



Effekt digitaler Lernmaterialien auf den studentischen Prüfungserfolg in der Ingenieurmathematik

JESSICA SCHÄFER, REIK V. DONNER, OLEG BORUCH IOFFE, GOZEL JUDAKOVA & RAHIM HAJJI

Zusammenfassung

Verschiedene Faktoren (z. B. Vorerfahrungen, Motivation, Prüfungsangst) können die Prüfungsleistung der Studierenden in ingenieurmathematischen Lehrveranstaltungen beeinflussen. Das gezielte Adressieren dieser Einflussfaktoren durch ein geeignetes didaktisches Lehrveranstaltungskonzept ist daher ein Schlüssel zur Optimierung des mathematischen Kompetenzerwerbs und des diesen abbildenden Prüfungserfolgs. Das Constructive Alignment-Konzept zielt darauf ab, den Lernprozess der Studierenden durch Abstimmung der Lernziele mit den Lehr-Lernaktivitäten und der Prüfung gezielt auszurichten. Während bislang nur vereinzelte Untersuchungen vorliegen, die sich spezifisch mit dem Constructive Alignment in Mathematik-Lehrveranstaltungen beschäftigen, steht im Mittelpunkt dieses Beitrags die Frage, wie durch die Gestaltung speziell digitaler Lehr-Lernaktivitäten die Prüfungsleistung der Studierenden verbessert werden kann. Hierzu wird der iterative Prozess des Design-Based Research-Ansatzes genutzt, der für die Fokussierung auf die Gestaltung von Lehr-Lernaktivitäten und deren Auswirkungen auf den Lernerfolg einen methodologischen Rahmen zur Beforschung der Lehr- und Lernsettings bildet.

Schlüsselwörter: Ingenieurmathematik; Constructive Alignment; Design-Based Research; digitale Lernaktivitäten; Prüfungsleistung

Digital learning materials and students' examination performance in engineering mathematics

Abstract

The examination performance of students in engineering mathematics courses can be influenced by various factors (e. g. previous experience, motivation, test anxiety). Addressing these influencing factors through a suitable didactic course concept is therefore a key to optimise the acquisition of mathematical competences and the related examination success. The constructive alignment concept aims to specifically align the learning process of students by coordinating the learning objectives with the learning activities and the examination. While there have only been a few studies that specifically deal with constructive alignment in mathematics courses, this paper focuses on how the examination performance of students can be improved through the design of specifically digital learning activities. For this purpose, the iterative process of the design-based research approach is used, which provides

a methodological framework for researching teaching and learning settings by focusing on the design of teaching-learning activities and their effects on learning success.

Keywords: engineering mathematics; constructive alignment; design-based research; digital learning activities; examination performance

1 Einleitung

Die Prüfungsleistung der Studierenden in ingenieurmathematischen Lehrveranstaltungen kann durch verschiedene Faktoren beeinflusst werden. Dazu zählen beispielsweise Vorerfahrungen mit Mathematik, hiermit einhergehende grundsätzliche Einstellungen zu Mathematik oder eine Mathematik-spezifische Prüfungsangst (Anthony & Walshaw, 2009; Ashcraft & Moore, 2009; Fung et al., 2018; Khasawneh et al., 2021; Porsch et al., 2014). Das Adressieren dieser Punkte durch ein geeignetes didaktisches Lehrveranstaltungskonzept bildet insofern einen Schlüssel zur Optimierung des mathematischen Kompetenzerwerbs und des diesen abbildenden Prüfungserfolgs.

Das Constructive Alignment-Konzept zielt darauf ab, den Lernprozess der Studierenden durch das Abstimmen der Lernziele mit den Lehr-Lernaktivitäten und der Prüfung gezielt auszurichten (Biggs, 2014). Digitale Lehr-Lernaktivitäten wie beispielsweise Lernvideos, Podcasts oder grafische Visualisierungen können explizit dazu beitragen, bestimmte Lernziele zu erreichen, indem durch sie individuelle Lernprozesse und der Wissenserwerb gefördert werden (Afrooz, 2022).

Im Mittelpunkt dieses Beitrags steht daher die folgende Frage: *Wie kann durch die Gestaltung digitaler Lehr-Lernaktivitäten die Prüfungsleistung der Studierenden, im konkreten Fall des Moduls Mathematik 2, verbessert werden?*

Zur Beantwortung der Fragestellung ist zunächst der theoretische Hintergrund zu digitalen Lernmaterialien und dem Constructive Alignment zu skizzieren. Anschließend werden der Design-Based Research (DBR)-Ansatz, selektiert aufgrund seiner zyklischen, iterativen und kollaborativen Charakteristik, und das damit verbundene Forschungsvorgehen erläutert. Anhand der einzelnen Design-Based Research-Phasen – (Re-)Design, Implementation und Analyse – von zwei durchlaufenen Iterationszyklen im Rahmen des an der Hochschule Magdeburg-Stendal angebotenen Moduls *Mathematik 2* (B. Eng. Bauingenieurwesen) wird daran anknüpfend analysiert, inwiefern sich die Gestaltung der digitalen Lehr-Lernaktivitäten auf die Prüfungsleistung der Studierenden ausgewirkt hat. Abschließend reflektieren die Autor:innen die gewonnenen Erkenntnisse und geben einen Ausblick.

2 Prüfungen, Constructive Alignment und digitale Lernmaterialien

Die Intention einer Prüfung besteht darin, das tatsächliche Leistungsniveau von Studierenden durch das Messen, Beurteilen und Bewerten der Prüfungsperformance zu erfassen. In der Prüfungsordnung eines Studiengangs sind die Art und Form der Prüfung zwar festgehalten, allerdings ist sie häufig unpräzise formuliert. Daher sollten Dozierende bereits vorab festlegen, welche kognitiven Lernziele in einer Prüfung adressiert und geprüft werden sollen, um die Leistung der Studierenden objektiv, zuverlässig und valide zu messen (Tsarouha, 2017).

Je besser die Gestaltung von Lehrveranstaltung¹ und Prüfung aufeinander abgestimmt ist, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass die Studierenden in der Prüfung gut performen, ein hohes Leistungsniveau und somit eine gute Note erreichen. Im Bereich der Mathematik ist der Inhalt einer Prüfung normalerweise bereits durch die Lehrveranstaltung und gegebenenfalls zugehörige Skripte oder vergleichbare Lernmaterialien vorstrukturiert (Tsarouha, 2017). Entsprechend kann es sinnvoll

1 Siehe zum Thema Gestaltungsprinzipien auch den Beitrag von Voß & Hajji in diesem Themenheft.

sein, eine Mathematik-Lehrveranstaltung nach dem Konzept des Constructive Alignment zu konzipieren, das sich aus Elementen des Konstruktivismus und des Instruktionsdesigns zusammensetzt (Altieri, 2022; Biggs, 1996). Es bezeichnet das systematische Ausrichten verschiedener Komponenten der Lehre, um spezifische Lernziele (Outcomes) zu erreichen. Lehrende definieren nach diesem Prinzip zunächst konkrete, kognitiv angemessene Lernziele, die die Studierenden beispielsweise am Ende einer Lehrveranstaltung erreicht haben sollen. Anschließend selektieren sie eine adäquate Lernumgebung, die die Studierenden dazu anregt, Lernaktivitäten zu beanspruchen, die auf die Outcomes ausgerichtet sind. Eine geeignete Prüfungsmethode wird ebenfalls unter Berücksichtigung der intendierten Lernziele ausgewählt. Durch sie wird ersichtlich, in welchem Maße die Studierenden durch das individuelle Konstruieren von Wissen die Outcomes erreicht haben (Biggs, 1996; Biggs, 2014).

