der Zustimmung).

Die Proband:innen äußerten sich hinsichtlich der Frage nach der Genauigkeit und Vollständigkeit (als Elemente der Effektivität) vor allem zu zwei Aspekten. Zum einen war dies die Herausforderung, gerade Linien auf einem Gerät zu zeichnen und zum anderen die Unterschiede der Geräte bei der Stifterkennung. Für diese beiden Aspekte schienen Geräte mit aktiver Oberfläche, optionaler Schrägstellung und eine etwaiges Handzittern verzeihende Stifterkennung bzw. Kantenglättung von Vorteil zu sein.

## Beurteilung erstellter TNZ anhand ihrer charakteristischen Eigenschaften

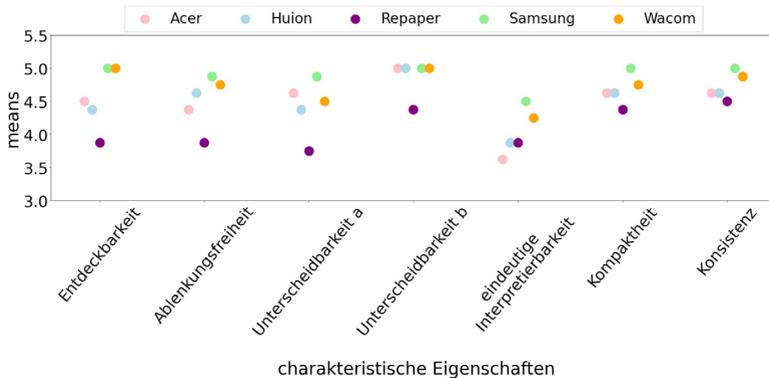


Abb. 6: Beurteilung der charakteristischen Eigenschaften der erstellten TNZ anhand einer Likertskala mit 1: "trifft überhaupt nicht zu"; 5: "trifft voll und ganz zu". X-Achse nicht vollständig abgebildet, da alle Werte > 3.5.

Insgesamt fiel auf, dass die (Zeichen-)Tablets mit aktiver Oberfläche, wie bei Samsung (Tablet), Acer (konvertibles Notebook) und Wacom (Zeichentablet), bei der Effektivität/Erkennbarkeit tendenziell bessere Ergebnisse lieferten als die Zeichentabletts mit inaktiver Oberfläche (Huion) oder eingespanntem Papier und Stiftring (Repaper).

## 4.2 Effizienz

Die Effizienz beschreibt den eingesetzten Aufwand, mit dem Benutzer:innen ein bestimmtes Ziel erreichen. Je höher der eingesetzte Aufwand beim Erstellen von TNZ ist, desto weniger TNZ können in einer bestimmten Zeit erstellt werden. Im vorliegenden Fall mit kleiner Stichprobengröße wurde die Effizienz ermittelt, indem die maximale Anzahl bearbeiteter Aufgaben in einem festen Zeitfenster erfasst wurde (vgl. Tabelle 2). Die Geschwindigkeit wurde hier als Maß genutzt

um den Aufwand zu bestimmen, mit dem ein Ziel erreicht wird (vgl. Bastien 2010).

Tabelle 2: Zahl der von den Proband:innen innerhalb von 15 Minuten bearbeiteten Aufgabenblätter. Jeder Test wurde von einer:m anderen Proband:in durchgeführt. Die Zahl der bearbeiteten Arbeitsblätter lässt auf die Effizienz in der Nutzung des Gerätes schließen. Das Gerät Repaper wurde aufgrund eines Defekts nicht betrachtet.

	Acer	Huion	Samsung	Wacom
Bearbeitete Blätter Test 1	12	12	20	20
Bearbeitete Blätter Test 2	20	13	13	22
Bearbeitete Blätter Test 3	13	5	27	24
Durchschnitt	15	10	20	22

Die Effizienz am Zeichentablett von Wacom war durch eine geringe Streuung bei vergleichsmäßig hohen Werten ausgezeichnet (vgl. Tabelle 2). Bei Tests mit dem Tablet Samsung und konvertiblen Notebook von Acer war die Effizienz im Vergleich zumindest durchschnittlich bis hoch, sodass hier von einer durchschnittlichen bis hohen Effizienz der Geräte ausgegangen werden kann. Am schwarzen Brett des Herstellers Huion arbeiteten die Proband:innen am langsamsten, vermutlich verhinderte die nötige Umgewöhnung der Blickrichtung das zügige Arbeiten.

Es ist zu berücksichtigen, dass die hier erhobenen Daten nur eine Tendenz aufzeigen. Bei der geringen Stichprobengröße können keine statistischen Aussagen getroffen werden.

### **4.3 Zufriedenstellung**

Zufriedenstellung beschreibt laut der Norm ISO 9241-11:1998 das Ausmaß, in dem Benutzer:innen von Beeinträchtigungen frei sind und die Einstellung der Benutzer:innen zum Produkt positiv ist (vgl. ISO 9241-11:1998). In der aktuellen Fassung der Norm beschreibt Zufriedenstellung das „Ausmaß der Übereinstimmung der physischen, kognitiven und emotionalen Reaktionen des Benutzers, die aus der Benutzung eines Systems, eines Produkts oder einer Dienstleistung resultieren, mit den Benutzererfordernissen und Benutzererwartungen“ (ISO 9241-11:2018). Von den drei Kriterien der Gebrauchstauglichkeit ist es das am schwersten zu greifende Konstrukt (vgl. Ollermann 2007: 19). Aus diesem Grund näherten wir uns der Zufriedenstellung sowohl mittels Post Study System Usability Questionnaire (PSSUQ), welcher die Einstellung zur Produktqualität erfasst, als auch qualitativ durch Think-Aloud Protokoll und problemzentriertes Interview. Die qualitative Herangehensweise ermöglichte es, diejenigen Kategorien zu ermitteln, welche das subjektive Konstrukt der Zufriedenstellung aus Proband:innenperspektive beinhaltet.

#### ***Zufriedenstellung anhand des Post Study System Usability Questionnaire (PSSUQ)***

Wie die Proband:innen die Qualität des jeweiligen Systems beurteilen, wurde mittels PSSUQ erfasst. Es zeigte sich, dass sich die zentralen Tendenzen zwischen den Geräten zum Teil stark unterschieden. Die (Zeichen-)Tablets von Samsung und Wacom wurden von den Proband:innen stark vor den Geräten Huion und Repaper bevorzugt. Die Untersuchung der Mittelwertsunterschiede mittels Dunn-Bonferroni ließ lediglich die Aussage zu, dass sich die Mittelwerte der beurteilten Gesamtqualität zwischen den Geräten Samsung und Huion signifikant unterschieden. Das Gerät Acer bewegte sich dabei im Mittelfeld (vgl. Abbildung 7).

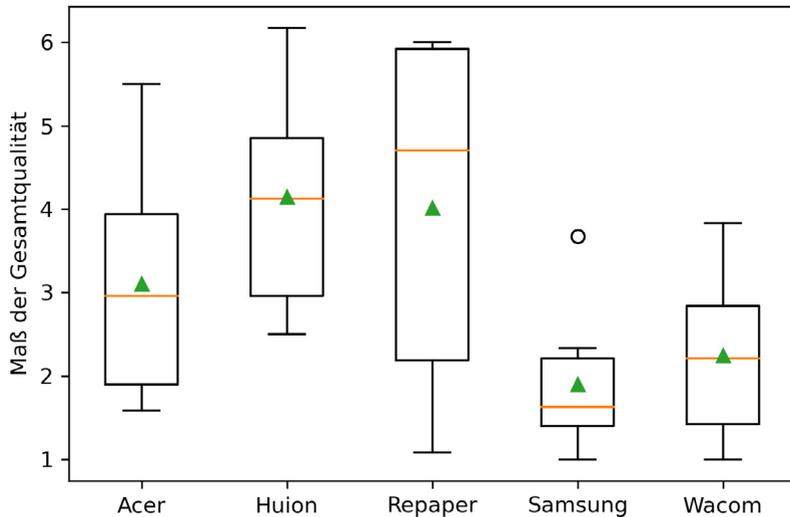


Abb. 7: Beurteilte Gesamtqualität der getesteten Geräte. Maß der Gesamtqualität: 1="strongly agree"; 7="strongly disagree", beurteilt durch jeweils acht Proband:innen.

Auffällig war die große Standardabweichung beim Gerät mit Stifttring von Repaper (MW=4.01; STD = 2.12; N=8) im Vergleich zum recht einheitlich beurteilen Tablet von Samsung (MW=1,90; STD = .84; N=8). Anhand der Interviews und Think-Aloud-Methodik konnte erfasst werden, was diese Unterschiede in den Standardabweichungen bewirkte.

## ***Zufriedenstellung anhand des problemzentrierten Interviews sowie des Think-Aloud Protokolls***

Aus dem problemzentrierten Interview sowie dem Think-Aloud Protokoll ergaben sich durch Auswertung der Daten mittels Grounded Theory (vgl. Glaser/Strauss 2005) folgende Kategorien, welche die Zufriedenstellung der Nutzer:innen hinsichtlich Gebrauchstauglichkeit, User Experience und Vermeidung nutzungsbedingter Schäden beeinflussten:

- Design der Geräte (Unterkategorien Größe, Gewicht, Stabilität, Optik, Handbeweglichkeit)
- Nutzungsoptionen (Unterkategorien Schlantheit der Funktionen, Freiheiten der Nutzung)
- Reibungslose Funktionsweise und sofortige Bedienbarkeit
- Stifterkennung
- Schreibgefühl
- Kantenglättung

Die größte Zufriedenstellung ließ sich anhand der Daten aus Interviews und Think-Aloud Protokoll für die (Zeichen-)Tablets mit aktiver Oberfläche, Samsung und Wacom, feststellen (vgl. Tabelle 3). Diese Geräte bewerteten die Proband:innen in fast allen Kategorien positiv. Das Zeichentablet von Wacom wurde hinsichtlich der Nutzungsoptionen sowie des Designs kontrovers diskutiert und erhielt damit einen Punktabzug: es musste an einen PC angeschlossen werden (dies erweitert jedoch gleichzeitig die Bildschirmanzeige), erschien etwas behäbig (dies wurde auch als „stabil“ bezeichnet) und war auf die Nutzungsoption „Zeichnungen erstellen“ in besonderer Weise bzw. einseitig ausgerichtet, und somit aber auf die Aufgabenstellung zugeschnitten. Spannend ist, dass obwohl nicht danach gefragt wurde, die Proband:innen das Design der Geräte als relevant für die Nutzung

beurteilen. Dieser Umstand wird in der Literatur auch als hedonische Qualität diskutiert (vgl. Hassenzahl 2003).

Tabelle 3: Kriterien und Beurteilung der Zufriedenstellung durch die Proband:innen.

Gerät	Design	Nutzungs- optionen	Reibungslose Funktions- weise	Stift- erkennung	Schreib- gefühl
Samsung	+ Klein & schick	+ Multifunktional & beweglich	+ Funktioniert wie gewohnt	+	+ Oberflächen- feedback & Stiftfederung
Wacom	+/- Behäbig & stabil	+/- Klarer & begrenzter Einsatzbereich	+ Sicher	+	+ Oberflächen- feedback & Stiftergonomie
Huion	+ Interessant & leicht	+/- Bewegbare Tasten für Shortcuts	- Verzerrt & löscht	+	+ Angenehm & Stiftergonomie
Repaper	+ Interessant & neuartig	+/- Beweglich & Papier- sowie Digitalanzeige	- Korrekturen schwierig & Funktionsweise eingestellt	-	+ Stift & Papier
Acer	+/- Groß & zu glatt	+/- Multifunktional & beweglich	- Handballen- erkennung	+	- Oberfläche künstlich & Stift zu klein

Das konvertible Notebook von Acer punktete v.a. bei der Stiftererkennung und Multifunktionalität. Das Zeichenbrett mit inaktiver Oberfläche von Huion beeindruckte beim Schreibgefühl und Design. Im Gegensatz zum Repaper war hier auch die Stiftererkennung sehr gut gelöst: *„Das Huion Zeichenbrett, das hatte schon eine sehr gute Erkennung. Also man hat wirklich verschiedene Druckstärken darin, die Buchstaben werden sehr smooth gemacht und alles sieht schon gut aus und da kann man auch wirklich gut mit zeichnen, das funktioniert mit dem*

*Gerät prima.*“ (Proband-ID ER14LA: 5). Das mit Stift, Ring und Papier arbeitende Repaper wirkte zwar durch seine technische Lösung mit dem Stiftring auf die Proband:innen sehr interessant, wies aber leider zu viele Nutzungshindernisse und Schwachstellen, insbesondere bei der Stifterkennung, auf um reibungslos genutzt werden zu können.

