



Hochschulforum
Digitalisierung

ARBEITSPAPIER NR. 88 / SEPTEMBER 2025

Kreide trifft Cloud

**Digitales Lehren und Lernen in der
Hochschulmathematik**

Autor:innen:

Mike Altieri, Stella Berendes, Julia Berginski, Christine Bescherer, Tobias Goldbach, Alexander Pach, Guido Pinkernell, Peter Riegler, Angela Schmitz, Kristina Schneider, Alexander Silbersdorff, Friederike Schulze, Estefanía Cepeda Velasquez, Benedikt Weygandt

Arbeitspapier Nr. 88 / September 2025

Kreide trifft Cloud

Digitales Lehren und Lernen in der Hochschulmathematik

Autor:innen:

Mike Altieri
Stella Berendes
Julia Berginski
Christine Bescherer
Tobias Goldbach
Alexander Pach
Guido Pinkernell
Peter Riegler
Angela Schmitz
Kristina Schneider
Alexander Silbersdorff
Friederike Schulze
Estefanía Cepeda Velasquez
Benedikt Weygandt

Das Hochschulforum Digitalisierung

Als bundesweiter Think-&-Do-Tank führt das [Hochschulforum Digitalisierung \(HFD\)](#) eine breite Community rund um die Digitalisierung in Studium und Lehre zusammen. Entwicklungen werden sichtbar und innovative Lösungsansätze erprobt. Dazu werden Akteure und Akteurinnen aus Hochschulen, Politik, Wirtschaft und Gesellschaft vernetzt, begleitet und beraten. Das 2014 gegründete HFD ist eine gemeinsame Initiative des [Stifterverbandes \(SV\)](#), des [Centrums für Hochschulentwicklung \(CHE\)](#) und der [Hochschulrektorenkonferenz \(HRK\)](#). Gefördert wird es vom [Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt \(BMFTR\)](#).

Diese Handreichung wurde im Rahmen der HFD-Initiative „Digitalisierung der Fachbereiche“ (DiF) von der Arbeitsgruppe DiF-Mathematik erarbeitet, die sich mit dem Wirkungsfeld von digitaler Transformation in der konkreten Fachdisziplin Mathematik auseinandersetzt. Mit dem Format möchte das HFD fachspezifische Digitalisierungsexpertise innerhalb des Hochschulforums bündeln und ein niedrigschwelliges Angebot für Vertreterinnen und Vertreter von Fächern schaffen, die im Digitalisierungskontext seltener adressiert werden und gerade deshalb Reflexionsräume und Einstiegsunterstützung suchen.

Inhaltsverzeichnis

Das Hochschulforum Digitalisierung 4

1	Präambel.....	6
2	Herausforderungen beim Lehren und Lernen von Mathematik	9
2.1	Ein Gesamtüberblick	9
2.2	Vermutete Ursachen für wahrgenommene Herausforderungen	11
2.3	Ein Blick auf Digitalisierung und KI	14
2.4	Qualität der Lehre	15
3	How-to-Mathematik: Impulse für erfolgreiches Lehren und Lernen	16
3.1	Transfer mathematikdidaktischer Konzepte auf die Hochschulmathematik	17
3.2	Digitale Aufgaben zur Realisierung von individuellem Feedback, adaptivem Üben und Repräsentationswechseln	19
3.3	Formatives Assessment als zeitloses Gestaltungselement digital gestützter Mathematiklehre	20
3.4	Motivationsfördernde Gestaltung des Lehrens und Lernens von Mathematik	21
3.5	Heterogenitätssensitive digitale Lehre und Tools	23
3.6	Interne und externe Vernetzung als eine Gelingensbedingung für die Realisierung innovativer und digital gestützter Lehre	26
3.7	Frühwarnsysteme zur Vorbeugung von Schwund und Studienabbruch.....	28
4	Abschlussbetrachtungen: Wie viel Kreide, wie viel Cloud?	30
4.1	Impulse aktiv anwenden: Handlungsempfehlungen an die digitale Gegenwart	30
4.2	Jenseits von Kreide und Cloud: Grenzen und Rahmenbedingungen	36
5	Literatur	37
6	Abbildungsverzeichnis	44
7	Anhang	45
	Impressum	46