Neben analogen können auch digitale Lernaktivitäten, beispielsweise in Form von Lernvideos, grafischen Visualisierungen oder Podcasts, dazu beitragen, Lernziele zu erreichen, indem der Wissenserwerb und individuelle Lernprozesse gefördert werden. Enthält eine Lehrveranstaltung sowohl analoge als auch digitale Lernsettings und Lernaktivitäten, so wird dies als Blended Learning (Graham & Halverson, 2023; Liu et al., 2023) bezeichnet. Weit verbreitet ist in diesem Kontext das Inverted Classroom-Modell (Bühner & Sommer, 2020; Zickwolf & Kauffeld, 2019), bei dem die Lernziele vorab von den Dozierenden klar definiert und für Lernende transparent dargelegt werden. Die üblicherweise in Präsenz vermittelten Wissensinhalte werden von den Studierenden durch digitale Angebote (z. B. Lernvideos) selbstständig erschlossen.² Diese sind anschließend in Präsenz, etwa im Rahmen einer Vorlesung, vertieft zu besprechen und können die Basis für das gemeinsame Bearbeiten von Anwendungsaufgaben sein oder zur Klausurvorbereitung dienen. Welche digitalen Tools konkret selektiert werden, hängt von den Lernzielen und Lernaktivitäten ab (Afrooz, 2022; Eckert et al., 2021; Graf, 2021; Hartwagner, 2021; Stegmann et al., 2016; Zickwolf & Kauffeld, 2019).

Ein großer Vorteil digitaler Lernmaterialien ist die permanente Verfügbarkeit, die Studierenden die Möglichkeit bietet, sich Lerninhalte, aufbauend auf ihrem eigenen Lernniveau, zeitlich und örtlich ungebounden, in ihrem eigenen Tempo anzueignen. Dabei können Lernende spezifische Inhalte gezielt wiederholen und überspringen und bei Bedarf während einer Lerneinheit Pausen einlegen, was beispielsweise bei einer Präsenzvorlesung nicht möglich ist. Durch digitale Übungstests kann jederzeit der individuelle Wissensstand und Lernfortschritt überprüft werden (Zickwolf & Kauffeld, 2019).

Um aufzuzeigen, wie durch die Gestaltung digitaler Lehr-Lernaktivitäten die Prüfungsleistung von Studierenden verbessert werden kann, wird im Folgenden zunächst der zur Beforschung des Moduls *Mathematik 2* selektierte Design-Based Research-Ansatz skizziert.

3 Der Design-Based Research-Ansatz

Bei der Beforschung mit dem Design-Based Research-Ansatz wird zunächst ein Problem aus der Bildungspraxis identifiziert. Zur Lösung dieses Problems werden zyklisch und iterativ – anhand der Phasen (Re-)Design, Implementation und Analyse – Interventionen konzipiert, analysiert, reflektiert und optimiert (Fraefel, 2014; Reinmann, 2005; Reinmann, 2017).

Da beim Entwickeln einer praxistauglichen Intervention, beispielsweise in Form von Lernaktivitäten und Lernmaterialien, durch die Lernprozesse gefördert werden, sowohl der theoretische und empirische Forschungsstand als auch die Praxis zu berücksichtigen sind, müssen Forscher:innen und Praktiker:innen flexibel die Perspektive von Wissenschaft und Bildungspraxis einnehmen (Fraefel, 2014; Reinmann, 2005; Reinmann, 2017). Im Rahmen dieses Artikels werden Forscher:innen als Begleitforscher:innen verstanden, die als geisteswissenschaftliches Fachpersonal die Begleitforschung für das Mathematik-Grundlagen-Modul übernehmen. Praktiker:innen implizieren Dozie-

2 Siehe zum Thema selbstständiges Lernen auch den Beitrag von Schäfer et al. in diesem Themenheft.

rende, die als Fachlehrende für das zu beforschende Modul verantwortlich sind. Die Besonderheit des DBR-Ansatzes liegt darin, dass die Forscher:innen und Praktiker:innen durch die enge Zusammenarbeit³ gemeinsam ein maßgeschneidertes Forschungsdesign entwickeln.

Die Selektion der empirischen Forschungsmethode resultiert aus dem zu analysierenden Gegenstand und der in diesem Kontext aufgeworfenen Fragestellung. Die Wirkungen einer Intervention können durch quantitative und/oder qualitative Methoden in jedem Iterationszyklus gemessen und erfasst werden. Dadurch wird ermöglicht, bestimmte Aspekte zeitnah zu optimieren und sich schrittweise der Lösung eines Problems anzunähern. Das Kursdesign sowie die theoretischen und empirischen Grundlagen werden im Forschungsprozess kontinuierlich geprüft und bei Bedarf angepasst (Anderson & Shattuck, 2012; Bakker & van Eerde, 2014; Fraefel, 2014; Reinmann, 2005; Reinmann, 2017).

4 Beforschung des Moduls *Mathematik 2* mit dem Design-Based Research-Ansatz

Als Grundlage für die in Kapitel 5 vorgenommene Analyse werden im Folgenden der Aufbau des Moduls *Mathematik 2*, das Forschungsdesign, die Implementation der Interventionen und das damit verbundene Re-Design skizziert.

4.1 Ausgangssituation

Der am Fachbereich Wasser, Bau, Umwelt und Sicherheit der Hochschule Magdeburg-Stendal angesiedelte Bachelorstudiengang Bauingenieurwesen beinhaltet das Modul *Mathematik 2*, in dem die Grundlagen der Analysis, Klassen reeller Funktionen einer Veränderlichen sowie deren Differenzial- und Integralrechnung behandelt werden. Durch einen Studienbeginn ausschließlich im Wintersemester und das parallele Angebot eines zusätzlichen Dualstudiengangs, in dem die Studierenden nur die Wintersemester an der Hochschule verbringen, wird dieses Modul in jedem Semester angeboten.

Das Modul umfasst jeweils zwei SWS Vorlesung und Übung und schließt mit einer zweistündigen Klausur als Prüfungsleistung ab. Zur Unterstützung der individuellen Vorbereitung auf die Prüfung und zur Herstellung maximaler Transparenz über Art und Umfang der Prüfungsfragen werden den Studierenden über das Lernmanagement-System Moodle bereits ab Beginn des jeweiligen Semesters Altklausuren und deren Musterlösungen zur Verfügung gestellt.

Während Vorlesungen und Übungen ursprünglich als reine Präsenzveranstaltung konzipiert waren, entstand im Rahmen des Emergency Remote Teachings (Erlam et al., 2021) aufgrund der COVID-19-Pandemie im Sommersemester 2020 umfangreiches Videomaterial zu den Vorlesungsinhalten. Eine nachhaltige Weiternutzung dieser digitalen Lernmaterialien wird seitdem durch eine Umstellung der Vorlesungen auf ein Inverted Classroom-Format ermöglicht. Hierbei erhalten die Studierenden via Moodle die Lehrvideos der laufenden Woche, um sich mit deren Hilfe eigenständig die jeweiligen aktuellen Lerninhalte zu erarbeiten. Im Rahmen der in Präsenz angebotenen Vorlesung haben die Studierenden anschließend die Möglichkeit, Fragen zu den Vorlesungsinhalten an die Dozierenden zu stellen und diese gegebenenfalls an konkreten Beispielen zu vertiefen.