Die qualitative Auswertung deckte sich weitgehend mit der quantitativen Auswertung des PSSUQ-Fragebogens. Die (Zeichen-)Tablets von Samsung und Wacom wurden hier als sehr zufriedenstellend, als Testsieger, beurteilt. Die weitere Reihung der Geräte wechselte je nach untersuchter Kategorie zwischen dem konvertiblen Notebook von Acer (zufriedenstellend aber kontrovers diskutierte Ausführung von Stift, Oberfläche, Handballenerkennung und Schreibgefühl) und dem schwarzen Zeichentablett von Huion (Umgewöhnung der Blickrichtung nötig bei sehr angenehmen Ausführungen von Stift und Oberfläche). Das Gerät Repaper, welches mit Stiftring und Papier arbeitet, bildete in nahezu allen Kategorien das Schlusslicht bei der Beurteilung der Zufriedenstellung und musste aufgrund eines Defekts aus Teilen der Untersuchung ausgeschlossen werden (spannende Idee, gleichzeitig auf Papier sowie digital zu zeichnen, aber leider kaum für die Erstellung von TNZ im Lehrbetrieb nutzbar).

#### **4.4 Zusammenfassung der Ergebnisse**

Mit der vorliegenden Usability-Studie wurde untersucht, welche technischen Bedingungen der Wissens- und Medienproduktion bei der Erstellung von TNZ mit Stift-basierten Eingabegeräten aus der Perspektive von Studierenden zentral sind.

Geht man davon aus, dass das ein System nutzende Subjekt und das genutzte Objekt im Sinne des «constitutive entanglement» konstitutiv miteinander verwoben sind (vgl. Allert/Asmussen/Richter 2018: 146),

so beeinflussen nicht nur digitale Werkzeuge das Handeln Studierender, sondern die Studierenden erzeugen in der Interaktion mit den Systemen ebenfalls eine Nutzungsrealität (vgl. Knaus 2018a: 7). Die Subjekte bringen ihr „Gewordensein-in-Praktiken und damit verbundene Erwartungen und Möglichkeiten (die sich in neuen Praktiken wieder verändern können) mit ein“ (Allert/Asmussen/Richter 2018: 145). Dies wurde deutlich an den Kriterien, welche die Proband:innen explizit formulierten oder implizit erwarteten. Technologien werfen bei ihrer Nutzung zudem Fragen auf, die im Vorfeld nicht absehbar sind (vgl. Allert/Asmussen/Richter 2018: 144) und entfalten sich im Gebrauch, beispielsweise anhand von Problemstellen. Infolgedessen unterschieden sich die Kriterien, welche Studierende an die Geräte anlegten (Design, Schreibgefühl, Stifterkennung, Nutzungsoptionen), teilweise von den Problemstellen, welche die Geräte den Studierenden beim Erstellen von TNZ bereiteten (bspw. Umgewöhnung der Blickrichtung, unklare Funktionen und Funktionstasten, Schwierigkeiten beim Korrigieren und Löschen von Eingaben).

Die Kriterien, welche vonseiten der Usability-Forschung angelegt werden, sind die der Effektivität, Effizienz und Zufriedenstellung. An diesen drei Überkategorien orientierte sich die vorliegende Untersuchung. Über alle Einzelerhebungen hinweg unterstützten diejenigen Geräte die sofortige Usability, welche mit a) einer aktiven Oberfläche ausgestattet waren, b) in ihrer Funktionalität bekannt waren und keine Eigenschaften besaßen, für die eine Einarbeitung notwendig war (wie bspw. mit Funktionen belegbare Knöpfe), c) ablenkungsfrei und in ihren Nutzungsoptionen eingeschränkt waren und d) welche mit ergonomisch geformten Stifte ausgestattet waren.

Insbesondere der qualitative Teil der Studie konnte darüber hinaus ermitteln, welche Kriterien innerhalb der Kategorie Zufriedenstellung aus Studierendenperspektive relevant waren. Hier sind neben der reibungslosen Funktionsweise a) das Design der Geräte, b) vielfältige

Nutzungsoptionen, c) die Stifterkennung, d) das Schreibgefühl auf der Oberfläche und e) eine funktionierende Kantenglättung zu nennen.

Über alle Erhebungsmethoden ergaben sich die gleichen Spitzengeräte. Dies kann daran liegen, dass diese Geräte schlichtweg niedrigschwellig benutzbar und reibungslos in ihrer Funktionsweise waren. Die häufigsten Problemstellen der Studierenden waren die Folgenden:

- Einstiegshürden: Blickrichtung & Hand-Auge-Blindheit, Bildschirm-Verzerrung & Platzeinteilung
- Unterstützende Funktionen, die nicht intuitiv waren: Umständlichkeit & Aufwand, besonders Radierfunktion
- Handbeweglichkeit & Handballenerkennung

Die Untersuchung hat gezeigt, dass Technologien in ihrer Materialität die Nutzungsoptionen beschränken oder befördern. Generell haben Stift-basierte Eingabegeräte das Potenzial, beim Erstellen von TNZ im Übungs- oder Prüfungsbetrieb eingesetzt zu werden. Jedoch ist hierbei nicht jede Geräteklasse gleich gut geeignet. Mit Blick auf die im Hochschulbetrieb vorhandenen Ressourcen empfiehlt sich über alle untersuchten Kategorien der Gebrauchstauglichkeit hinweg entweder der Einsatz eines Grafiktablets mit aktiver Oberfläche und reduzierter Funktionalität, wie hier vom Hersteller Wacom, oder der Einsatz eines portablen Tablets, wie hier vom Hersteller Samsung. Unsere Studie ergab, dass diese Geräteklassen ein möglichst reibungsfreies Arbeiten mit hoher Zufriedenstellung, Effektivität und Effizienz ermöglichen.

## 5 Kritische Würdigung und Ausblick

Innerhalb des Forschungsfeldes Medienkritik befasste sich diese Untersuchung mit den technischen Voraussetzungen der Medienproduktion (vgl. Tulodziecki/Grafe 2018: 129), konkret dem Erstellen von TNZ an Stift-basierten Eingabegeräten. Somit befasst sich diese Untersuchung mit einem sehr spezifischen und ausgewählten Aspekt möglicher medien-pädagogischer Fragestellungen in einer Kultur der Digitalität. Für das übergreifende Ziel, Studierende in der Phase des Wissenstransfers und Wissensfestigung bei Erstellung von TNZ zu aktivieren und damit die Lernmotivation und Kompetenzentwicklung zu unterstützen, wird in unserem Projekt FAssMII ein E-Assessment-System erstellt, welches automatisiertes Feedback für die Studierenden bereitstellen soll. Zunächst war es dabei sinnvoll, einen Fokus auf die Materialität und Gestaltungsmerkmale der medienprozierenden Technik zu legen. Die Betrachtung der Qualitäten eines Stift-basierten Eingabegeräts sollte jedoch nicht „auf der Ebene des Mediums – der «äußeren Erscheinung» respektive dem Interface von Technik enden“ (Knaus 2018b: 91), sondern die kritische Betrachtung kann und sollte erweitert werden. Beispielsweise wurde die äußere Betrachtung der Technik erweitert um die Beurteilungskriterien, welche die die Technik nutzenden Studierenden anlegen, wie bspw. die Relevanz einer Kantenglättung oder der Wunsch nach sofortiger Bedienbarkeit (vgl. Tulodziecki/Grafe 2018: 130). Zukünftige Studien könnten sich ferner mit der Betrachtung der Interaktion (mediale Praktiken) oder der kreativen Teilhabe an und der Entwicklung von Technologien beschäftigen (vgl. Allert/Asmussen/Richter 2018: 146).



Stiftung  
Innovation in der  
Hochschullehre

*Diese Arbeit wurde im Rahmen des Projekts FAssMII realisiert, gefördert durch die Stiftung Innovation in der Hochschullehre.*

## Literaturverzeichnis

- Allert, Heidrun; Asmussen, Michael; Richter, Christoph (2018): Formen von Subjektivierung und Unbestimmtheit im Umgang mit datengetriebenen Lerntechnologien – eine praxistheoretische Position. In: *Z Erziehungswiss* 21 (1), S. 142–158.
- Allert, Heidrun; Richter, Christoph (2016): Kultur der Digitalität statt digitaler Bildungsrevolution. Erstveröffentlichung. Arbeitspapier. Online verfügbar unter: <https://www.ssoar.info/ssoar/handle/document/47527>, zuletzt geprüft am 02.08.2022.
- Bastien, J.M. Christian (2010): Usability testing. A review of some methodological and technical aspects of the method. In: *International Journal of Medical Informatics*. 79 (4), e18–e23. Online verfügbar unter: <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2008.12.004>, zuletzt geprüft am 21.03.2023.
- Cavalcanti, Anderson Pinheiro; Barbosa, Arthur; Carvalho, Ruan; Freitas, Fred; Tsai, Yi-Shan; Gašević, Dragan; Mello, Rafael Ferreira (2021): Automatic feedback in online learning environments: A systematic literature review. In: *Computers and Education: Artificial Intelligence 2*, Artikel 100027, S. 1–16.
- DIN EN ISO 9241-11:2018-11. Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Teil 11: Gebrauchstauglichkeit: Begriffe und Konzepte. Berlin: Beuth Verlag.
- DIN EN ISO 9241-112:2017-08. Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Teil 112: Grundsätze der Informationsdarstellung. Berlin: Beuth Verlag.
- Fruhling, Ann; Lee, Sang (2005): Assessing the reliability, Validity and Adaptability of PSSUQ. *AMCIS 2005 Proceedings*. 378. Online verfügbar unter: <http://aisel.aisnet.org/amcis2005/378>, zuletzt geprüft am 18.10.2022.
- Glaser, Barney G.; Strauss, Anselm L. (2008): *Grounded Theory. Strategien qualitativer Forschung*. Bern: Huber Verlag.
- Gruttmann, Susanne Johanna (2010): *Formatives E-Assessment in der Hochschullehre. Computerunterstützte Lernfortschrittskontrollen im Informatikstudium*. Dissertationsschrift. Münster: MV-Verlag.
- Hassenzahl, Marc; Burmester, Michael; Koller, Franz (2003): AttrakDiff: Ein Fragebogen zur Messung wahrgenommener hedonischer und pragmatischer Qualität. In: *Mensch & Computer 2003: Interaktion in Bewegung* 57, S. 187–196.
- Hattie, John; Timperley, Helen (2007): The Power of Feedback. In: *Review of Educational Research*. 77 (1), S. 81–112.