1 Präambel

Mathematisches Fachwissen ist gefragter denn je. Faktoren wie Digitalisierung, Demografie und Innovationen im Bereich klimafreundlicher Technologien lassen den Bedarf an WiMINT-Akademiker:innen rasant und kontinuierlich steigen (MINT-Herbstreport, 2023). Entgegen dieses Bedarfs verzeichnen WiMINT¹-Studiengänge schon seit geraumer Zeit rückläufige Studierendenzahlen; die Abbruch- und Wechselquote liegt im Jahr 2024 mit rund 50% weiterhin auf einem hohen Niveau (MINT-Nachwuchsbarometer, 2024). Besonders die Hochschulmathematik steht dabei im Zentrum der Herausforderungen, nicht nur als Studienfach, sondern auch als zentrales Grundlagenfach für andere Disziplinen.

Lehrende sehen sich mit der Aufgabe konfrontiert, die hohe Stoffdichte, heterogene Vorkenntnisse sowie unterschiedliche Lernvoraussetzungen der Studierenden in einem kohärenten didaktischen Konzept zu vereinen. Gleichzeitig soll die Zugänglichkeit der Lehre sichergestellt und das Lehrkonzept vollumfänglich in die digitale Transformation eingebettet sein. Besonders im Bereich Mathematik ist die Vermittlung von fachbezogenen Inhalten und grundlegenden mathematischen Kompetenzen schon in der schulischen Bildung mit erheblicher Komplexität verbunden. Ein Teil der Grundproblematik ist also nicht primär digitaler Natur, sondern wurzelt in fachlichen, fachkulturellen und didaktischen Besonderheiten des Fachs. Hier bedarf es daher ebenfalls einer Auseinandersetzung mit der Schulmathematik als Grundlage für die Hochschulmathematik.

Vor diesem Hintergrund stellen sich die zentralen Fragen: Welche Hürden genau gilt es beim Lehren und Lernen von Hochschulmathematik zu überwinden? Mit welchen Strategien können wir ihnen begegnen und welche Rolle kann der digitalen Transformation dabei zuteilwerden?

Anders als in anderen Fachbereichen wurde die Qualität der aktuellen Lehre sowie deren Weiterentwicklung im Fach Mathematik an Hochschulen bislang nur unzureichend systematisch dokumentiert. Experten und Expertinnen des Fachbereichs Mathematik stellen sich daher dieser Aufgabe mit dem Ziel, die Relevanz einer qualitativ hochwertigen WiMINT-Lehre hervorzuheben und anhand fundierter Anwendungsbeispiele Wege in einen Praxistransfer aufzuzeigen. Ein besonderes Augenmerk liegt dabei auf den Potenzialen digitaler Werkzeuge.

Dafür werden in Kapitel 2 zunächst die Herausforderungen identifiziert und deren vermutete Ursachen ergründet. Beide werden dabei in den Kontext der digitalen Transformation und der Bedeutsamkeit hochwertiger Lehre gesetzt. Aufbauend auf dieser Analyse setzt die AG in Kapitel 3 zielgerichtete Impulse für einen wirkungsvollen Einsatz digitaler Werkzeuge, Initiativen und Methoden für die Hochschulmathematik. Dabei werden exemplarisch bewährte Lösungsansätze aufgezeigt. Abschließend extrahiert und strukturiert die AG in Kapitel 4 die ermittelten Kernherausforderungen sowie die herausgearbeiteten Ergebnisse, aus denen sie akteursübergreifende Handlungsempfehlungen ableitet.

1 WiMINT umfasst die Bereiche Wirtschaft, Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik.

Die DiF-AG Mathematik adressiert dabei in erster Linie, aber nicht ausschließlich, Lehrende und Didaktikzentren sowie Hochschulleitungen als maßgeblich mitgestaltende Akteure und Multiplikatoren des Transformationsprozesses in der Mathematiklehre. Studierende sind gleichermaßen zur Lektüre eingeladen.

Mit dieser Publikation möchte die AG einen Beitrag zur Stärkung und Weiterentwicklung einer digital gestützten Hochschulmathematik leisten. Denn eine qualitativ hochwertige Mathematiklehre darf nicht länger als Randthema betrachtet werden, sondern erfordert einen reflektierten Umgang mit den Potentialen und Grenzen der Digitalisierung.