Neben den Lehrvideos sowie einem Vorlesungsskript zur Unterstützung des Selbststudiums werden den Studierenden jede Woche PDF-Dateien mit Übungsaufgaben vorab via Moodle zur Verfügung gestellt und in der Übung mit den Übungsleitenden exemplarisch gelöst und besprochen. Im Anschluss an die Übung können die Studierenden die schriftlichen Musterlösungen dieser Aufgaben ebenfalls über Moodle abrufen. Zur vertieften Klärung individueller Fragen werden darüber hinaus ein optionales kursbezogenes studentisches Tutorium sowie eine ebenfalls durch studen-

3 Siehe zum Thema Kollaboration auch den Beitrag von Scorna et al. in diesem Themenheft.

tische Tutor:innen betreute wöchentliche Präsenz-Sprechstunde des hochschulweiten Mathematik-Lernzentrums angeboten.

Die Erfahrungen mit Online- bzw. Hybrid-Lernangeboten im Zuge der COVID-19-Pandemie haben gezeigt, dass sorgfältig auf die Lehrinhalte von Vorlesung und Übung abgestimmte digitale Selbstlernangebote für den Lernerfolg der Studierenden von großer Bedeutung sein können. Pandemiebegleitend wurden daher digitale Übungsaufgaben mit automatisiertem Feedback unter Nutzung des Moodle-Plugins WIRIS-Quizzes entwickelt (Donner et al., 2023a), die seit dem Sommersemester 2022 fester Bestandteil des Moduls sind. Wöchentlich wird den Studierenden eine Sammlung ausgewählter digitaler Trainingsaufgaben (*Übungstests*) zur Verfügung gestellt. Zudem haben diese die Möglichkeit, durch das Angebot von insgesamt vier freiwilligen, innerhalb der Vorlesungen beaufsichtigten e-Assessments (*Bonustests*) im Semesterverlauf bis zu zwölf Bonuspunkte für die abschließende Klausur zu erwerben.

Erste Aussagen zur Lernwirksamkeit dieser Angebote konnten bereits durch eine statistische Analyse individueller Nutzungshäufigkeiten innerhalb von Moodle in Verbindung mit den erzielten Prüfungsergebnissen gewonnen werden (Donner et al., 2023a). Qualitative Interviews mit einzelnen Studierenden nach Ende des Sommersemesters 2022 zeigten darüber hinaus, dass die digitalen Aufgaben neben den bereitgestellten Altklausuren als ein wesentliches Lernmedium zur Vorbereitung auf die abschließende Klausur genutzt wurden (Donner et al., 2023b). Vor dem Hintergrund dieser ersten vielversprechenden Befunde steht die Weiterentwicklung der entsprechenden digitalen Angebote in Verbindung mit einer systematischen Untersuchung ihrer Lernwirksamkeit und studentischen Akzeptanz im Zentrum des im Folgenden beschriebenen DBR-Projektes.

4.2 DBR-Forschungsdesign und Datenerhebung

Basierend auf aktuellen theoretischen und empirischen Erkenntnissen und den praktischen Vorerfahrungen der Dozierenden entwickelten die Begleitforscher:innen in der Designphase des ersten Iterationszyklus einen ersten Entwurf für eine Vorbefragung in Form eines quantitativen, standardisierten Fragebogens, der anschließend gemeinsam reflektiert, finalisiert und in der ersten Vorlesung des Moduls *Mathematik 2* von den Studierenden ausgefüllt wurde. Der Fragebogen bestand primär aus validierten Items in Form von Selbsteinschätzungen, die durch selbst entwickelte Fragen zu den einzelnen Lernzielen und -angeboten (ebenfalls Selbsteinschätzungen) ergänzt wurden. Er setzte sich aus den folgenden Kategorien zusammen: *persönliche Merkmale*, *Vorwissen*, *übergeordnete sowie themenspezifische Lernziele*, *mathematikrelevante Merkmale*, *Einstellung zum Lernen von Mathematik in der Vorlesung, Übung sowie zum digitalen Lernen*, *intrinsische und extrinsische Zielorientierung*, *Interesse am Kurs*, *allgemeine Prüfungsangst und Matheprüfungsangst*, *sprachliche Verständlichkeit* und *Anforderungen im Studiengang*.

Basierend auf dieser Vorbefragung wurde eine inhaltlich identische Abschlussbefragung in Form eines quantitativen Fragebogens von den Begleitforscher:innen konzipiert, mit den Dozierenden abgestimmt und während des letzten Vorlesungstermins durchgeführt. Zur Reflexion des Inverted Classroom-Modells und der Nutzung analoger und digitaler Lehr- und Lernmaterialien sowie Lehrangebote während des laufenden Semesters diente darüber hinaus eine Zwischenbefragung, die in der Mitte des Semesters innerhalb der Vorlesung durchgeführt wurde.

Die Begleitforscher:innen und Dozierenden entschieden sich dazu, ausschließlich quantitativ zu forschen, um evidenzbasiert die Wirkung der einzelnen Interventionen messbar zu machen. Das Durchführen einer Vor-, Zwischen- und Abschlussbefragung ermöglichte es, die Entwicklung der einzelnen Studierenden nachzuvollziehen und, unter Hinzuziehen der Moodle-Nutzungsdaten (Donner, 2023a) sowie der Klausurergebnisse, den Lernprozess und damit auch den Einfluss der digitalen Lernangebote auf die Prüfungsleistung festzustellen. Die vorliegenden Daten wurden hierzu von den Begleitforscher:innen mit geeigneten deskriptiven statistischen Analysen (z. B. Häufigkeits-, Regressions- und Korrelationsanalysen) ausgewertet und die Ergebnisse anschließend mit den Dozierenden reflektiert. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse flossen anschließend in das Re-Design des Moduls ein. Zudem wurden Änderungen an der Vorbefragung sowie im Semesterverlauf an der Zwi-

schen- und Abschlussbefragung des zweiten Iterationszyklus vorgenommen. Da in der vorliegenden Arbeit jedoch die Lernwirksamkeit und Akzeptanz der digitalen Angebote als Forschungsgegenstand im Vordergrund stehen, werden für die detaillierte Analyse (Kapitel 5) die Moodle-Nutzungsdaten in Kombination mit den Klausurergebnissen genutzt.

4.3 Didaktische Innovationen: Implementation und Re-Design

Da erst im Verlauf des Sommersemesters 2022 mit einer systematischen Datenerhebung begonnen wurde, um die Akzeptanz und Wirksamkeit der verschiedenen digitalen Lernmaterialien und Angebote vertieft zu beforschen, wird das Wintersemester 2022/23 als Ausgangssituation herangezogen und vergleichend dazu die Interventionen und Ergebnisse für das Sommersemester 2023 diskutiert. Für beide Zeiträume liegt hierzu erstmals eine vollständige und konsistente Datengrundlage vor.