- Hodrien, Andrew; Terrence, Fernando (2021): A Review of Post-Study and Post-Task Subjective Questionnaires to Guide Assessment of System Usability. In: *Journal of Usability Studies* 16 (3), S. 203–232. Online verfügbar unter [https://uxpajournal.org/wp-content/uploads/sites/7/pdf/Hodrien\\_JUS\\_May2021.pdf](https://uxpajournal.org/wp-content/uploads/sites/7/pdf/Hodrien_JUS_May2021.pdf), zuletzt geprüft am 18.07.2022.
- Ilfand, Marianus (2014): Feedback-Generierung für offene, strukturierte Aufgaben in E-Learning-Systemen. Dissertationsschrift. Julius-Maximilians-Universität, Würzburg.
- Knaus, Thomas (2018a): [Me]nsh – Werkzeug – [I]nteraktion. Theoretisch-konzeptionelle Analysen zur «Digitalen Bildung» und zur Bedeutung der Medienpädagogik in der nächsten Gesellschaft. In: *MedienPädagogik* 31, S. 1–35.
- Knaus, Thomas (2018b): Technikkritik und Selbstverantwortung. Plädoyer für ein erweitertes Medienkritikverständnis. In: Horst Niesyto und Heinz Moser (Hg.): *Medienkritik im digitalen Zeitalter. Veröffentlichungen des Interdisziplinären Zentrums für Medienpädagogik und Medienforschung an der Pädagogischen Hochschule Ludwigsburg (IZMM)*. Unter Mitarbeit von Heinz Moser. München: kopaed (Medienpädagogik interdisziplinär, 11), S. 91–108.
- Lewis, James R. (2002): Psychometric Evaluation of the PSSUQ Using Data from Five Years of usability Studies. *International Journal of Human-Computer Interaction*. 14 (3-4), S. 463-488.
- Ollermann, Frank (2007): Entwicklung und Validierung eines Fragebogens zur Evaluation der Gebrauchstauglichkeit von Online-Shops. Dissertationsschrift. Universität, Osnabrück. Institut für Psychologie.
- Rampelt, Florian; Wagner, Barbara (2020): Digitalisierung in Studium und Lehre als strategische Chance für Hochschulen. Strategie-, Struktur- und Kulturentwicklung gestalten. In: Richard Stang und Alexandra Becker (Hg.): *Zukunft Lernwelt Hochschule*. Berlin, Boston: De Gruyter, S. 105–120.
- Richter, Gerd (2013): Methoden der Usability-Forschung. In: Konrad Umlauf, Simone Fühles-Ubach und Michael S. Seadle (Hg.): *Handbuch Methoden der Bibliotheks- und Informationswissenschaft. Bibliotheks-, Benutzerforschung, Informationsanalyse*. Berlin, Boston: deGruyter, S. 203–256.
- Tulodziecki, Gerhard; Grafe, Silke (2018): Medienkritik angesichts von Digitalisierung und Mediatisierung aus handlungs- und entwicklungsorientierter perspektive. In: Horst Niesyto und Heinz Moser (Hg.): *Medienkritik im digitalen Zeitalter. Veröffentlichungen des Interdisziplinären Zentrums für Medienpädagogik und Medienforschung an der Pädagogischen Hochschule Ludwigsburg (IZMM)*. Unter Mitarbeit von Heinz Moser. München: kopaed (Medienpädagogik interdisziplinär, 11), S. 125–138.
- Witzel, Andreas (2000): Das problemzentrierte Interview [25 Absätze]. *Forum Qualitative Sozialforschung / Forum: Qualitative Social Research*, 1(1), Art. 22. Online unter: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0114-fqs0001228>, zuletzt geprüft am 01.11.2022.

## 9. Von den mathematischen Fertigkeiten zur Anwendung: digitale Aufgaben und digitale Labore

---

*Luise Stromeyer, Andreas Zeiser*

*Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin, Ingenieurwissenschaften*

### 1 Einleitung

Die Abbruchquoten in den Bachelor-Studiengängen der Ingenieurwissenschaften an deutschen Hochschulen sind seit Jahren anhaltend gleich hoch. Studien nennen Zahlen zwischen 21 und 30 Prozent (vgl. Klöpping 2017 und Heublein 2022). Insbesondere das Grundlagenfach „Mathematik“ ist für viele Studierende eine der größten Hürden zum Erfolg (vgl. Heublein 2010). So lagen die Durchfallquoten an der HTW Berlin in den Klausuren bei bis zu 66% (47 Klausuren in Mathematik 1, 2016, Studiengang Computer Engineering an der HTW Berlin, Dozent Andreas Zeiser).

Seit 2017 wurden erste Maßnahmen ergriffen, um dieser hohen Zahl entgegenzuwirken und den Lernerfolg der Studierenden der Ingenieurwissenschaften in der Mathematik zu erhöhen. Ausgangspunkt ist die Überlegung, dass eine kontinuierliche Mitarbeit der Studierenden während des Semesters die Lernergebnisse verbessern werde. Um dies zu erreichen, wurden als eine mögliche Maßnahme verpflichtende wöchentliche Übungsaufgaben eingeführt. Die Studierenden müssen für die Zulassung zur Klausur mindestens 50% der Punkte erreichen. Die Aufgaben werden digital auf der Lernplattform Moodle der HTW Berlin mithilfe des Plugins STACK (STACK 2023) zur Verfügung gestellt. Dies erlaubt randomisierte Aufgaben, sodass die Studierenden individualisierte Aufgaben zu lösen haben. Die Aufgaben sind so konfiguriert, dass die Studierenden automatisch nach Eingabe ihrer

Lösung ein Feedback vom System erhalten, ob ihre Antwort korrekt ist oder nicht. Bei einigen Aufgaben wurden auf Basis der Eingabe weitere Hinweise zur Lösung bereitgestellt, die in der Aufgabenstellung mittels STACK hinterlegt werden. Mit diesen Einstellungen haben die Studierenden dann die Möglichkeit ihre Eingabe zu verbessern und neu bewerten zu lassen (im Allgemeinen mit Punktabzug). So erhalten die Studierenden sofort Feedback und können konstruktiv mit ihren Fehlern arbeiten. Durch diesen Ansatz konnte in den Jahren 2017 und 2018 der Anteil an bestandenen Klausuren um rund 10 bis 15 Prozent gesteigert werden (120 Klausuren in Mathematik 1, Studiengänge Computer Engineering und Informations- und Kommunikationstechnik an der HTW Berlin, Dozent Andreas Zeiser). Durch die Coronapandemie wurden die Lehr- und Prüfungsbedingungen so stark verändert, dass die Ergebnisse nicht mehr vergleichbar sind.

Auch wenn die Senkung der Durchfallquote auf rund 50% grundsätzlich zu begrüßen ist, kann sie noch nicht zufriedenstellen. Daher sind weitere Schritte zur Förderung des Lernens erforderlich. Ein Ansatzpunkt hat sich durch Gespräche mit Studierenden und die Fragen der Studierenden in der Lehrveranstaltung gezeigt: Den Studierenden erschließt sich der Nutzen der Mathematik in Bezug auf die Ingenieurwissenschaften nicht. Dies hat auch zur Folge, dass die Motivation sich mit der Mathematik zu beschäftigen sinkt.

Aus diesen Beobachtungen ist an der HTW Berlin das Teilprojekt „Innovative digitale MINT-Curricula“ (Gesamtprojekt „Curriculum Innovation Hub“, gefördert durch die „Stiftung Innovation in der Hochschullehre“) entstanden. Das Ziel des Teilprojektes ist die Förderung der Motivation der Studierenden für das Fach Mathematik durch die frühzeitige Verknüpfung mit ingenieurtechnischen Inhalten. Als interessanter Nebeneffekt adressiert dies ebenfalls das Problem, dass vielen Studierenden in den höheren Semestern der Transfer der mathematischen Fertigkeiten in die Fachwissenschaften, laut Auskunft der Lehrenden an der HTW Berlin, nicht gelingt. Zu diesem Zweck wurden und werden zusammen mit dem Fachkollegium des

Studiengang passende Anwendungsaufgaben identifiziert. Daraus werden Aufgaben entwickelt, bei denen sich die Studierenden aktiv mit dem Inhalt auseinandersetzen müssen und nicht nur passiv aufnehmen.

Die Umsetzung erfolgt als digitale Aufgabe innerhalb der an der HTW Berlin etablierten Lernplattform Moodle. Ein Schwerpunkt ist dabei die Verknüpfung von Berechnungen ingenieurtechnischer Fragestellungen und Messungen an virtuellen Abbildungen („virtuelle Labore“), die die Studierenden durchzuführen haben. Um unterschiedlichen Lernszenarien gerecht zu werden, werden mehrere, leicht unterschiedliche Versionen der Aufgabe erstellt. Dies erleichtert die Verwendung der entwickelten Aufgaben durch weitere Lehrpersonen und damit die Verbreitung.

In Abschnitt 2 wird beschrieben, wie und nach welchen Kriterien die fachspezifischen Anwendungsaufgaben ausgewählt wurden. Im darauffolgenden Abschnitt 3 wird exemplarisch eine digitale Aufgabe dargestellt. Didaktische Überlegungen und die technische Umsetzung werden dann in Abschnitt 4 und 5 beleuchtet. Abschnitt 6 gibt einen Ausblick auf die weiteren Arbeiten im Rahmen des Teilprojektes.

## **2 Auswahl von Anwendungen**

Im Folgenden wird beschrieben, wie geeignete ingenieurtechnische Inhalte gesammelt wurden und nach welchen Kriterien geeignete Aufgabenstellungen ausgewählt wurden.

Die Identifikation von Themen für die zu entwickelnden Aufgaben in den Fachwissenschaften wurde in enger Zusammenarbeit mit dem Fachkollegium des Studiengangs „Computer Engineering“ an der HTW Berlin durchgeführt. Dafür wurden leitfadengestützte Interviews mit insgesamt 5 von 7 Lehrenden der Fachwissenschaften geführt in denen gefragt wurde

- welche der Inhalte aus dem Curriculum der Lehrveranstaltung Mathematik 1 in ihrer fachwissenschaftlichen Veranstaltung und/oder in der Fachwissenschaft insgesamt relevant sind,
- in welcher Art diese Inhalte bei den Studierenden zur Verfügung stehen sollen (Spannweite von „reiner Rechentechnik“ bis „tiefgehendes Verständnis der zugrundeliegenden mathematischen Idee“) und
- welche Anwendungskontexte in ihrer Fachwissenschaft zu den mathematischen Inhalten bestehen.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Spannweite der Erwartungen an die Studierenden für alle Inhalte sehr groß ist und von „reiner Rechentechnik“ bis „tiefgehendes Verständnis“ reicht. Der Schwerpunkt für Bachelor-Studierende jedoch liegt auf der sicheren Anwendung von Techniken und dem Nachvollziehen von mathematischen Zusammenhängen. Das Validieren, sinnvolle Abschätzen und Überprüfen wurden übergreifend als wichtige Fähigkeiten genannt.

Bei der Auswahl geeigneter Problemstellungen haben wir folgende Kriterien zugrunde gelegt:

Erstens sollen die Anwendungen möglichst zeitnah zur Mathematikveranstaltung in den Fachwissenschaften behandelt werden, da dann ein Abrufen der mathematischen Fähigkeiten leichter erfolgen kann.

Zweitens muss sich der Anwendungskontext in möglichst kurzer, bündiger Form darstellen lassen. Dies ist notwendig, da die Behandlung der zugrundeliegenden Themen in den Lehrveranstaltungen der Fachwissenschaften im Allgemeinen nach der Behandlung der dazu notwendigen mathematischen Grundlagen stattfindet. Hier eignen sich vor allem Anwendungen, die an Bekanntes und Alltagserfahrungen anknüpfen.

Drittens sollen nur solche Anwendungen in Betracht gezogen werden, die tatsächlich so in den Fachwissenschaften behandelt werden, d.h., dass z.B. die Anwendung „Bildverzerrung“ sogenannte homogene Koordinaten nutzt und nicht die anschaulichere Vektorrechnung. Zudem sollen Idealisierungen, die notwendig sind um den Fokus einer Aufgabe auf nur einen Lerngegenstand legen zu können, nicht realitätsfern sein.

Ein weiterer Schwerpunkt wird auf die Anschaulichkeit der ingenieurtechnischen Themen gelegt. Lernende sollen sich (inter)aktiv mit dem Lerngegenstand auseinandersetzen und so einen weiteren, und damit vertiefenden, Zugang zum Lerngegenstand erhalten. Zum Beispiel sollen Rechenergebnisse mit einer eigenen Messung, die in der Simulation durchgeführt wird, verglichen werden und nicht nur mit einem vorgegebenen Ergebnis in Form einer Zahl. Auch die Bildung und Überprüfung eigener Thesen, zum Beispiel in Bezug auf die Auswirkungen von Parametern in konkreten Zusammenhängen, soll durch die Interaktion in elektronischen Laboren/Simulationen ermöglicht werden.