Mitglieder der Arbeitsgruppe DiF-Mathematik waren

Prof. Dr. Mike Altieri (Professor für Mediendidaktik und Leiter des Instituts für die Entwicklung und Erforschung von Studium und Lehre an der OTH Amberg-Weiden, Gesamtprojektleiter des Deutschen Zentrums für digitale Aufgaben in der Hochschullehre)

Julia Berginski (Doktorandin in der Arbeitsgruppe Learning Analytics und Data Literacy an der Georg-August-Universität Göttingen)

Prof. Dr. Christine Bescherer (Professorin für Mathematik und Mathematikdidaktik an der Pädagogischen Hochschule Ludwigsburg)

Tobias Goldbach (Studierender der Angewandten Mathematik B.Sc. der Technischen Hochschule Würzburg-Schweinfurt)

Alexander Pach (Mathematik-Studierender an der Technischen Universität München und Beauftragter für den Bayerischen Studierendenrat (BayStuRa))

Prof. Dr. Guido Pinkernell (Professor für Mathematik und ihre Didaktik an der Pädagogischen Hochschule Heidelberg)

Prof. Dr. Peter Riegler (AG-Vorsitz und Wissenschaftlicher Gesamtleiter des Bayerischen Zentrums für Innovative Lehre und Professor an der Fakultät Informatik der Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften)

Prof. Dr. Angela Schmitz (Stellvertretende Institutsdirektorin und Professorin für Mathematik und Mathematikdidaktik an der Technischen Hochschule Köln)

Dr. Kristina Schneider (Mitarbeiterin Studium und Lehre zu digitaler Barrierefreiheit, Georg-August-Universität Göttingen)

Dr. Alexander Silbersdorff (Leiter der Arbeitsgruppe Learning Analytics und Data Literacy an der Georg-August-Universität Göttingen)

Friederike Schulze (Studierende der Mathematik B.Sc. der RWTH Aachen und Projektleiterin für Studienqualität im AStA der FH Aachen)

Dr. Benedikt Weygandt (Hochschulmathematikdidaktiker an der Freien Universität Berlin)

Besonderen Dank richten das HFD und die Arbeitsgruppe an **Prof. Dr. Silke Ladel** (Professorin für Mathematik und ihre Didaktik an der Pädagogischen Hochschule Schwäbisch Gmünd, Direktorin des Instituts für Mathematik und Informatik, Leiterin des [Math Activity Center](#) und des MINT Education Lab) für die Mitwirkung in der AG während der Konstituierungsphase und an **Kathrin Müller** (Referentin des Präsidiums der OTH Amberg-Weiden) für die redaktionelle Unterstützung beim Thema Schnittstellenworkshops.

2 Herausforderungen beim Lehren und Lernen von Mathematik

2.1 Ein Gesamtüberblick

Schon die Natur der Mathematik bringt Herausforderungen mit sich, denn Mathematik und Disziplinen, die Mathematik stark nutzen, erfordern einen konsekutiven Zugang. Viele Inhalte sind innermathematisch nicht voraussetzungsfrei und bauen auf zuvor erworbenen Fähigkeiten, insbesondere in der Schulmathematik, auf. So können beispielsweise Schwierigkeiten mit Brüchen den Zugang zu einem großen Teil der Mathematik erschweren. Das Spektrum der Fähigkeiten geht dabei weit über die oft mit Mathematik gleichgesetzte Rechenfertigkeit hinaus. Dies wird von der Forschung zunehmend besser verstanden und benannt: Als Schlagworte zu nennen sind Konzeptverständnis, Modellieren, Problemlösen, Argumentieren, Repräsentieren, Mathematik als soziale Kommunikation etc. Zudem werden derart mathematische Fähig- bzw. Tätigkeiten schon seit langem im Mathematikunterricht fokussiert und sind seit Beginn des Jahrhunderts auch in Form prozessorientierter Kompetenzen sichtbar geworden.