Das Modul *Mathematik 2* durchlief im Sommersemester 2022 ein Re-Design, bei dem die Grundstruktur auf der Makro-Ebene (Lehrveranstaltungstypen und Modulinhalte) unter Berücksichtigung von Wechselbeziehungen mit anderen Modulen des Studiengangs, begründet durch eine Änderung der Studien- und Prüfungsordnung mit Einführung des neuen Moduls *Mathematik 3*, angepasst wurde. Alle seitdem vorgenommenen Änderungen bezogen sich somit ausschließlich auf die Meso-Ebene (Art und Umfang angebotener Selbstlernformen und -materialien) und Mikro-Ebene (individuelle Lernmaterialien). Identifikation, Implementation und Evaluation entsprechender Veränderungen im Rahmen des hier vorgestellten DBR-Projektes beziehen sich primär auf die Meso-Ebene, da Effekte von Anpassungen auf der Mikro-Ebene kaum individuell messbar sind.

Eine wesentliche Zielstellung der einzelnen inhaltlichen und didaktischen Verbesserungen auf der Mikro-Ebene bestand in der Optimierung der wechselseitigen Abstimmung von Lehrvideos, Übungs- und Prüfungsaufgaben im Sinne des Constructive Alignments. Um eine fortlaufende Weiterentwicklung zu ermöglichen, wurden die genannten Materialien nach Ablauf jeder Lehreinheit sowie summarisch am Ende jedes Semesters kritisch begutachtet und hinsichtlich beobachteter Schwierigkeiten der Studierenden im Semesterverlauf und bei der Klausur reflektiert. Im Ergebnis erfolgte ein fortlaufendes, empirisch motiviertes Re-Design der Lehrveranstaltungsorganisation und Lernmaterialien, das konkret das Weglassen oder Hinzufügen einzelner Vorlesungsvideos und/oder Übungsaufgaben sowie Veränderungen in der Reihenfolge der Inhalte/Materialien umfasste.

Auf der Meso-Ebene betreffen die konkreten Verbesserungen insbesondere die Übungs- und Bonustests. Die digitalen Mathematik-Aufgaben wurden zunächst zwei Semester lang, bis einschließlich Wintersemester 2022/23, unter Nutzung einer selbst entwickelten Aufgaben-Datenbank mittels des Moodle-Plugins WIRIS-Quizzes implementiert, das eine komfortable Eingabe der gesuchten Lösung über einen Formeleditor ermöglicht. Allerdings zeigten sich in der praktischen Erprobung entsprechender Aufgaben sehr schnell funktionale, praktische und didaktische Herausforderungen. So ist WIRIS oft sehr langsam, da die grafische Bedienoberfläche von Moodle als HTML verarbeitet wird. Zudem ist das Plugin lizenz- und kostenpflichtig und die Nutzergemeinschaft trotz Internationalisierung, insbesondere im deutschsprachigen Raum, eher überschaubar. Hinzu kommt, dass eine automatisierte Bewertung von Folgefehlern nicht möglich ist. Die Erstellung des Feedbacks nach einer Abgabe ist zudem nur asynchron möglich.

Da sich die oben beschriebenen Eigenschaften von WIRIS-Quizzes für den praktischen Einsatz und Lernerfolg der Studierenden nicht als optimal darstellten, wurde als wesentlichste Innovation im Rahmen des hier betrachteten Re-Designs ab dem Sommersemester 2023 von WIRIS zum Moodle-Plugin STACK (Sangwin, 2013) gewechselt. Bei diesem wird die Interpretation der Antworteingabe, die über ein Textfeld mit geeigneter Codierung mathematischer Ausdrücke erfolgt, direkt vom System angezeigt. Da es sich bei STACK um ein Open Source Plugin handelt, ist die Benutzergruppe sehr groß und international vernetzt. Dies erlaubt die Nutzung existierender deutschsprachiger Fragensammlungen (Judakova et al., 2023) sowie Austausch und Erprobung neu entwickelter Aufgaben innerhalb des existierenden Netzwerks, was den Umstieg von WIRIS auf STACK mit der damit verbundenen Entwicklung komplett neuer Aufgaben deutlich vereinfachte. Zudem bietet STACK die

Möglichkeit, Folgefehler durch Feedback-Bäume nachzuvollziehen und Teilpunkte zu vergeben. Mit der Funktion *equivalence reasoning* können zudem Äquivalenz-Umformungen überprüft werden.

Eine weitere Intervention im Sommersemester 2023 griff den in der Auswertung der quantitativen Befragungen des Wintersemesters 2022/23 sowie früheren Gesprächen mit Studierenden geäußerten Wunsch nach einer stärkeren Hinwendung zu studiengangsspezifischen praktischen Anwendungskontexten auf. Hierzu wurde erstmals eine punktuelle Integration von Elementen des Problembasierten Lernens (PBL) nach dem Acht-Schritte-Modell (Weber, 2007) im Rahmen der Vorlesungseinheiten erprobt. Ziel war es, die Studierenden durch die Diskussion praxisnaher Fragestellungen zum selbstständigen Erarbeiten von Lerninhalten zu motivieren, einen fachlichen Bezug für die behandelten mathematischen Konzepte und Techniken herzustellen und sie davon zu überzeugen, dass die höhere Mathematik im Bereich des Bauwesens eine wichtige Rolle spielt.

Da die spezifischen Problemstellungen über ein PDF-Handout hinaus mit keinen weiteren digitalen Lernmaterialien untersetzt wurden, sind die damit zusammenhängenden Aspekte kein expliziter Gegenstand der vorgestellten Untersuchungen. Jedoch sollte bei der Würdigung der erzielten Ergebnisse berücksichtigt werden, dass die Integration von Elementen des PBL einen zusätzlichen Faktor darstellt, der mit den weiteren Lehr-Lernmaterialien wechselwirken dürfte und damit bei der Erklärung von Unterschieden zwischen den beiden Iterationszyklen nicht außer Acht gelassen werden sollte.

Für die Interpretation der Ergebnisse in Bezug auf Lernwirksamkeit und Akzeptanz digitaler Übungs- und Testaufgaben ist darüber hinaus neben der grundsätzlichen Untersuchung unterschiedlicher Studierendengruppen zu berücksichtigen, dass die primär Dualstudierenden des Wintersemesters 2022/23 im Kurs erstmals mit digitalen Mathematik-Aufgaben (WIRIS-Quizzes) konfrontiert wurden, während die ausschließlich Regelstudierenden des Sommersemesters 2023 bereits im vorangegangenen Modul *Mathematik 1* des Wintersemesters 2022/23 digitale Übungs- und Bonustests mit STACK nutzten und insofern bereits über Vorerfahrungen mit diesen Lehr-Lernmaterialien verfügten.

5 Analyse

Im Wintersemester 2022/23 waren insgesamt 30 Studierende im Moodle-Kurs *Mathematik 2* eingeschrieben. 20 davon kamen aus dem Dualstudiengang Bauingenieurwesen, die verbleibenden zehn Personen waren Nach- oder Wiederholer:innen aus dem Regelstudiengang Bauingenieurwesen oder einem höheren Semester des Dualstudiengangs.⁴ Insgesamt meldeten sich 37 Studierende (davon 22 Studierende des aktuellen Matrikels des Dualstudiengangs und 15 Nach- oder Wiederholer:innen) zur abschließenden Prüfung an, von denen drei Studierende des aktuellen Matrikels und sieben weitere angemeldete Studierende am Ende nicht an der Prüfung teilnahmen. Drei der im Moodle-Kurs eingeschriebenen Studierenden (Nach- oder Wiederholer:innen) meldeten sich nicht zur Prüfung an.