Unter diesen Gesichtspunkten wurden folgende Anwendungen mit den jeweiligen mathematischen Inhalten herausgearbeitet:

- Schaltkreise (lineare Gleichungssysteme)
- Lagestabilisierung von Drohnen (Vektorrechnung)
- Roboterkinematik (Matrizenrechnung und Gleichungen)
- Digitale Schaltkreise (Logik)
- Optimierung in der Mikroprozessortechnik (Differentialrechnung)

Das Ziel des Teilprojekts ist es, von diesen Anwendungen drei während der Projektlaufzeit nacheinander umzusetzen. Als erstes Thema wurde die Anwendung linearer Gleichungssysteme bei der Berechnung von Schaltkreisen ausgewählt und umgesetzt.

### **3 Umsetzung als Aufgaben: Schaltkreise und lineare Gleichungssysteme**

In der Elektrotechnik werden sogenannte Schaltkreisanalysen durchgeführt um in einem gegebenen Netzwerk Spannungen und Ströme zu ermitteln. Unabhängig vom verwendeten Verfahren mündet die Analyse in der Regel im Lösen linearer Gleichungssysteme, einem Themenfeld aus Mathematik 1 an der HTW Berlin.

Die Studierenden müssen im Rahmen der Aufgabe die Teilströme einer Schaltung berechnen. Der Anwendungsbezug wird durch bildliche Darstellung und einen kurzen Text dargestellt (Abbildung 1). Ein Versuchsaufbau in Form einer interaktiven Simulation ermöglicht das eigenständige Messen der Teilströme durch die Studierenden.

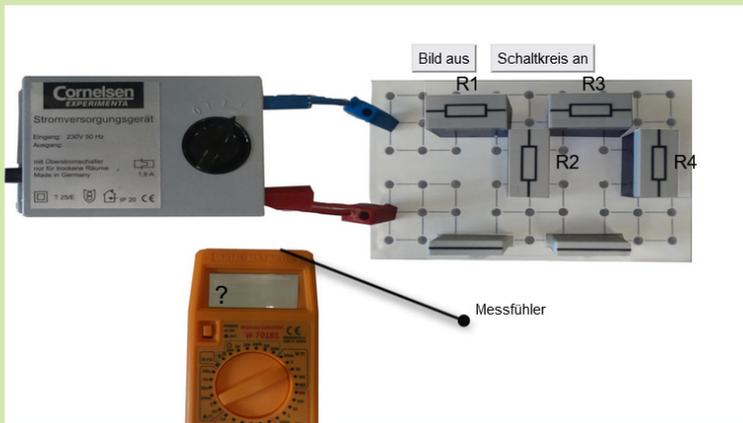
Deutlich wird kommuniziert, dass der Schwerpunkt der Aufgabe der mathematische Anteil an der Lösungsfindung ist. Wichtig ist hier der Hinweis, dass dies nicht die gesamte Lösung darstellt: das Fachwissen wird später im Studium vermittelt, wobei dann der mathematische Anteil vorausgesetzt wird.

Da die entwickelten Aufgaben von vielen Lehrenden und damit auch in unterschiedlichsten Lehr-Lern-Szenarien eingesetzt werden sollen, müssen Variationen der Aufgaben für unterschiedliche didaktische Anforderungen entwickelt werden.

## Die Netzwerkanalyse in der Elektrotechnik - der rechnerische Teil

Gegeben ist folgende Schaltung mit den Werten:

- $U_0 = 9\text{ V}$
- $R_1 = 180\ \Omega$
- $R_2 = 90\ \Omega$
- $R_3 = 100\ \Omega$
- $R_4 = 80\ \Omega$



Ihre Aufgabe: Berechnen Sie die Teilströme  $I_1$ ,  $I_2$  und  $I_3$ .

Sie fragen sich: Aber wie?

Indem Sie ein lineares Gleichungssystem lösen!

In einem der nächsten Semester werden Sie sich mit dem Thema **Netzwerkanalyse** auseinandersetzen. Mit Hilfe der Netzwerkanalyse lassen sich z.B. Ströme an unterschiedlichen Stellen innerhalb eines Netzwerkes berechnen. Dafür stellt man aus den gegebenen Werten und Parametern ein Gleichungssystem (GLS) auf und löst dieses dann. Wie genau dieses Aufstellen des GLS funktioniert und welche Gesetze dort genutzt werden, erfahren Sie also später.

Abb. 1: Einleitender Teil der elektronischen Aufgabe.

So hat eine Trainingsaufgabe bei gleichem Kontext einen anderen Aufbau, als z.B. eine Aufgabe, die zur selbständigen Erarbeitung eines neuen Lerninhaltes dient. Bei einer Prüfungsaufgabe, die den aktuellen Leistungsstand eines Lernenden erfassen soll, gibt es selten differenziertes Feedback, denn die Prüfungsbedingungen sollen für alle Lernenden gleich sein.

Eine Aufgabe zur Einführung in ein neues Thema bietet explorative Momente, bei denen die Lernenden sich dem Lerngegenstand aus unterschiedlichen Perspektiven entdeckend nähern können. Selbst bei Trainingsaufgaben können Lehrende, je nach Einsatzszenario, entscheiden, ob zum Beispiel das Feedback die Rückmeldung falsch/richtig, eine exemplarische Lösung an einem allgemeinem Beispiel, eine Gesamtlösung oder ein individualisiertes Feedback, das auch auf typische Fehler eingeht, beinhalten soll.

Exemplarisch werden an dieser Stelle zwei Variationen detaillierter dargestellt.

Mit folgender Aufgabe kann zum Beispiel gearbeitet werden, wenn in einer Lehr-Lern-Situation das noch aus der Schulzeit vorhandene Wissen reaktiviert werden soll:

Mit dieser Aufgabe können Sie überprüfen, wie gut Sie das Lösen der GLS schon beherrschen

Tun wir also einfach so, als ob wir die Netzwerkanalyse schon durchgeführt haben und nun folgende Gleichungen vor uns liegen:

$$(I) \quad (R_1 + R_2) \cdot I_2 + R_1 \cdot I_3 = U_0$$

$$(II) \quad R_1 \cdot I_2 + (R_1 + R_3 + R_4) \cdot I_3 = U_0$$

Lösen Sie das Gleichungssystem, wie Sie es gelernt haben unter Berücksichtigung der gegebenen Werte. Berechnen Sie außerdem  $I_1$  indem Sie sich die Relation  $I_1 = I_2 + I_3$  zunutze machen. Geben Sie anschließend Ihre Ergebnisse (ohne Einheiten) in die entsprechenden Felder ein.

"Muss ich etwas umrechnen?"

Beachten Sie, dass intern für die Rechnungen alle Werte in **SI-Einheiten** erwartet werden.

Ich habe alle Werte berechnet und eingetragen

**berechnete Werte**

$I_1 =$

$I_2 =$

$I_3 =$

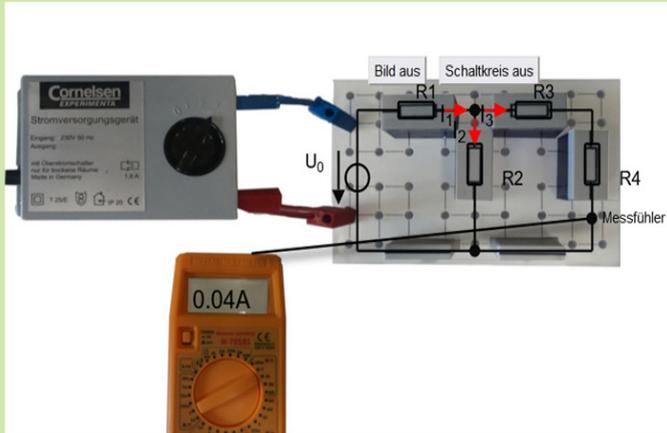
Abb. 2: Variante für die Reaktivierung von Wissen.

Der Anwendungsbezug wird wie oben beschrieben dargestellt, jedoch ohne die interaktive Messmöglichkeit, kombiniert mit der Aufforderung an die Studierenden zur Lösung des linearen Gleichungssystems mit ihnen bekannten Methoden (Abbildung 2).

Anschließend sollen die so errechneten Ergebnisse in die entsprechenden Felder eingegeben werden und durch das Drücken des Buttons „Ich habe alle Werte berechnet und eingetragen“ die Eingabe abgeschlossen werden.

Gegeben ist folgende Schaltung mit den Werten:

- $U_0 = 12\text{ V}$
- $R_1 = 150\ \Omega$
- $R_2 = 150\ \Omega$
- $R_3 = 45\ \Omega$
- $R_4 = 30\ \Omega$



$$(I) \quad (R_1 + R_2) \cdot I_2 + R_1 \cdot I_3 = U_0$$

$$(II) \quad R_1 \cdot I_2 + (R_1 + R_3 + R_4) \cdot I_3 = U_0$$

**berechnete Werte**

$I_1 =$

$I_2 =$

$I_3 =$

Im oberen Bild ist nun ein Messgerät erschienen. Messen Sie die Ströme mit dem Messgerät in dem Sie den Messfühler an die entsprechende Stelle halten.

Tragen Sie anschließend die gemessenen Ergebnisse, wieder ohne Einheit, in die dafür vorgesehenen Felder ein und drücken Sie anschließend auf "Prüfen".

**gemessene Werte**

$I_1 =$

$I_2 =$

$I_3 =$

Prüfen

Abb. 3: Überprüfung der Ergebnisse in der Variante Reaktivierung von Wissen anhand virtueller Messungen.

Nach der Bestätigung der Eingabe besteht die Möglichkeit der Selbstüberprüfung durch interaktive Messung (Abbildung 3). Auch die Messergebnisse werden in entsprechende Eingabefelder eingegeben und die Eingabe durch den „Prüfen“-Button beendet.

Erst jetzt ist es möglich ein abschließendes Feedback zu erhalten. Dieses beinhaltet eine Rückmeldung welche der eingegebenen Werte richtig oder falsch sind und bietet bei Interesse eine vollständig ausgearbeitete Lösung an. Da die Werte in STACK randomisiert erzeugt werden, passt sich auch die ausgearbeitete Lösung an die konkreten Werte aus der Aufgabenstellung an.

Ganz anders sieht eine Aufgabe zu diesem Anwendungskontext aus, die zum selbständigen, individuellen Training gedacht ist. Der erste Teil, die Einbettung (vgl. Abbildung 1), bleibt gleich, jedoch können die Lernenden von Anfang an ihre Ergebnisse durch Messung überprüfen.

Gleichzeitig gibt es die Möglichkeit einen ersten Lösungsversuch überprüfen zu lassen – und ggf. anschließend die Lösung zu erarbeiten – oder gleich in die geführte, schrittweise Erarbeitung der Lösung zu wechseln (Abbildung 4). Jedes Zwischenergebnis wird automatisch überprüft, auf typische Fehler untersucht und es werden weitere Hilfen in Form von Texten angeboten. Die Lernenden haben während der gesamten Bearbeitung der Aufgabe die Möglichkeit ihre Ergebnisse durch interaktive Messungen zu überprüfen.

Ihre Aufgabe: Berechnen Sie die Teilströme  $I_1$ ,  $I_2$  und  $I_3$ .

**Ausgangsgleichungen**

(I)  $(R_1 + R_2) \cdot I_2 + R_1 \cdot I_3 = U_0$

(II)  $R_1 \cdot I_2 + (R_1 + R_3 + R_4) \cdot I_3 = U_0$

1. Geben Sie zunächst die beiden konkreten Gleichungen unter Beachtung der oben gegebenen Werte (ohne Einheiten) an:

(I)   $300 \cdot I_2 + 150 \cdot I_3 = 12$

(II)   $150 \cdot I_2 + 225 \cdot I_3 = 0$

Die Gleichung  $300 \cdot I_2 + 150 \cdot I_3 = 12$  ist richtig, die andere Gleichung ist leider falsch. Versuchen Sie die falsche Gleichung zu korrigieren.