Auch wenn die Mathematik als Disziplin hochgradig kohärent und konsistent ist, trifft dies nicht notwendigerweise auf das Erlernen von Mathematik zu. Strategien und Erklärungen, die bisher gute Dienste geleistet haben, verlieren bspw. beim Übergang von natürlichen Zahlen zu rationalen Zahlen ihre Anwendbarkeit. Lernende müssen nicht nur Neues erlernen, sondern auch Bewährtes „verlernen“ (oder zumindest neu einordnen oder in Frage stellen) – was auch historisch betrachtet für die Mathematik als Disziplin wiederholt herausfordernd war.¹

Eine zunehmend besser verstandene Schwierigkeit beim Erlernen von Mathematik besteht darin, dass in Anwendungsdisziplinen mitunter bestimmte Facetten eines mathematischen Konzepts bedeutsamer sind. So ist in den meisten Natur- und Ingenieurwissenschaften das Integral zuvorderst ein Werkzeug, um in Kontinua physikalisch bedeutsame Größen aufzuaddieren (also Riemann-Summe). Dagegen assoziieren Studierende aufgrund des zeitlichen Anteils, den die Konzeptionen als Umkehrung der Differentiation und die Bestimmung von Stammfunktionen in Lehrveranstaltungen haben, die Integration eben als genau diese. Kurzum: Mathematik für Studierende der Mathematik und für Studierende der Ingenieurwissenschaften erfordert jeweils eigene Betonungen und diese Betonungen müssen bewusst in der Lehre gesetzt werden [Jones, 2015].

¹ Dass sich Konzepte in individuellen Lernprozessen und auch historisch innerhalb der Disziplin wandeln, ist eine Kernaussage der Conceptual Change Theory, die psychologisch und wissenschaftshistorisch begründet ist. Ihr zufolge treten Lernende nicht als tabula rasa in den Lernprozess ein, sondern bringen Vorstellungen mit, die eines Wandels bedürfen, der explizit thematisiert und überprüft werden muss. Ein elementares Beispiel für einen benötigten Konzeptwandel ist die Vorstellung der Multiplikation als Vervielfachung. Sie leistet für natürliche Zahlen gute Dienste, erfordert bei der Erweiterung auf rationale Zahlen jedoch eine konzeptuellen Veränderung.

Zudem ändert sich der Charakter der Mathematik entlang der Bildungskette. Gerade der Übergang an die Hochschule geht mit einer Anforderungsverschiebung und der zu erwerbenden Fähigkeiten einher (z. B. „mehr Strukturmathematik als zuvor Kalkülmathematik“) – bei gleichzeitig eher abnehmender Verwendung fachdidaktisch begründeter Vermittlung. Studierende nehmen diesen Sprung zwischen Schul- und Hochschulmathematik deutlich wahr (Liebendörfer, 2018; Göller, 2019). Befragt man sie, sind Aussagen wie „Am Anfang hat mich fertig gemacht, keine algorithmischen Lösungsschemata zu haben“ typisch. Sie nehmen zudem einen Sprung in den Anforderungen wahr. Selbst gut vorbereitete Studierende empfinden das Studium als schwierig und benennen motivationale Herausforderungen. Auch sie geben oft das Studium frühzeitig auf (Derboven & Winker, 2009). Als zentrales Unterstützungsangebot für den Übergang von der Schulmathematik zur Hochschulmathematik seien Vor- und Brückenkurse (Bausch et al., 2014) zu nennen, die seit vielen Jahrzehnten an deutschen Hochschulen angeboten werden. Einige dieser Angebote sind digital unterstützt oder vollständig online (u.a. Brüstle et al., 2021). Neben der fachlichen Komponente bedeutet das Ankommen an der Hochschule für Studierende, ein Zugehörigkeitsgefühl (sense of belonging) zu entwickeln (Ulriksen et al., 2010). Das beinhaltet nicht nur das Empfinden von sozialer Zugehörigkeit, sondern auch die Akzeptanz und Übernahme des fachspezifischen Habitus.