Im Sommersemester 2023 waren insgesamt 75 Studierende im Moodle-Kurs *Mathematik 2* eingeschrieben. Die Studierendengruppe setzte sich aus 50 Regelstudierenden, einem Dualstudierenden sowie 24 Nach- oder Wiederholer:innen zusammen. Von diesen Personen nahmen 46 Studierende an der Prüfung teil, davon waren 34 Studierende des aktuellen Matrikels des Regelstudiengangs und zwölf Nach- oder Wiederholer:innen. Von den Klausurteilnehmer:innen waren dabei drei Personen nicht im aktuellen Moodle-Kurs eingeschrieben. Bei acht Klausurteilnehmer:innen entstand bei der Korrektur der Prüfungen ein Betrugsverdacht, sodass deren Ergebnisse nicht für die folgende Analyse berücksichtigt wurden.

Um hinsichtlich des studienspezifischen Hintergrunds (aktuelles Matrikel und damit erstmalige Teilnahme am Modul beziehungsweise Wahrnehmung der damit verbundenen digitalen Lehr-Lern-

4 Siehe zum Studiengang Bauingenieurwesen auch den Beitrag von Kröll et al. in diesem Themenheft.

materialien) sowie der Feststellung eines bewertbaren Prüfungsergebnisses eine jeweils homogene Studierendengruppe zu betrachten, beziehen sich die im Folgenden vorgestellten Analysen auf eine entsprechende Teilmenge von Studierenden, die 22 Personen (davon 19 mit Prüfungsteilnahme, 2 hiervon ohne Nutzung der digitalen Angebote in Moodle) im Wintersemester 2022/23 bzw. 50 Personen (davon 28 mit Prüfungsteilnahme, 6 hiervon ohne Moodle-Nutzung) im Sommersemester 2023 umfasste.

Die Analyse der Moodle-Logdaten hinsichtlich der Nutzung digitaler Lehr-Lernmaterialien (Tabelle 1) ergab, dass im Sommersemester 2023 im Vergleich zum Wintersemester 2022/23 in absoluten Zahlen mehr, prozentual jedoch weniger Studierende an den regelmäßigen digitalen Bonustests teilnahmen. Die dabei im Durchschnitt erreichte Punktzahl war im Sommersemester 2023 ebenfalls niedriger, wobei der Unterschied zwischen beiden Semestern angesichts starker Streuungen der Einzelwerte bei gegebener Größe der betrachteten Matrikel nicht als signifikant zu bewerten ist (Mann-Whitney U-Test). Auch bei den digitalen Übungstests wurde im Sommersemester 2023 in absoluten Zahlen eine höhere, prozentual jedoch eine geringere Teilnahmequote als im Wintersemester 2022/23 verzeichnet. Zudem waren sowohl die Beendigungsquote (die bei den Bonustests aufgrund der automatischen Abgabe begonnener Tests nach Ablauf der hierfür eingeräumten Zeitspanne immer bei 100 % liegt) als auch – im Gegensatz zu den Bonustests – die typische Erfolgswahrscheinlichkeit der Übungstests (gemessen durch die im Moodle-System automatisch ermittelte Punktzahl) im Sommersemester 2023 statistisch signifikant höher (Mann-Whitney U-Test mit $p < 0,05$) als im Wintersemester 2022/23. Bei der Analyse wurde pro angebotenem Test in Moodle nur zwischen Nutzung und Nichtnutzung entschieden; eine mögliche Mehrfachnutzung der gleichen digitalen Übungstests wurde nicht berücksichtigt. Darüber hinaus wurde in Tabelle 1 für jedes untersuchte Kriterium die Signifikanz des Vergleichs zwischen den beiden Semestern mittels eines Mann-Whitney U-Tests angegeben.

Tabelle 1: Nutzung und Ergebnisse der digitalen Übungs- und Bonustests

		Bonustests	Bonustests	Übungstests	Übungstests	Übungstests
	Signifikanz	$p < 0,05$	$p < 0,05$	n. s.	$p < 0,05$	$p < 0,05$
		Durchschnittliche Anzahl an Bonustests	Durchschnittliche Erfolgsquote	Durchschnittliche Anzahl an Übungstests	Beendigungsquote	Durchschnittliche Erfolgsquote
WiSe 22/23	Mittelwert in % Std.-Abweichung	2,20 1,6	67% 0,3	8,55 6,2	22% 0,3	12% 0,1
SoSe 23	Mittelwert in % Std.-Abweichung	3,13 1,3	51% 0,2	12,77 12,2	45% 0,3	24% 0,2
		Übungs- und Bonustests Gesamt	Übungs- und Bonustests Gesamt	Übungs- und Bonustests Gesamt		
	Signifikanz	n. s.	$p < 0,001$	$p < 0,05$		
		Durchschnittliche Anzahl an Übungs- und Bonustests	Beendigungsquote	Durchschnittliche Erfolgsquote		
WiSe 22/23	Mittelwert in % Std.-Abweichung	10,75 7,5	41% 0,2	25% 0,2		
SoSe 23	Mittelwert in % Std.-Abweichung	15,9 12,8	73% 0,2	35% 0,2		

Zwischen den Häufigkeiten des Aufrufs der verschiedenen Typen von genutzten digitalen Lehr-Lernmaterialien (Skripte, Videos, PDF-Übungsblätter, digitale Übungs- und Bonustests) einerseits und den Klausurergebnissen andererseits zeigten die Moodle-Nutzungsdaten (Tabelle 2) im Wintersemester 2022/23 bei ausschließlicher Betrachtung der an der Klausur teilnehmenden Dualstudierenden keinen linearen Zusammenhang mit dem um die Bonuspunkte bereinigten Klausurergebnis. Werden die Ergebnisse der Bonustests miteinbezogen, ergibt sich ein positiver, jedoch zumeist statistisch noch nicht signifikanter linearer Zusammenhang.

Im Sommersemester 2023 gab es hingegen für Übungs- und Bonustest-Teilnahmen sowie Videoaufrufe jeweils einen signifikanten positiven linearen Zusammenhang zwischen der Nutzung der digitalen Lehr-Lernmaterialien und einem erfolgreichen Abschneiden in der Klausur, sowohl mit als auch ohne Berücksichtigung der entsprechenden Bonuspunkte. Bei einer zusätzlichen Wertung der abschließenden Prüfungsleistung für die nicht an der Klausur teilnehmenden Studierenden mit null Punkten ist der entsprechende Zusammenhang auch im Wintersemester 2022/23 statistisch signifikant auf einem 5 %-Konfidenzniveau, wenn die Gesamtleistung der Prüfung inklusive Bonuspunkten betrachtet wird. Letzteres könnte allerdings ein Artefakt der besonderen Form der entsprechenden Punkteverteilung als Mischung zweier Komponenten mit unterschiedlichen statistischen Eigenschaften darstellen und sollte daher nicht überinterpretiert werden.