▼ Hinweis

Setzen Sie für  $R_1$  bis  $R_4$  die oben gegebenen Werte ein und rechnen Sie diese, wenn direkt möglich, gleich zusammen.

► Ich möchte die Lösung sehen

(a)

Ihre Aufgabe: Berechnen Sie die Teilströme  $I_1$ ,  $I_2$  und  $I_3$ .

**Ausgangsgleichungen**

(I)  $(R_1 + R_2) \cdot I_2 + R_1 \cdot I_3 = U_0$

(II)  $R_1 \cdot I_2 + (R_1 + R_3 + R_4) \cdot I_3 = U_0$

1. explizite Gleichungen:

(I)  $300 \cdot I_2 + 150 \cdot I_3 = 12$

(II)  $150 \cdot I_2 + 225 \cdot I_3 = 12$

2. Geben Sie das Gleichungssystem nun als erweiterte Koeffizientenmatrix an:

(Hinweis zur Eingabe: In jeder Zeile wird der erforderliche senkrechte Strich als "|" (mit Anführungszeichen) angegeben, | ist auf einer Tastatur das Zeichen neben < und wird mit AltGR aufgerufen)

$I_2$   $I_3$

<input type="text"/>
----------------------

Prüfen

(b)

Abb. 4: Variante für das individuelle Training mit Eingabe der Ergebnisse der Zwischenschritte; (a) Eingabe der Gleichungen mit Fehlerrückmeldung und Lösungshinweis; (b) Eingabe der Koeffizientenmatrix.

## **4 Eine Anwendung – mehrere Varianten: das Leitsystem**

Im letzten Abschnitt wurden exemplarisch zwei Varianten der gleichen Grundaufgaben dargestellt. Neben diesen Versionen müssen noch weitere Varianten erarbeitet werden, die den didaktischen Anforderungen unterschiedlicher Lehr-Lern-Szenarien gerecht werden.

Für die Lehrenden ist die Auswahl der geeigneten Aufgabenvariante jedoch aufwändig, da bei digitalen Aufgaben nicht auf den ersten Blick ersichtlich ist, wie sie genau aufgebaut sind. Deshalb muss im Rahmen dieses Projektes neben den Aufgaben selbst auch ein System entwickelt werden, mit dem Lehrende die für sie passende Aufgabe finden können. Die Grundlage für so ein System ist ein Leitfaden, der für jede Aufgabe wichtige Angaben enthält, um eine didaktische Einordnung der Aufgabe vornehmen zu können. Hierzu zählen unter anderem Angaben zu Art und Umfang des Feedbacks, der Lösung, der Hilfen, sowie (didaktische) Hinweise zu möglichen Einsatzszenarien. Abbildung 5 zeigt einen Ausschnitt dieser Leitfadenidee für die Anwendung aus Abschnitt 3 beispielhaft auf.

Tabelle 1: Ausschnitt eines Leitfadens für die verschiedenen Aufgabenvarianten.

	Selbstkontrolle durch Messung	Eingabefelder für Ergebnisse	Eingabefelder für Zwischenergebnisse	automatisierte Rückmeldungen an Lernende	ausgearbeitete Lösung
Aufgabe 1	X				
Aufgabe 2	X	Rechen- und Mess- ergebnisse		falsch/richtig für Gesamtrechnung und Gesamtmessung	in kompakter Form, mit konkreten Werten
Aufgabe 3		X		falsch/richtig für jedes Ergebnis	in kompakter Form, mit konkreten Werten
Aufgabe 4		X		keine	
Aufgabe 5	X	X	X	mit Fehleranalyse	bei jedem Zwischenschritt als Teillösung, am Ende komplett
Aufgabe 6	X	X	X	mit Fehleranalyse	bei jedem Zwischenschritt als Teillösung, am Ende komplett

Tabelle 1: Fortsetzung

	schrittweises, interaktives Erarbeiten der Lösung	Besonderheiten	Einsatzmöglichkeiten
Aufgabe 1		Lernende markieren Aufgabe selbst als erledigt	* <b>Einstieg</b> in das Thema (Reaktivierung von Vorwissen) * <b>am Ende</b> der Lerneinheit, individuelle Überprüfung durch Studierende
Aufgabe 2		Eingabe Rechenergebnisse notwendig, bevor Messmöglichkeit gegeben wird	* <b>am Ende</b> der Lerneinheit, individuelle Überprüfung durch Studierende
Aufgabe 3			* <b>am Ende</b> der Lerneinheit, individuelle Überprüfung durch Studierende
Aufgabe 4			* <b>Testsituation</b>
Aufgabe 5	nur, wenn erste Ergebniseingabe falsch ist als Angebot	Lernenden können Teilschritte abkürzen und erneut die Lsg. eingeben	* <b>Einstieg</b> in das Thema (Reaktivierung von Wissen) *Lernen in individuellem Tempo im Thema, zur <b>Festigung</b> * <b>Testvorbereitung</b>
Aufgabe 6	von Anfang an, obligatorisch	keine Abkürzung mgl.	*wie 5, jedoch mit obligatorischem Rechenweg (Gaussalgorithmus)

## 5 Technische Umsetzung

Die in diesem Beitrag beschriebenen Aufgaben und ihre geforderten Einsatzmöglichkeiten stellen konkrete Anforderungen an die technischen Instrumente, mit denen sie umgesetzt werden. Im folgenden Abschnitt werden in einem ersten Teil die Überlegungen dargestellt, die zu der gewählten Umsetzungsart geführt haben und in einem zweiten Teil exemplarisch tiefergehend die konkrete technische Umsetzung beschrieben.

Drei essentielle Anforderungen an die Aufgaben haben im Rahmen des Teilprojektes dazu geführt, dass die Wahl eines digitalen Tools auf das an der HTW Berlin breit eingesetzte Lern-Management-System (LMS) Moodle fiel:

Die Studierenden sind mit dem System und den Eingabemechanismen vertraut und können sich auf die Bearbeitung der Aufgabe konzentrieren. Es muss kein neues System erlernt werden. Gleiches gilt auch für die Lehrenden, was der Verbreitung und Nutzung der Aufgaben durch alle interessierten Lehrenden entgegenkommt.

Durch die Bereitstellung studienrelevanter Inhalte in nur einem LMS sind die Lerninhalte und Aufgaben für die Studierenden leicht auffindbar und auch nach Wochen und Monaten abrufbar. Weiterhin ist es für die Studierenden so möglich ihre Lernfortschritte auf einer Plattform im Blick zu haben.

In Moodle, insbesondere in Verbindung mit dem Plugin STACK, ist die Eingabe und Verarbeitung auch komplexer mathematischer Ausdrücke möglich, was nur mit wenigen Tools zum Erstellen digitaler Aufgaben möglich ist. Mit STACK können komplexe mathematische Eingaben mit komplexem Feedback realisiert werden. Weiterhin erlaubt die Verwendung von JSXGraph (JSXGraph 2023), JavaScript

und html5 graphische Elemente und interaktive Bedienungen innerhalb von mathematischen Aufgaben.

Am Beispiel einer der oben vorgestellten Aufgaben heißt dies konkret:

Die interaktive Simulation, mit der am Schaltkreis der Strom gemessen werden kann (vgl. Abbildung 3) wurde mit JSXGraph, einer browser-übergreifenden JavaScript-Bibliothek, erstellt. Es wurde eine eigene Bibliothek für die unterschiedlichen Elemente eines Stromkreises erstellt, auf die bei der Erstellung konkreter Schaltkreise zurückgegriffen wird (vgl. Kraska und Schulz 2021). Die Erstellung solcher Simulationen ist zwar sehr zeitaufwändig, durch die direkte Einbindung von JSXGraph-Elementen in STACK können aber alle Vorteile, die STACK mit sich bringt, wie Randomisierung und Feedback-Erstellung, auch für die interaktiven Darstellungen genutzt werden. So können, sobald alle Aufgabenvarianten einmal erstellt wurden, mit im Verhältnis gesehen etwas geringerem Aufwand für jede Variante weitere Versionen mit unterschiedlichen Werten und unterschiedlichen Stromkreisen erstellt werden.

Für die Auswertung der Studierendeneingaben werden die Bordmittel von STACK genutzt, insbesondere die interne mathematische Aufbereitung der Eingabe und die Rückmeldeausgaben mit Hilfe des Computeralgebrasystems Maxima, welches Bestandteil von STACK ist. Auch Darstellungen, wie vollständige Lösungswege, werden innerhalb der Aufgaben mit diesen Mitteln, sowie mittels html5, realisiert.

Einige Elemente, wie das schrittweise Erarbeiten des Lösungsweges, erfordern zusätzliche Programmierungen innerhalb der STACK-Aufgaben. Diese wurden mit JavaScript und html5 umgesetzt. Im Rahmen dieses Projektes wurde diesbezüglich auf Arbeiten von Michael Kallweit und Eva Glasmachers zurückgegriffen (Glasmachers und Kallweit 2019). Das von Herrn Kallweit in diesem Zusammenhang frei

zur Verfügung gestellte javascript-Skript (Kallweit 2020) ermöglicht eingabe- und feedbackabhängig nur ausgewählte Teile der Aufgabe für Lernende sichtbar zu machen und gleichzeitig technisch die Aufgabe nicht zu verlassen.

## **6 Fazit und Ausblick**

In der bisherigen Arbeit wurden für das hier zugrundeliegende Projekt an der HTW Berlin die Grundlagen für die Umsetzung von digitalen Anwendungsaufgaben in der Grundlagenausbildung der Mathematik gelegt. Besonderer Fokus wurde dabei auf den Einsatz in verschiedenen Lehr-Lern-Szenarien und der technischen Umsetzung in der Lernplattform Moodle gelegt.

Die in diesem Zusammenhang entwickelten Aufgaben sollen vor allem der Motivation der Studierenden dienen, indem sie schon früh im Studium die Verbindung zu den Fachwissenschaften aufzeigen und selbst erlebbar machen.

Es bleibt zu zeigen, ob die Aufgaben diesen Zweck erfüllen. Dazu wird eine Evaluation der Aufgaben in Anlehnung zu Wolf (2017) vorbereitet. Weiterhin sollen die Aufgaben auch über die HTW Berlin hinaus Lehrenden zur Verfügung gestellt werden. Dazu müssen geeignete Plattformen zur Verbreitung zur Verfügung gestellt werden.

## **Danksagung**

Diese Arbeit wurde durch die „Stiftung Innovation in der Hochschullehre“ im Rahmen des Teilprojekts „Innovative digitale MINT-Curricula“ des Gesamtprojekts „Curriculum Innovation Hub“ an der HTW Berlin gefördert.

## Literaturverzeichnis

- Glasmachers, E. und Kallweit, M. (2019): Adaptive Selbstlernaufgaben mit STACK. In: Contributions to the 1st International STACK conference 2018. Friedrich-Alexander-Universität: Nürnberg, Germany. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.2562732> [abgerufen am 17.1.2023]
- Kallweit, M. (2020): <https://www.ruhr-uni-bochum.de/ak-mathe-digital/stackselbstlern.js> [abgerufen am 11.05.2022]
- Heublein, U. u.a. (2010): Ursachen des Studienabbruchs in Bachelor- und in herkömmlichen Studiengängen. Ergebnisse einer bundesweiten Befragung von Exmatrikulierten des Studienjahres 2007/2008. (HIS:Forum Hochschule 2|2010). Hannover: HIS. [https://www.dzhw.eu/pdf/pub\\_fh/fh-201002.pdf](https://www.dzhw.eu/pdf/pub_fh/fh-201002.pdf) [abgerufen am 17.1.2023]
- Heublein, U. u.a. (2022): Die Entwicklung der Studienabbruchquoten in Deutschland. (DZHW Brief 05|2022). Hannover: DZHW. [https://www.dzhw.eu/pdf/pub\\_brief/dzhw\\_brief\\_05\\_2022.pdf](https://www.dzhw.eu/pdf/pub_brief/dzhw_brief_05_2022.pdf) [abgerufen am 17.1.2023]
- JSXGraph (2023): JSXGraph. Dynamic Mathematics with JavaScript, <https://jsxgraph.org/wp/index.html> [abgerufen am 17.1.2023]
- Klöpping, S. u.a. (2017) (Hrsg.): Studienabbruch in den Ingenieurwissenschaften. Empirische Analyse und Best Practices zum Studienerfolg (acatech STUDIE), München: Herbert Utz Verlag.
- Kraska, M. und Schulz, D. (2021): Automatic assessment of free body diagrams using STACK. Presented at the International Meeting of the STACK Community 2021, Zenodo. <http://doi.org/10.5281/zenodo.4916138> [abgerufen am 17.1.2023]
- Moodle: <https://moodle.com/>
- STACK (2023): STACK Online assessment, <https://stack-assessment.org/> [abgerufen am 17.1.2023]
- Wolf, P. (2017): Anwendungsorientierte Aufgaben für Mathematikveranstaltungen der Ingenieurstudiengänge. Konzeptgeleitete Entwicklung und Erprobung am Beispiel des Maschinenbaustudiengangs im ersten Studienjahr. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.