Ein besonderes Augenmerk muss auf die Unterschiede zwischen Schulmathematik und Hochschulmathematik gelegt werden, die schon seit über 100 Jahren existieren. Felix Klein sprach von der „doppelten Diskontinuität“ für Studierende des Lehramts Mathematik. Sie müssen einerseits den Übergang von der Schulmathematik in die Hochschulmathematik bewältigen, aber dann auch wieder die didaktische Reduktion von der Hochschulmathematik in die Schulmathematik leisten. Mit Blick auf den Übergang von der Schule in die Hochschule haben z.B. Bauer et al. (2020) in Interviews mit Studierenden folgende Brüche identifiziert: Nach Wahrnehmungen der Studierenden befasst sich die Schulmathematik v. a. mit dem Anwenden von (Rechen)Verfahren, die von den Lehrkräften eingeführt werden. Diese Verfahren werden nicht hinterfragt und i. A. auch nicht begründet oder bewiesen oder die Grenzen der Einsetzbarkeit thematisiert. In der Hochschulmathematik liegt aber genau darauf der Schwerpunkt: Es muss verstanden - und bewiesen - werden, wann welches Verfahren warum eingesetzt werden darf und wann nicht. Aussagen und Verfahren, die in der Schule selbstverständlich waren, müssen nun Schritt für Schritt analysiert und - zumindest in der Fachmathematik - bewiesen werden. Neben dieser Diskontinuität auf der Zielebene beschreiben Bauer & Partheil (2009) die offensichtliche Diskontinuität auf der Inhaltsebene. Viele Inhaltsbereiche der Hochschulmathematik spielen in der Schule keine Rolle. Als dritte Diskontinuitätsebene kommt die Argumentationsebene hinzu. In Mathematikstudiengängen ist eine besonders wahrnehmbare Abweichung zu den Lerninhalten der Schule ein meist rigoros schlussfolgernder Ansatz, bei dem Begriffe formal definiert werden und das Aufstellen von Vermutungen und Beweisen bzw. Verwerfen selbiger im Vordergrund steht. Dieses Konzept zur Erstellung und Überprüfung mathematischer Aussagen ist nur selten in vorangehenden Lehrinstitutionen ein Teil des Lernstoffs. Neben einem abstrakteren Konzeptverständnis ist auch das stringente Beweisen eine zu erlernende Fähigkeit, für die eine Vorbereitung in Teilen fehlt.

Weiterhin weicht die Art der Abfrage von Lerninhalten in Modulen der Hochschulmathematik von der in Fächern der Schulmathematik ab. Während man im Schuljahr mehrere Abfragen

in Form von Stegreifaufgaben, Kurzarbeiten oder Schulaufgaben hat, schreibt man in Hochschulen meistens am Ende des Semesters nur eine Klausur, welche den Stoff des gesamten Semesters abfragt. Diese zeigt die letztendlich entstandenen (massiven) Lücken auf, ist aber - anders als Hausaufgaben und regelmäßige formative Assessments (siehe 3.3) - nicht geeignet, den Zeitpunkt und die inhaltliche Tiefe des Verständnisdefizits zu erkennen. Bei Nichtbestehen gibt es zwar schon in einigen deutschen Hochschulen und Universitäten diverse Unterstützungsangebote (Hochmuth et al., 2022) wie Lernzentren, „offene Mathe-Räume“, Helpdesks usw., aber noch nicht an allen.

Ein Unterschied besteht jedoch darin, dass an Hochschulen wenige Automatismen zur Unterstützung bestehen und Lernende daher, ganz im Sinne der *Student (Co-)Agency* (OECD, 2020), Verantwortung für ihren Kompetenzerwerb und Lernerfolg übernehmen, dabei aber strukturelle Unterstützung erhalten. Nichtsdestotrotz kann dies eine zusätzliche Belastung darstellen und auch den Studienverlauf beeinflussen.

2.2 Vermutete Ursachen für wahrgenommene Herausforderungen

Während die Sachlage von den Beteiligten praktisch einhellig als schwierig empfunden wird, besteht in einem geringeren Maße Einigkeit über die Ursachen. Die Liste der vermuteten Ursachen ist lang, einige Ursachen werden jedoch besonders oft genannt. Es lässt sich plausibel annehmen, dass multiple Einflussfaktoren die Herausforderungen der Mathematiklehre mitbestimmen.

Wie schon thematisiert, bringt der Start des Studiums viele Veränderungen mit sich. Viele Studierende müssen sich an neue Lebensumstände, wie das Leben in einer neuen Stadt, den Umgang mit neuen Kommiliton:innen und eine viel höhere Selbstorganisation gewöhnen. **Studierfähigkeit** wird von jetzt auf gleich vorausgesetzt. Zudem kommen die ersten Inhalte aus den grundlegenden Vorlesungen der Mathematik auf die Lernenden zu. Hier kommt es schnell zum Gefühl der Überforderung und des Nicht-Schlau-Genug-Seins, da das Aneignen mathematischer Lerninhalte oft nur mit viel Übung und einem hohen Zeitaufwand zu bewältigen ist. Auch die Menge des Lerninhalts, gerade in den ersten mathematischen Modulen der Studierenden, scheint enorm zu sein. All die Definitionen, Sätze und deren logische Zusammenhänge in den rund vier Monaten vom Wintersemesterstart bis zur Prüfungsphase zu lernen, führt bei vielen Lernenden zu Überforderung. Ohne die Fähigkeit, mathematische Symbole, Satzbausteine und den Ausdruck der Lerninhalte zu verstehen, wird das Lernen der Inhalte deutlich erschwert. Dies führt aufgrund der hohen kognitiven Belastung zu einem erhöhten Zeitaufwand für das Aufnehmen selbst der grundlegenden mathematischen Konzepte. Beides mündet zumeist in einem vermuteten **Motivationsverlust**. Alle diese Punkte können zu einem vorzeitigen Abbrechen des Studiums führen, welches sich auch in den Erfahrungsberichten von vielen Studierenden widerspiegelt (Derboven & Winker, 2009; Götz & Mendel, 2024).