Tabelle 2: Korrelationen zwischen der Nutzung von digitalen Lehr-Lernmaterialien und den Klausurergebnissen

Wintersemester 2022/23		
Alle Kursteilnehmenden		
	<i>Nur Klausurpunkte</i>	<i>Klausur- und Bonuspunkte</i>
Dateidownloads	0,38 n. s.	0,52*
Videoaufrufe	0,31 n. s.	0,50*
Testeinreichungen	0,32 n. s.	0,47*
Nur Klausurteilnehmende		
	<i>Nur Klausurpunkte</i>	<i>Klausur- und Bonuspunkte</i>
Dateidownloads	0,2 n. s.	0,45*
Videoaufrufe	- 0,08 n. s.	0,25 n. s.
Testeinreichungen	- 0,04 n. s.	0,23 n. s.
Sommersemester 2023		
Alle Kursteilnehmenden		
	<i>Nur Klausurpunkte</i>	<i>Klausur- und Bonuspunkte</i>
Dateidownloads	0,36 n. s.	0,50**
Videoaufrufe	0,61**	0,54**
Testeinreichungen	0,65***	0,64***
Nur Klausurteilnehmende		
	<i>Nur Klausurpunkte</i>	<i>Klausur- und Bonuspunkte</i>
Dateidownloads	0,3 n. s.	0,32 n. s.
Videoaufrufe	0,59**	0,62**
Testeinreichungen	0,65***	0,67***
p < 0,001 = ***; p < 0,01 = **; p < 0,05 = *; p > 0,05 = n. s.		

6 Diskussion der Analyseergebnisse

Die unterschiedlichen Nutzungshäufigkeiten sowie Ergebnisse der digitalen Übungs- und Bonustests in beiden untersuchten Studierendengruppen resultieren wahrscheinlich aus einem Zusammenspiel verschiedener Faktoren. Ein wesentlicher Aspekt sind strukturelle Unterschiede zwischen den Gruppen der Dual- und Regelstudierenden: Dualstudierende haben bereits vor Studienbeginn einen Selektionsprozess durchlaufen, sodass bei ihnen von einer tendenziell besonders hohen beziehungsweise zumindest generell homogenen Studienmotivation, Leistungsbereitschaft sowie Leistungsfähigkeit ausgegangen werden kann. Zudem wird die intrinsische Lernmotivation der Dualstudierenden durch Anforderungen seitens des Praxispartners zusätzlich extrinsisch unterstützt, während durch die bestehende finanzielle Absicherung in der Studienphase – anders als bei vielen Regelstudierenden – keine Notwendigkeit einer parallelen Teilzeit-Berufstätigkeit zur Finanzierung des eigenen Lebensunterhaltes besteht, die vom Studium selbst ablenken und dessen Erfolg reduzieren könnte. Die Gruppe der Studierenden im Regelstudiengang weist demgegenüber erfahrungsgemäß hinsichtlich Alter, Schulabschluss sowie sozioökonomischer Kenngrößen tendenziell eine größere Heterogenität auf.

Die vorgenannten Unterschiede sind konsistent mit der Beobachtung einer prozentual höheren Inanspruchnahme digitaler Übungs- und Bonustests bei den Dualstudierenden im Wintersemester 2022/23 im Vergleich zu den Regelstudierenden des Sommersemesters 2023 und können auch als Erklärungsansatz für die höhere durchschnittliche Punktzahl bei den auf die Klausurleistung anzurechnenden Bonustests fungieren. Dass die Erfolgsquote bei den digitalen Übungstests (die im Gegensatz zu den Bonustests mehrfach absolviert werden können, wobei die hier untersuchte Erfolgsquote jeweils den am besten bewerteten Einzelversuch berücksichtigt) hingegen bei den Regelstudierenden des Sommersemesters 2023 höher lag als bei den Dualstudierenden des Wintersemesters 2022/23, könnte durch die insgesamt häufigere Teilnahme an den Übungstests (Tabelle 1) begründet sein. Letztere wird insbesondere durch deutlich verbesserte Feedback-Möglichkeiten in STACK im Vergleich zu WIRIS gefördert, die einen Lernerfolg durch das detailliertere Reflektieren eigener Fehler ermöglichen. Zudem sind viele der eingesetzten STACK-Aufgaben randomisiert und bieten daher bei mehrfachem Aufruf unterschiedliche Beispiele an, während die zuvor genutzten WIRIS-Aufgaben in der Regel statisch waren. Insofern bieten die verbesserten Übungs- und Feedback-Möglichkeiten von STACK im Vergleich zu WIRIS einen höheren Anreiz für die Studierenden, begonnene Übungstests auch zu beenden und gegebenenfalls zu wiederholen, um weitergehende Erkenntnisse über ihre Leistungsfähigkeit zu gewinnen und aus den Fehlern zu lernen.

Darüber hinaus könnten bereits bestehende Vorerfahrungen der Studierenden des Sommersemesters 2023 mit digitalen Mathematik-Aufgaben in STACK aus dem vorangegangenen Kurs *Mathematik 1*, eine intensivere Bewerbung der digitalen Aufgaben in den Lehrveranstaltungen oder der Austausch mit Studierenden, die bereits positive Erfahrungen mit digitalen Mathematik-Aufgaben gemacht haben, die Motivation zur intensiveren Nutzung der digitalen Übungsaufgaben gefördert haben.

Ein quantitativer Vergleich der im Rahmen der WIRIS- bzw. STACK-basierten Übungs- und Bonustests in beiden Semestern jeweils erzielten Ergebnisse ist mit Vorsicht zu betrachten, da neben verschiedenen Studierendengruppen sowie technischen Unterschieden in der Implementation von Aufgaben in beiden Systemen die in den beiden betrachteten Semestern konkret verwendeten Aufgaben zwar die gleichen Themengebiete abdeckten, jedoch in den meisten Fällen inhaltlich nicht identisch waren. Auch wenn bei der Zusammenstellung der Aufgaben auf möglichst große Ähnlichkeiten in Aufgabenstellung und Schwierigkeitsgrad Wert gelegt wurde, ist eine absolute Vergleichbarkeit diesbezüglich nicht gegeben, was gegebenenfalls systematische, allerdings nur schwer messbare Verzerrungen bei den resultierten Punktzahlen zwischen den beiden betrachteten Studierendengruppen bewirkt haben könnte.

Neben den bereits diskutierten unterschiedlichen strukturellen Eigenschaften der beiden hier verglichenen Studierendengruppen, die aufgrund einer vermuteten tendenziell höheren und homo-

generen Leistungsbereitschaft und Leistungsfähigkeit unter den Dualstudierenden einen geringeren Effekt der digitalen Übungs- und Testaufgaben für den abschließenden Prüfungserfolg nahelegen könnten, lässt sich auch die deutlich geringere Stichprobengröße unter den Dualstudierenden des Wintersemesters 2022/23 als möglicher statistischer Grund für die geringere Stärke des beobachteten Zusammenhangs zwischen der Nutzungsfrequenz der verschiedenen digitalen Materialien und dem Prüfungserfolg unter den Prüfungsteilnehmenden in diesem Semester benennen.

Darüber hinaus wurde im Rahmen der sukzessiven Abstimmung der verschiedenen Lehr-Lernmaterialien im Zuge des wiederholten Angebotes des untersuchten Moduls das Constructive Alignment zwischen Lehr- und Prüfungsinhalten im Sommersemester 2023 durch gezielte Auswahl von Übungsaufgaben (beispielsweise auch transparent aus früheren Klausuren heraus) verbessert, was die Stärke des zusätzlichen Übungseffekts der digitalen Übungs- und Bonustests auf die abschließende Prüfungsleistung tendenziell erhöht haben könnte. Die durch den Umstieg von WIRIS auf STACK erschlossenen weitergehenden Potenziale digitaler Angebote in Verbindung mit einer verbesserten inhaltlichen und zeitlichen Einbettung wöchentlicher digitaler Übungsaufgaben in den Kurs erscheinen insofern als wesentlich für die gegenüber dem Wintersemester 2022/23 höhere Wirksamkeit der Angebote im Hinblick auf die Prüfungsleistung, die sich bezüglich der Korrelationen mit dem Prüfungsergebnis (Tabelle 2) insbesondere bei den digitalen Übungs- und Bonustests am deutlichsten niederschlägt.