# 10. Automatisierte Durchführung und Auswertung von ingenieurwissenschaftlichen Online-Praktika in Messtechnik

---

*Silvio Hund, Maik Wolf, Mathias Rudolph*

*Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig, Ingenieurwissenschaften*

## 1 Einleitung

Laborpraktika sind im Lernprozess für Studierende der Ingenieurwissenschaften, insbesondere aufgrund der dort erfolgten anwendungsbezogenen praktischen Wissensvermittlung, essenziell. Das Labor fördert die Vernetzung der Studierenden und die Entwicklung sozialer Kompetenzen, welche zur gemeinschaftlichen Lösung komplexer technischer Fragestellungen notwendig sind. Außerdem schulen sie den verantwortungsvollen Umgang mit Investitionsgütern, wie beispielsweise hochempfindlicher Messtechnik und Maschinen, und besitzen deshalb für die anschließende berufliche Praxis höchste Relevanz.

Bisher erfolgte die Durchführung der Praktika ausschließlich in Präsenz - mit dem Nachteil, dass für die Teilnahme am Lehrangebot nur wenige Spielräume zur örtlichen als auch zeitlichen Flexibilisierung existieren. Insbesondere während der COVID-19-Pandemie traten diese Defizite in den Vordergrund und führten dazu, dass Praktika in relativ kurzer Zeit in einer alternativen Form angeboten werden mussten, typischerweise als digitale Variante (digital gestütztes Demonstrationspraktikum als Lernersatzleistung). Grundsätzlich konnten damit die wesentlichen Lehrinhalte transportiert werden, die Vorteile eines Präsenz-Versuchs

(applikationsspezifische und praxisnahe Bedienung der Geräte etc.) gingen dadurch jedoch verloren.

Der im Rahmen der vorgestellten Arbeiten verfolgte Lösungsansatz besteht daher einerseits in der Realisierung eines Fernzugriffs auf die für den Versuch notwendigen Laborgeräte und andererseits in der Umsetzung eines E-Assessments, mit dessen Hilfe klausur-, unterrichts- und versuchsvorbereitende Inhalte erlernt sowie die Anfertigung des Versuchsprotokolls durchgeführt werden sollen. Das oberste Ziel ist es, ein niederschwelliges Angebot zu schaffen und es den Studierenden zu ermöglichen, sowohl den Versuch und die dafür notwendige Vorbereitung als auch die Auswertung weitestgehend selbständig und unabhängig von der örtlichen Infrastruktur und der eigenen technischen Ausstattung, durchführen zu können.

Insbesondere bei der Umsetzung des Hardware-Zugriffs ist der Vorteil gegeben, dass auf konkrete Erfahrungen aus entsprechenden Vorfeldprojekten zurückgegriffen werden kann (RUDOLPH und HUND, 2018; HUND et. al, 2018).

## **2 Übergeordnetes Konzept des digitalen Laborversuchs**

Im Rahmen der Lehrveranstaltung „Industrielle Messtechnik“ werden am Lehrstuhl unterschiedliche Laborpraktika angeboten. Die Themenschwerpunkte liegen im Bereich der Fertigungsmesstechnik und der Erfassung elektrischer Größen. Im weiteren Verlauf soll die Umsetzung wesentlicher Kernbestandteile des digitalen Gesamtkonzeptes anhand einer dieser Applikationsklassen demonstriert werden.

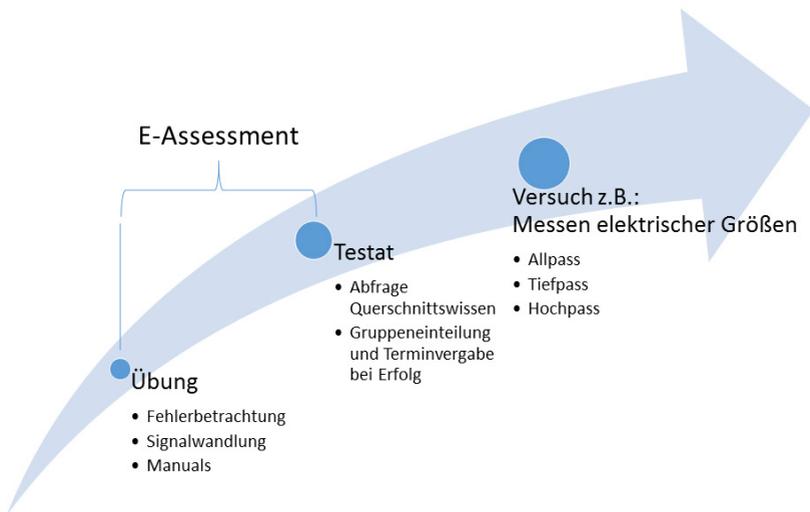


Abb. 1: Ablauf des Laborversuchs mit vorgeschaltetem E-Assessment.

Der Ablauf des Lehrkonzepts orientiert sich konsequent an der bewährten Durchführung des Präsenzversuches, damit ein effizientes und zielgerichtetes Vorgehen innerhalb der Konzeption und der anschließenden Realisierungsphase gewährleistet ist. Der allgemeine Ablauf, der sich auf nahezu jedes angebotene Praktikum des Lehrstuhls projizieren lässt, ist in Abbildung 1 dargestellt. Der Laborversuch stellt den Höhepunkt des zugrunde liegenden hierarchischen Modells dar, der über die vorgelagerte Übungsstufe und das Testat erreicht werden muss. Ziel dieses Trainings ist es, die Studierenden auf die Herausforderungen des Praktikums vorzubereiten, welche beispielsweise in der Gerätebedienung und dem Aufbau der elektrischen Versuchsschaltung bestehen können. Eine solide Vorbereitung bildet die Basis sowohl für das Erreichen des gesetzten Lernziels als auch für einen reibungsfreien und selbsterklärenden Versuchsablauf in der digitalen Variante. Außerdem soll damit das Risiko für Fehleingaben bzw. die daraus resultierenden Schäden sowie Fehlfunktionen und Fehlinterpretationen minimiert werden.

Die Übungsphase ist in unterschiedliche Themenkomplexe gegliedert, welche sich inhaltlich am jeweiligen Vorlesungsabschnitt der Applikationsklasse orientiert. Zusätzlich sind darin die Anweisungen zur Bedienung der jeweiligen Laborgeräte als eigenständiges Themengebiet integriert. Jeder Komplex besitzt einen eigenen Aufgaben-Pool, aus dem eine bestimmte Anzahl von Übungsaufgaben für ein Trainingsintervall zufällig gezogen wird. Die Übungsphase darf bis zum erfolgreichen Absolvieren des Komplexes beliebig oft wiederholt werden. Nach Trainingsende erfolgt die Freischaltung des Testats, um den bisherigen Lernerfolg durch Abfrage von Querschnittswissen aus allen für den Versuch relevanten Themengebieten zu überprüfen. Nach bestandenen Testat erfolgt die Einteilung in Versuchsgruppen und die Zuordnung der Gruppe zu einem Zeitfenster für die Versuchsdurchführung.

Im weiteren Textverlauf werden die beiden Teilbereiche des Gesamtkonzepts, bestehend aus E-Assessment und Laborversuch, hinsichtlich der bestehenden Herausforderungen, Umsetzungsmöglichkeiten und momentanen Bearbeitungsstände in Grundzügen vorgestellt.

### **3 Remote-Labor**

Anhand des folgenden Beispiels wird die Herangehensweise bei der Umsetzung des Remote-Labors demonstriert. Die gewählte Applikationsklasse hat die Analyse des Übertragungsverhaltens von Systemen - hier am Beispiel eines Tiefpasses (RC-Glied). Zum besseren Verständnis sollen im Vorfeld die inhaltlichen Aspekte umrissen werden, um im späteren Verlauf auf die hard- und softwaretechnischen Bestandteile eingehen zu können.

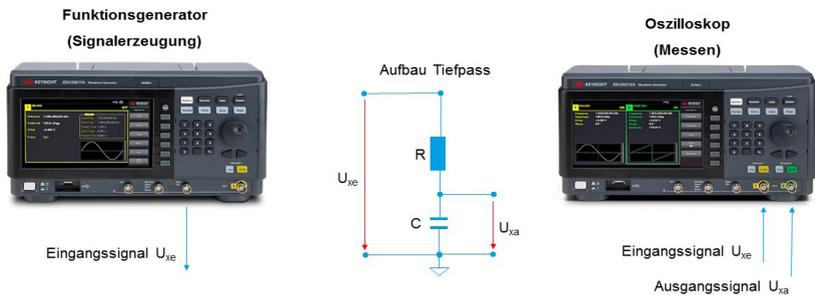


Abb. 2: Equipment zur Durchführung des Versuchs zum Thema: Messen elektrischer Größen II.

Zur Durchführung des Versuchs verwenden die Studierenden einen Funktionsgenerator und ein Oszilloskop (vgl. Abbildung 2). Der für den Versuch notwendige Schaltungsaufbau wird von den Teilnehmenden gemäß der Praktikumsunterlagen erstellt. Es werden dazu unterschiedliche elektronische Bauteile zur Verfügung gestellt, welche die Studierenden selbständig auswählen und auf eine Laborplatine aufstecken. Für das gewählte Beispiel besteht die Schaltung aus einem Widerstand ( $R$ ) und einer dazu in Reihe geschalteten Kapazität ( $C$ ). Das Ergebnis ist ein sog. RC-Tiefpass. Der Funktionsgenerator emittiert ein Spannungssignal, beispielsweise in Form einer Sinuswelle, welches über den Tiefpass abfällt. Die möglichen Einstellparameter sind hierbei die Form, die Frequenz und die Amplitude des Signals. Zur messtechnischen Erfassung wird das Oszilloskop verwendet und muss in Abhängigkeit des emittierten Spannungssignals parametrieren werden. Beispielsweise sind das die Abtastrate oder die zu erfassende Länge des zu erfassenden Zeitsignals. Das Oszilloskop verfügt über zwei Messeingänge, welche das erzeugte Eingangs- ( $U_{xe}$ ) und Ausgangssignal ( $U_{xa}$ ) erfassen. Die Studierenden verwenden spezielle Zusatzfunktionen des Oszilloskops, um markante Signalpunkte oder zum Teil sichtbare Unterschiede zwischen beiden Signalen zu vermessen (z. B. Phasenverschiebung und Amplitude). Der Versuch wird nachfolgend unter

Variation der Signalparameter sowie des Aufbaus durchgeführt. Anschließend erfolgt auf dieser Grundlage die Anfertigung und Abgabe des Belegs.

### 3.1 Hardware

Ein wesentlicher Nachteil des digitalen Versuchs ist der Verlust an haptischen und visuellen Reizen, die beispielsweise durch die Interaktion mit realer Hardware gesetzt werden. Davon ist insbesondere der Arbeitsschritt zur Anfertigung des Versuchsaufbaus betroffen. Ohne entsprechende digitale Lösung würde dieser Schritt vollständig entfallen.

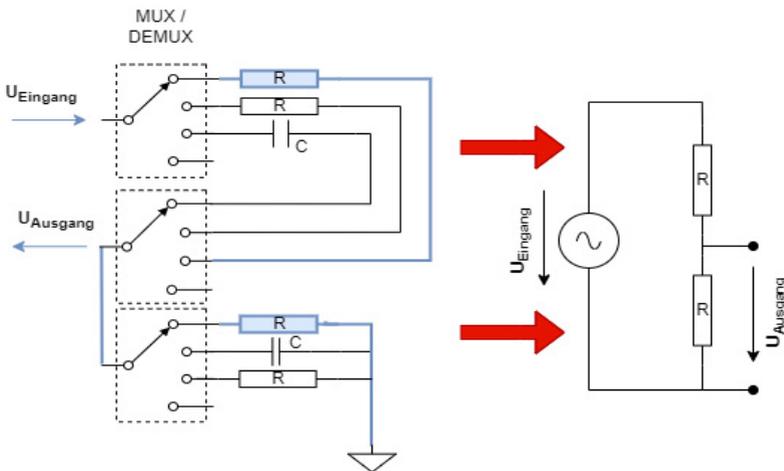


Abb. 3: Funktionsprinzip der automatisierten Erstellung des Versuchsaufbaus.

Die zu entwickelnde Alternative kann grundsätzlich nur Teilaspekte dieser Bautätigkeit berücksichtigen, eine vollständige Substitution, beispielweise durch den Einsatz von Aktorik (z. B. Greifer) wird im aktuellen Projektstadium als nicht zweckmäßig angesehen. Statt-

dessen kann unter Einsatz von Selektionsschaltern (Multiplexer/MUX, Demultiplexer/DEMUX) eine relativ einfache und günstige Lösung geschaffen werden, um die vom Funktionsgenerator ausgehenden Spannungssignale über den ausgewählten elektronischen Bauteilen, wie Widerständen, Dioden oder Kondensatoren, schalten zu können. Im Vorfeld zur Planung und Realisation der gezeigten Variante wurden die Vor- und Nachteile zu einer Vollsimulation erörtert. Der Vorteil gegenüber einer Vollsimulation ist, dass durch den Einsatz von realen Komponenten interessante Abweichungen zum theoretischen Idealfall entstehen, die beispielsweise durch schwankende Fertigungsabweichungen oder Alterung entstehen. Dazu gehören außerdem Störungen, die aus dem Umfeld auf das Spannungssignal wirken oder Messabweichungen der eingesetzten Geräte. Dieser Sachverhalt kann bei der anschließenden Datenanalyse für eine Fehlerbetrachtung nutzbar gemacht werden. Aufgrund bestehender Erfahrungen wird der Entwicklungsaufwand für eine reine Softwarevariante des Versuchs als unverhältnismäßig hoch eingestuft, der mit steigendem Realitätsgrad, beispielsweise durch Einbezug von Störgrößen, wächst.

Der sinnbildliche Aufbau der automatisierten Versuchsschaltung ist in Abbildung 3 dargestellt und zeigt die Kernkomponenten des Aufbaus. Er zeigt beispielhaft den Spannungsabfall (blau) über zwei Festwiderständen ( $R$ ), die das nebenstehende Ersatzschaltbild einer Reihenschaltung ergeben. Beide Widerstände sind mit den aktiven Kanälen der Schalter gekoppelt. Die Aktivierung der Kanäle wird über die digitale Schnittstelle des Schalters von einem Mikrokontroller (oder Einplatinen-Computer) gesteuert. Die Befehle erhält der Controller über eine entsprechende Benutzeroberfläche (s. 3.2 Software), die ein Abbild der Steckplatine darstellt. Die Antwortspannung wird unter Verwendung eines Oszilloskops am Signalausgang des mittleren Multiplexer eingelesen. Mit dem gezeigten Aufbau können die am oberen Demultiplexer angebotenen Komponenten mit denen am unteren nahezu beliebig kombiniert werden. Sinnvolle Kombinationen

ergeben beispielsweise einen RC-Tief- oder -Hochpass. Entsprechende Restriktionen für sinnvolle bzw. mögliche Kombinationen können softwareseitig vergeben werden.

Einige Funktionsgrenzen des Aufbaus bestehen darin, dass insbesondere die eingesetzten Elektronikbauteile über eine begrenzte Bandbreite verfügen und ab einer bestimmten Signalfrequenz als Tiefpassfilter wirken und somit die Messergebnisse verfälschen. Weiterhin sind die signalführenden Komponenten gegen die maximal möglichen Ausgangsspannungen des Funktionsgenerators zu schützen. Zusätzlich dazu müssen auch Vorkehrungen gegen Verpolung oder Überspannung, ggf. auch mutwillige Zerstörung, getroffen werden.

Abschließend zu diesem Gliederungspunkt sollen einige technische Voraussetzungen für die Laborgeräte (z. B. Oszilloskop, Funktionsgenerator, ggf. Handling-Systeme) genannt werden, die als wesentliches Hindernis bei der Umstellung des Präsenzbetriebs wirken. Als Voraussetzung ist vor allem das Vorhandensein von entsprechenden Geräteschnittstellen, wie Ethernet, USB oder auch RS-232 zu nennen über die eine softwaregestützte Ansteuerung bzw. Konfiguration möglich ist. Zusätzlich dazu muss ein, vom Hersteller offen gelegter, Befehlssatz, Treiber oder eine entsprechende Software vorhanden sein.

### **3.2 Software**

Die Software bildet einen besonderen Bestandteil des Projekts, da sie nicht nur rein funktionalen, sondern auch optischen Anforderungen entsprechen muss und besitzt die überaus wichtige Aufgabe den angesprochenen Verlust an Haptik und Realitätsnähe weitestgehend auszugleichen. Aus diesem Grund sind starken, wenn auch funktionalen, Vereinfachungen des softwaretechnischen Geräteabbilds Grenzen gesetzt, um den Verlust an sog. emergenten Phänomenen

vorzubeugen. Das bedeutet, dass die Gerätefunktionen als auch die Optik idealerweise so genau wie möglich der Realität nachempfunden werden sollten, um das Lern- oder Problemlösungsverhalten nicht zu beeinträchtigen.(Halbherr 2021). Die Originalität ist auch im Hinblick auf eine folgende berufliche Laufbahn nicht unerheblich, da der Umstieg auf artverwandte bzw. reale Geräte immens erleichtert wird.

Nachteile einer kommerziellen Lösung Herstellersoftware bestehen teilweise darin, dass diese Grundsätze nicht immer berücksichtigt werden, sodass die Geräteoberflächen nicht originalgetreu nachgebildet werden und beispielsweise mehrere Funktionen innerhalb eines Bedienelements (zweckmäßig) zusammengefasst werden, bzw. nicht implementiert werden. Diese Umstände führen dazu, dass Eigenentwicklungen sehr komplexe Formen annehmen können. Grundsätzlich sollte vor einer Investition bzw. eigenen Realisierung die Notwendigkeit einer originalgetreuen Nachbildung in Abhängigkeit der Lernziele und -inhalte hinterfragt werden, da ein erheblicher zeitlicher als auch monetärer Aufwand damit verbunden sein kann.



Abb. 4: Funktionsprinzip zur Erstellung von Web-Anwendungen mit Hilfe grafischer Blöcke innerhalb von Node-RED (Mozilla 2022; OpenJS Foundation 2022; dataTec 2022).

Weitere Anforderungen ergeben sich aus der Plattformunabhängigkeit der Software, aber auch aus lizenzrechtlichen Aspekten. Die Idealvorstellung beinhaltet, dass die Studierenden weitestgehend unabhängig von ihrer technischen Ausstattung in Bezug auf Rechenleistung und

Neuheitsgrad, sowie ohne zusätzliche Installation von (proprietärer) Software am Versuchsangebot teilnehmen können.

Für die Entwicklung von Bedienoberflächen besteht der Lösungsansatz im Einsatz von Skriptsprachen (z. B. Python) und modernen, einsteigerfreundlichen Webframeworks, welche den Entwicklungsprozess vereinfachen und stark unterstützen können. Beispielsweise ist hierbei die Open Source Plattform Node-RED zu nennen. Als Webserver und Entwicklungsumgebung lässt sich diese vorteilhaft zur Realisierung von IOT-Projekten oder zur Gestaltung von Webinterfaces, wie bspw. einfacher Dashboards oder Gerätesteuern, einsetzen. Die Entwicklung erfolgt mittels vorkonfektionierter grafischer Blöcke, die durch eigene Eingaben dialoggeführt ergänzt und zu einem Programmablaufplan zusammenschaltet werden (vgl. Abbildung 4: Funktionsprinzip zur Erstellung von Web-Applikationen mit Hilfe grafischer Blöcke innerhalb von Node-RED). Bei komplexeren Entwicklungsanforderungen können auch eigene Codes auf Basis von JavaScript eingebunden werden. Die Versuchsgruppen benötigen lediglich einen (kostenfreien) Browser, um die Applikation über eine Netzwerkverbindung aufrufen und nutzen zu können.



Abb. 5: Browser-Ansicht einer Nachbildung der Geräteoberfläche eines Oszilloskops.

In dem vorliegenden Applikationsbeispiel war es für die Gerätebedienung nicht notwendig eine eigene Bedienoberfläche zu entwickeln. Die eingesetzten Geräte verfügen über einen integrierten Webserver, der die Oberfläche des jeweiligen Geräts im Netzwerk originalgetreu zur Verfügung stellt (vgl. Abbildung 5). Der Geräteserver kann durch Eingabe seiner Netzwerkadresse in die Adresszeile eines Browsers aufgerufen werden. Diese Technologie gehört bei einer Reihe von Herstellern bereits zur Standardausstattung.

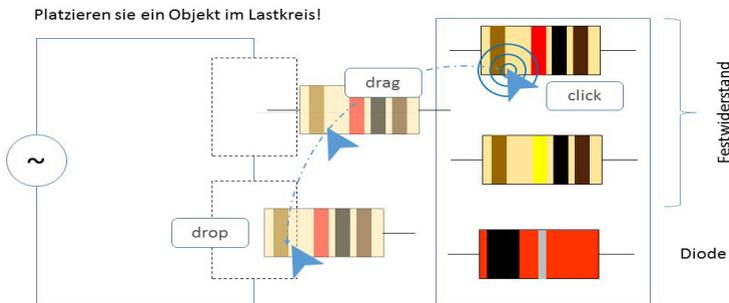


Abb. 6: Prinzipielle Darstellung der Bedienoberfläche zur Anfertigung der Versuchsschaltung in der Software-Variante.

Zur Steuerung der in Gliederungspunkt 3.1 gezeigten digitalen Versuchsschaltung wird eine eigene Softwareoberfläche entworfen, welche den Versuchsaufbau, angelehnt an den originalen Steckbrett-aufbau, als Ersatzschaltung darstellt. Die Abbildung zeigt eine kleine Auswahl elektronischer Bauteile, die durch eine Drag-and-drop-Aktion in die Schaltung platziert werden müssen, wodurch ein Ereignis ausgelöst wird. Daraufhin wird ein Befehl an den Controller der Schaltung gesendet und eine Aktion ausgelöst.

Die digitale Variante kann die Herausforderungen, die bei einem realen Aufbau entstehen, offensichtlich nur in Grundzügen nachbilden.

Fehlermöglichkeiten, die beispielsweise durch Verpolung der Bauteile entstehen können, sind nicht zulässig. Dieser Verlust an Realitätsnähe wird in Kauf genommen, damit Folgeschäden vorgebeugt werden kann. Die Schwierigkeit besteht darin, die Komponenten anhand ihres realen Aussehens (beispielsweise anhand von Farbkodierungen) auszuwählen und an die korrekte Position der Schaltung zu platzieren.