Allgemein zeigen die statistischen Analysen konsistent, dass die Nutzungshäufigkeit der (digitalen) Angebote durch die Studierenden einen positiven Zusammenhang mit dem Klausurergebnis aufweist. Inwieweit dieser Zusammenhang eine kausale Ursache-Wirkungsbeziehung darstellt oder durch eine Korrelation zwischen Leistungsbereitschaft und -fähigkeit der einzelnen Studierenden und ihrer Motivation zur Inanspruchnahme zusätzlicher Angebote über die reine Lehrveranstaltungsteilnahme hinaus erklärbar ist, kann angesichts der verwendeten Untersuchungsmethodik sowie der betrachteten Gruppengrößen im Rahmen der vorliegenden Studie nicht geklärt werden und ist daher in künftigen Untersuchungen noch vertieft zu betrachten.

7 Fazit

Die im Rahmen des Moduls *Mathematik 2* im Wintersemester 2022/23 und Sommersemester 2023 durchgeführte Analyse zeigte den positiven Effekt einer intensiveren Nutzung digitaler Lehr-Lernmaterialien, in diesem Fall explizit in Form digitaler Übungs- und Bonustests, auf die Wahrscheinlichkeit, erfolgreich in der Klausur abzuschneiden. Im Sommersemester 2023 war dieser Einfluss besonders signifikant. Inwieweit hierfür primär der Umstieg von WIRIS auf STACK verantwortlich ist, kann angesichts der Unterschiede zwischen den beiden untersuchten Studiengruppen und auch in der konkreten didaktischen Einbettung und praktischen Umsetzung derzeit nicht eindeutig bestätigt werden. Hierzu bedarf es in den folgenden Design-Based Research-Zyklen einer vertieften Datenanalyse im Bereich der Learning Analytics auf Basis detaillierterer Logdaten aus Moodle in Verbindung mit den in den durchgeführten Befragungen erhobenen Daten zum mathematischen Selbstkonzept der Studierenden, um die verantwortlichen Variablen noch genauer zu identifizieren und die diesbezüglichen Effekte zu quantifizieren.

Danksagung

Die Autor:innen bedanken sich bei der Stiftung Innovation in der Hochschullehre für die finanzielle Unterstützung im Rahmen des Projektes h2d2 unter der Förderlinie Hochschullehre durch Digitalisierung stärken.

Literatur

- Afrooz, M. (2022). *Leistungseffekte beim verschachtelten und geblockten Lernen mittels Lernvideos auf Tablets*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-36482-3>
- Altieri, M. (2022). Tiefes Lernen & Intelligentes Üben – ein digital gestütztes Lehr-/Lernkonzept für evidenzbasierte kompetenzorientierte Lehre in der Ingenieurmathematik. In J. Cai, H. Lackner & Q. Wang (Hrsg.), *Jahrbuch Angewandte Hochschulbildung 2020* (S. 191–212). Springer VS. https://doi.org/10.1007/978-3-658-36004-7_11
- Anderson, T. & Shattuck, J. (2012). Design-Based Research: A Decade of Progress in Education Research? *Educational Researcher*, 41(1), 16–25. <https://doi.org/10.3102/0013189X11428813>
- Anthony, G. & Walshaw, M. (2009). Effective pedagogy in mathematics. *Educational Practices Series*, 19, 1–30.
- Ashcraft, M. H. & Moore, A. M. (2009). Mathematics Anxiety and the Affective Drop in Performance. *Journal of Psychoeducational Assessment*, 27(3), 197–205. <https://doi.org/10.1177/0734282908330580>
- Bakker, A. & van Eerde, D. (2014). An Introduction to Design-Based Research with an Example from Statistics Education. In A. Bikner-Ahsbals, C. Knipping & N. Presmeg (Hrsg.), *Approaches to Qualitative Research in Mathematics Education* (S. 429–466). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-017-9181-6_16
- Biggs, J. (1996). Enhancing teaching through constructive alignment. *Higher Education*, 32, 347–364. <https://doi.org/10.1007/BF00138871>
- Biggs, J. (2014). Constructive alignment in university teaching. *HERDSA Review of Higher Education*, 1, 5–22.
- Bühner, B. & Sommer, J. (2020). Der Inverted Classroom – eine Königsdisziplin der digitalen Hochschullehre? In M. Friedrichsen & W. Wersig (Hrsg.), *Digitale Kompetenz. Herausforderungen für Wissenschaft, Wirtschaft, Gesellschaft und Politik* (S. 129–134). Springer Gabler. https://doi.org/10.1007/978-3-658-22109-6_13
- Donner, R. V., Judakova, G., Ioffe, O. B., Brandt, K. & König, L. (2023a). Das digitale Mathematik-Lernzentrum der Hochschule Magdeburg-Stendal und seine Integration in die Grundlagen-Lehrveranstaltungen Mathematik. In E. Liebscher, R. Hübl, J. Merker & B. Wacker (Hrsg.), *Digitale Lehre im Rahmen der Grundlagenausbildung in MINT-Fächern an Hochschulen* (S. 44–64). Hochschulverlag Merseburg. <https://doi.org/10.25673/103431>
- Donner, R. V., Judakova, G., Ioffe, O. B. & König, L. (2023b). Integration digitaler Mathematik-Aufgaben in die ingenieurwissenschaftliche Grundlagenausbildung. In H. Dölling, C. Schäfle, S. Kürsten, M. Hunger, J. Hirtt & P. Riegler (Hrsg.), *Tagungsband zum 5. Symposium zur Hochschullehre in den MINT-Fächern* (S. 214–221). München.
- Eckert, P., Graulich, N. & Lengnink, K. (2021). Blended Learning und E-Learning in Schule und Hochschule. In D. Graf, N. Graulich, K. Lengnink, H. Martinez & C. Schreiber (Hrsg.), *Digitale Bildung für Lehramtsstudierende* (S. 37–39). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-658-32344-8_5
- 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. <https://doi.org/10.3389/educ.2021.639842>
- Fraefel, U. (2014). Berufspraktische Professionalisierung durch Partnerschaften mit Schulen: Entwicklung, Implementierung und Erforschung eines innovativen Ansatzes kooperativen Lernens in der Schul- und Unterrichtspraxis. In A. Bertschi-Kaufmann & J. Weisser (Hrsg.), *Lernen in der Schule: Modelle, Praxis, Lernergebnisse* (S. 10–13). PH FHNW.
- Fung, F., Tan, C. Y. & Chen, G. (2018). Student engagement and mathematics achievement: Unraveling main and interactive effects. *Psychology in the Schools*, 55(7), 815–831. <https://doi.org/10.1002/pits.22139>
- Graf, D. (2021). Fachspezifisches Lernen mit Tools. In D. Graf, N. Graulich, K. Lengnink, H. Martinez & C. Schreiber (Hrsg.), *Digitale Bildung für Lehramtsstudierende* (S. 157–160). Springer.
- Graham, C. R. & Halverson, L. R. (2023). Blended Learning Research and Practice. In O. Zawacki-Richter & I. Jung (Hrsg.), *Handbook of Open, Distance and Digital Education* (S. 1159–1178). Springer.
- Hartwagner, F. (2021). Effektivität von digitalem Lernen, Gelingensbedingungen und Trends. In U. Blum, J. Gabathuler & S. Bajus (Hrsg.), *Weiterbildungsmanagement in der Praxis: Psychologie des Lernens* (S. 83–110). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-62631-3_5
- Judakova, G., Ioffe, O. B., König, L. & Donner, R. V. (2023). A Digital Mathematics Learning Support Centre Based on a Curated German-Language Collection of Mathematical STACK Problems. Contributions to the International Meeting of the STACK Community 2023. <https://doi.org/10.5281/zenodo.8032271>
- Khasawneh, E., Gosling, C. & Williams, B. (2021). What impact does maths anxiety have on university students? *BMC Psychology*, 9(37), 1–9. <https://doi.org/10.1186/s40359-021-00537-2>