## **4 E-Assessment**

### **4.1 Ziele und Lösungsansatz**

In Ergänzung zur webbasierten Verwendung von Laborhardware für Online-Praktika stellt die Umsetzung eines E-Assessments ein weiteres Ziel in diesem Beitrag dar. Die digitale Aufbereitung der Lehr- und Lernmaterialien, bspw. in Form einer digitalen Versuchsvorbereitung mit individuellem Feedback, kann den Lernerfolg der Studierenden deutlich verbessern. Nicht zuletzt erfährt das Laborpersonal auch auf diesem Weg eine deutliche Unterstützung bei zyklischen Routineaufgaben. Die Teilschritte, die sich aus der Zielstellung für die Umsetzung des E-Assessments ergeben, bestehen in der Schaffung eines Aufgabenpools, innerhalb der Prüfungsplattform OPAL, welche den sächsischen Hochschulen als Online-Umgebung für Akademisches Lehren und Lernen zur Verfügung gestellt wird. An den sächsischen Hochschulen steht typischerweise die Online-Plattform für Akademisches Lehren und Lernen (OPAL) und u. a. die Testsuite ONYX zur Verfügung (BPS GmbH 2022). Ein weiterer Teilschritt ist die Implementierung von automatischen Feedback-Inhalten, um den Studierenden konkrete Unterstützungsmöglichkeiten zur spezifischen Aufgabenlösung zu bieten. Im weiteren Verlauf des Beitrags wird diese Form als "verbales Feedback" bezeichnet. Ein letzter Teilschritt dient der Individualisierung des Lernens, indem adaptive Testverfahren

verwendet werden. Das spielt dann eine Rolle, wenn die Studierenden durch die Bereitstellung von themenspezifischen Übungsaufgaben ihren Lernerfolg potentiell steigern können. Diese Form kann als "non-verbales Feedback" bezeichnet werden.

## **4.2 Umsetzung in der Lernplattform**

Das umgesetzte E-Assessment basiert im Wesentlichen auf einem in OPAL erstellten Kurs für ein entsprechendes Studierenden-Matrikel. Dieser Kurs teilt sich in die Versuchsvorbereitung und in das Testat auf. Die Vorbereitung unterteilt sich in Themenkomplexe (bspw. wie „Fehlerbetrachtung“ und „Signalwandlung“, vgl. Abbildung 1), welche jeweils eine begrenzte Anzahl an zufälligen Aufgaben der gleichen Komplexität aus einem themenspezifischen Aufgabenpool wählen. Diese in ihrer Anzahl begrenzten Aufgaben unterscheiden sich schlussendlich studierendenübergreifend.

Während der Versuchsvorbereitung darf die Bearbeitung eines Themenkomplexes zwischenzeitlich gestoppt und auch so lange wiederholt werden, bis der Themenkomplex bestanden ist. Für den Fall einer Wiederholung des Themenkomplexes wird erneut eine begrenzte Anzahl von zufällig ausgewählten Aufgaben präsentiert. Nach Abgabe der Lösungen eines Themenkomplexes werden die Antworten des Studierenden analysiert und ein non-verbales Feedback direkt und automatisch übermittelt. Dadurch, dass nach der Bearbeitung eines Themenkomplexes sogenannte Test-Ausgabeveriablen erzeugt werden und in OPAL zur Verfügung stehen, ist eine qualitative und quantitative Analyse des Lernerfolgs möglich. Bei diesen Variablen handelt es sich um die in den Aufgaben festgelegten bzw. adaptiven Variablen (bspw. Parameter einer Berechnungsaufgabe). Weiterhin kann es sich um die durch den Test erzeugten Variablen (bspw. Soll- und Ist-Punktezahlen von Teilaufgaben) handeln. Im einfachsten Fall

stellt dann bspw. ein scharfer Grenzwert, bezogen auf die erreichte Gesamtpunktzahl, ein Entscheidungskriterium zum Bestehen des Themenkomplexes dar. Über die OPAL-interne Kurssteuerung können, auf der Basis der Analyseergebnisse, Handlungsempfehlungen präsentiert werden. Den Studierenden können dann neue Aufgaben, z. B. durch Parametervariation des gleichen Themenkomplexes oder über einen neuen Themenkomplex, angeboten werden.

Zur Unterstützung der Studierenden kann bei der Lösung einer Aufgabe ein aufgabenspezifisches und individuelles Feedback erteilt werden. Auch hier werden die erzeugten Ergebnisse so analysiert, dass ein Rückschluss auf den getanen Fehler gezogen werden kann. Die daraus folgende Hilfestellung - in Form des Feedbacks - nimmt Bezug auf die zuvor gegebene Antwort und steht dem Studierenden für einen weiteren Lösungsversuch zur Verfügung. Erfahrungsgemäß ist entsprechend der Aufgabenkomplexität eine eine gleichermaßen komplexe Hilfestellung notwendig.

Beim Feedback kann grundlegend bzgl. des gelieferten Informationsgehaltes unterschieden werden (S. Narciss und K. Huth 2004), (Shute 2008). Neben den einfachen Formen des Feedbacks - bspw. durch Vorgabe von Informationen über die Korrektheit der Antwort oder der Markierung der falschen Antwort oder sogar die Vorgabe der richtigen Antwort - gibt es noch die elaborierten Feedbackformen. Bei dieser Form des Feedbacks werden den Studierenden bspw. aufgabenspezifische Lösungshinweise durch ausführliche Fehleranalyse präsentiert. Konkret betrifft das die Vorgabe von Anzahl, Ort, Art und Ursache des Fehlers. Insbesondere bei hierarchischen oder prozeduralen Aufgabentypen - bei denen Routinen und Regeln zu deren Lösung angewendet werden müssen - kann die Feedbackerstellung komplexe Formen annehmen.

Nach der erfolgreichen Gesamtanalyse der Test-Ausgabevariablen ist die Versuchsvorbereitung beenden und wird beendet. Eine nochmalige Bearbeitung der Versuchsvorbereitung ist dann nicht mehr möglich. Die Studierenden erhalten somit den Zugang zum Testat. Im Gegensatz zur Versuchsvorbereitung darf das Testat nicht pausiert und nur einmal bearbeitet werden. Zur besseren Vergleichbarkeit der Testatergebnisse unter den Studierenden ist es vorgesehen, feste Aufgabenstellung zu verwenden. Die Aufgaben unterscheiden sich dennoch studierendenübergreifend, da die Testerstellung adaptiv erfolgt. Wenn bspw. Berechnungsaufgaben zur Anwendung kommen, bestehen die gegebenen Berechnungsparameter aus Zufallsgrößen, deren Wert aus einer zuvor definierten Zahlenmenge bestimmt wird. Diese Zufallsgrößen unterscheiden sich mit jedem Aufruf der Aufgabe (studierendenübergreifend). Diese Vorgehensweise erleichtert die Erstellung des individuellen Feedbacks, da nur ein begrenzter Umfang an möglichen Fehlern bei den Studierenden entstehen kann und dieser (idealerweise) absehbar ist. Aufgrund der festen Struktur der aufeinanderfolgenden Aufgaben, können Folgefehler, bspw. bei prozeduralen Aufgabentypen, gegeben werden. Zudem ermöglicht die Anzahl der Wiederholungen je Aufgabe (bspw. zwei Wiederholungen), dass auf konkrete Fehler des Studierenden durch individuelles Feedback rechtzeitig und differenziert reagiert werden kann. Nach erfolgreichem Bestehen des Testats werden schließlich die authentifizierten Nutzer, bzw. die Studierenden, für den zeitlich und örtlich flexiblen Online-Versuch freigeschaltet.

## **5 Zusammenfassung und Ausblick**

Es wurde ein Konzept für eine praxisnahe Digitalisierung von Laborversuchen, bestehend aus einem vorgelagerten E-Assessment und einem Remotezugriff auf die, für den Versuch notwendige, Hardware vorgestellt. Es wurde auf Hemmnisse, Grundsätze und Lösungsan-

sätze bei der Umstellung auf den digitalen Betrieb eingegangen und anhand eines Umsetzungsbeispiels demonstriert. Innerhalb der bisherigen Projektlaufzeit konnten zahlreiche der beschriebenen Funktionen bereits realisiert werden. Einerseits konnten zur softwaretechnischen Gerätesteuerung auf herstellerseitige Lösungen zurückgegriffen werden, andererseits befinden sich selbstentwickelte Bedienoberflächen in einem funktionalen Stadium und werden innerhalb anschließender Entwicklungstätigkeiten verbessert und ergänzt. Ein weiterer Bestandteil nachfolgender Arbeiten besteht im Test der Remote-Verbindung über einen Remote-Server zu dem Labornetzwerk/-arbeitsplatz und ein gemeinsamer Funktionstest mit allen notwendigen Geräten. Parallel zu diesen Tätigkeiten wird das zum Versuch zugehörige E-Assessment entwickelt, welches die Studierenden mit Übungsaufgaben und leistungsgerechten Feedback auf die Versuche vorbereiten soll. Zukünftig soll die implementierte Struktur zum elaborierten Feedback allgemeingültig und somit wiederverwendbar für eine Gruppe von Aufgaben umgesetzt werden.

## **Danksagung**

*Die Arbeiten wurden im Rahmen des Projekts FAssMII realisiert, gefördert durch die Stiftung Innovation in der Hochschullehre.*

## **Literaturverzeichnis**

BPS GmbH (2022): Digitalisierung in der Aus- und Weiterbildung. Online verfügbar unter <https://www.bps-system.de/>, zuletzt aktualisiert am 01.12.2022, zuletzt geprüft am 02.12.2022.

dataTec (2022): Keysight EDU33211A Signalgeneratoren | kaufen & anfragen. Online verfügbar unter <https://www.datatec.eu/edu33211a>, zuletzt aktualisiert am 30.11.2022, zuletzt geprüft am 30.11.2022.

- Halbherr, Tobias Dr. (2021): Authentisches, kompetenzorientiertes und ressourcenvermitteltes Prüfen am Computer. Teil 1. Stiftung Innovation in der Hochschullehre, 09.09.2021. Online verfügbar unter <https://www.youtube.com/watch?v=kGIPmXHaaPs&t=873s>, zuletzt geprüft am 30.11.2022.
- Hund, S., Senft, F. Wolf, M., Gallin, P. und M. Rudolph (2018): Anforderungen an die Entwicklung eines verbrauchsarmen applikationsflexiblen Messkonzepts zur Realisierung einer temporären Zustandsüberwachung an Maschinen und Anlagen.- In: Riedel, R. (Hrsg.), Wissenschaftliche Schriftenreihe des Institutes für Betriebswissenschaften und Fabrikssysteme, Sonderheft 24, Tagungsband „Smarte Produktion und digitaler Vernetzung“, VPP2018 - Vernetzt planen und produzieren, S. 89 - 99, Institut für Print- und Medientechnik der TU Chemnitz, Chemnitz, ISSN 0947-2495
- Mozilla (2022): Home - Mozilla Dot Design. Online verfügbar unter <https://mozilla.design/firefox/#logos-usage>, zuletzt aktualisiert am 06.05.2022+00:00, zuletzt geprüft am 30.11.2022.
- OpenJS Foundation (2022): Node-RED Logo. Node-RED. Online verfügbar unter <https://nodered.org/about/resources/>, zuletzt aktualisiert am 19.11.2022, zuletzt geprüft am 30.11.2022.
- Rudolph, M. und S. Hund (2018): WeBL@b: Entwicklung eines virtuellen Laborversuchs.- In: Kawa-lek, J., Hering, K. und E. Schuster (Hrsg.), Wissenschaftliche Berichte der Hochschule Zittau/Görlitz, Heft 132 - 2018, Nr. 2728 - 2739, Tagungsband „16. Workshop on e-Learning (WeL'18)“, S. 116 - 119, Hochschule Zittau/Görlitz, ISBN 978-3-941521-27-8
- S. Narciss; K. Huth (2004): How to design informative tutoring feedback for multi-media learning. In: undefined. Online verfügbar unter <https://www.semanticscholar.org/paper/How-to-design-informative-tutoring-feedback-for-Narciss-Huth/94ae24ed79f0435300991df604096fc7eb36bdd0>.
- Shute, Valerie J. (2008): Focus on Formative Feedback. In: Review of Educational Research 78 (1), S. 153–189. DOI: 10.3102/0034654307313795.