- Kröll, K., Singh, A. & Goldack, A. (2025/in diesem Themenheft). Interventionen und Maßnahmen zur Integration weiblicher Perspektiven ins Bauingenieur:innenstudium. *die hochschullehre*, 11/2025. <https://doi.org/10.3278/HSL2451W>
- Liu, M., Zhao, G., Zhong, Z., Ma, J. & Wang, W. (2023). Theoretical Foundations for Blended Learning. In M. Li, X. Han & J. Cheng (Hrsg.), *Handbook of Educational Reform Through Blended Learning* (S. 1–44). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-981-99-6269-3>
- Porsch, R., Strietholt, R., Macharski, T. & Bromme, R. (2014). Mathematikangst im Kontext – Ein Inventar zur situationsbezogenen Messung von Mathematikangst bei angehenden Lehrkräften. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 36(1), 1–22. <https://doi.org/10.1007/s13138-014-0067-4>
- Reinmann, G. (2005). Innovation ohne Forschung? Ein Plädoyer für den Design-Based Research-Ansatz in der Lehr-Lernforschung. *Unterrichtswissenschaft*, 33(1), 52–69. <https://doi.org/10.25656/01:5787>
- Reinmann, G. (2017). Design-based Research. In D. Schemme & H. Novak (Hrsg.), *Gestaltungsorientierte Forschung – Basis für soziale Innovationen* (S. 49–61). Bertelsmann.
- Sangwin, C. (2013). *Computer Aided Assessment of Mathematics*. Oxford University Press.
- Schäfer, J., Hermann, J., Suhr, N., Schumacher, D. & Zander, S. (2025/in diesem Themenheft). Beforschung der Maker Education in den Studiengängen Rehabilitationspsychologie und Industriedesign. *die hochschullehre*, 11/2025. <https://doi.org/10.3278/HSL2445W>
- Scorna, U., Domine, I., Schäfer, J., Voß, G. & Hajji, H. (2025/in diesem Themenheft). Multidisziplinarität, Interdisziplinarität und Transdisziplinarität. *die hochschullehre*, 11/2025. <https://doi.org/10.3278/HSL2455W>
- Stegmann, K., Wecker, C., Mandl, H. & Fischer, F. (2016). Lehren und Lernen mit digitalen Medien. In R. Tippelt & B. Schmidt-Hertha (Hrsg.), *Handbuch Bildungsforschung* (S. 1–22). Springer VS. https://doi.org/10.1007/978-3-531-20002-6_42-1
- Tsarouha, E. (2017). Typologie der Einflussgrößen auf die Notengebung. In V. Müller-Benedict & G. Grözing, (Hrsg.), *Noten an Deutschlands Hochschulen* (S. 117–169). Springer Fachmedien. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-15801-9>
- Voß, G. & Hajji, R. (2025/in diesem Themenheft). Developing design principles for digital learning platforms for qualitative social research. *die hochschullehre*, 11/2025. <https://doi.org/10.3278/HSL2452W>
- Weber, A. (2007). *Problem-Based Learning: Ein Handbuch für die Ausbildung auf der Sekundarstufe II und der Tertiärstufe*. hep verlag.
- Zickwolf, K. & Kauffeld, S. (2019). Inverted Classroom. In S. Kauffeld & J. Othmer (Hrsg.), *Handbuch Innovative Lehre* (S. 45–51). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-22797-5>

Autor:innen

M.A., Jessica Schäfer. Hochschule Magdeburg-Stendal, Soziale Arbeit, Gesundheit und Medien, Magdeburg, Deutschland; E-Mail: jessica.schaefer@h2.de

Prof. Dr. rer. nat. Reik V. Donner. Hochschule Magdeburg-Stendal, Wasser, Umwelt, Bau und Sicherheit, Magdeburg, Deutschland; Orchid-ID: 0000-0001-7023-6375; E-Mail: reik.donner@h2.de

Dipl.-Math. Oleg Boruch Ioffe. Hochschule Magdeburg-Stendal, Wasser, Umwelt, Bau und Sicherheit, Magdeburg, Deutschland; E-Mail: oleg-boruch.ioffe@h2.de

Dr. rer. nat. Gozel Judakova. Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Fakultät für Mathematik, Deutschland; E-Mail: gozel.judakova@ovgu.de

Prof. Dr. Rahim Hajji. Hochschule Magdeburg-Stendal, Soziale Arbeit, Gesundheit und Medien, Magdeburg, Deutschland; Orchid-ID: 0000-0003-4553-261X; E-Mail: rahim.hajji@h2.de



Zitiervorschlag: Schäfer, J., Donner, R. V., Ioffe, O. B., Judakova, G. & Hajji, R. (2025). Effekt digitaler Lernmaterialien auf den studentischen Prüfungserfolg in der Ingenieurmathematik. *die hochschullehre*, Jahrgang 11/2025. DOI: 10.3278/HSL2449W. Online unter: wbv.de/die-hochschullehre

Dieser Beitrag ist Teil des DB(I)R-Themenheftes, das gefördert wurde durch:



**Stiftung
Innovation in der
Hochschullehre**



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



SACHSEN-ANHALT
Ministerium für
Wissenschaft, Energie,
Klimaschutz und Umwelt



**Finanziert von der
Europäischen Union**
NextGenerationEU



die hochschullehre

Interdisziplinäre Zeitschrift für Studium und Lehre

Die Open-Access-Zeitschrift **die hochschullehre** ist ein wissenschaftliches Forum für Lehren und Lernen an Hochschulen.

Zielgruppe sind Forscherinnen und Forscher sowie Praktikerinnen und Praktiker in Hochschuldidaktik, Hochschulentwicklung und in angrenzenden Feldern, wie auch Lehrende, die an Forschung zu ihrer eigenen Lehre interessiert sind.

Themenschwerpunkte

- Lehr- und Lernumwelt für die Lernprozesse Studierender
- Lehren und Lernen
- Studienstrukturen
- Hochschulentwicklung und Hochschuldidaktik
- Verhältnis von Hochschullehre und ihrer gesellschaftlichen Funktion
- Fragen der Hochschule als Institution
- Fachkulturen
- Mediendidaktische Themen

wbv.de/die-hochschullehre



Alle Beiträge von **die hochschullehre** erscheinen im Open Access!