Darüber hinaus kann die **Relevanz des Lehrstoffes** für Studierende nicht direkt ersichtlich sein (Christensen et al., 2023; Gildehaus et al., 2021). Dies tritt vor allem zu Beginn des Studiums auf, da Studierende in dieser Phase noch nicht über Erfahrungen zur richtigen Einordnung der Relevanz und Anwendungshäufigkeit des Modulinhalt verfügen. Als Beispiel

hierfür benennen die studentischen Ko-Autor:innen dieses Textes eines der grundlegenden Module in mathematischen Studiengängen, die Lineare Algebra 1. Die Lernergebnisse dieses Moduls umfassen unter anderem das Definieren und Erläutern wesentlicher Konzepte und Begrifflichkeiten aus der Linearen Algebra sowie das Beweisen und Formulieren einfacher mathematischer Aussagen. Hierfür erhalten die Studierenden eine Einführung mittels Definitionen und Sätzen zu verschiedenen Themen und müssen damit eigenständig Aussagen belegen. Oft beginnt die Lineare Algebra 1 mit der Aussagenlogik. Ein klassisches Beispiel für eine Übungsaufgabe ist hier der Nachweis der Kontraposition, d.h. wenn aus Aussage „A“ die Aussage „B“ folgt, dann ist die Äquivalenz zu „aus nicht B folgt nicht A“ zu zeigen. Diese Übung zeigt abstrakt ein grundlegendes Konzept der Aussagenlogik, deren Relevanz für spätere Inhalte nur von wenigen Studierenden nach Bearbeitung der Übungsaufgabe erkannt wird.

Erschwerend hinzu kommt die zunehmende **Heterogenität** der Studierenden, die eine Herausforderung für Lehrende darstellen kann. Darunter fallen verschiedene Aspekte wie die Art der Hochschulzugangsberechtigung, tatsächliche mathematische Vorbildung und Einstellungen zur Mathematik. Eine Heterogenität ist bereits mit Blick auf die unterschiedlichen Lehrpläne in den verschiedenen Bundesländern bei Studienanfänger:innen erkennbar. Ein Beispiel ist die Verwendung des Summenzeichens, das nicht in allen Bundesländern mit der gleichen Intensität oder überhaupt behandelt wird, wodurch die Fähigkeit, ein Summenzeichen lesen zu können, nicht vollständig als Schulwissen vorausgesetzt werden kann. Zumindest auf Ebene der Hochschullehrenden gibt es einen gewissen Konsens, welches Wissen und welche Voraussetzungen diese für ein MINT-Studium erwarten bzw. für sinnvoll erachten (Neumann et al., 2017, siehe auch malemint.de).

Hinzu kommen Studienanfänger:innen über den zweiten Bildungsweg und/oder unterschiedlich lange Zeiten zwischen Erreichung der Hochschulzulassung und Studienbeginn. Auch ist hier Heterogenität im Sinne von Intersektionalität (oder intersektionaler Verortung) gemeint. Das bedeutet, dass z.B. mit an Hochschulen vorangetriebener Internationalisierung die Lehrsprache nicht für alle Studierenden die Erstsprache darstellt oder dass Studierende unterschiedlich von gesellschaftlichen Diskriminierungsformen betroffen sind. Einige Studierende haben gesundheitliche Beeinträchtigungen und benötigen für eine chancengerechte Teilnahme an der Lehre Anpassungen in den Lehr- und Lernmaterialien oder bei der Prüfungsgestaltung. Aufgrund oftmals strukturell gering ausgeprägter hochschulseitiger Unterstützungsangebote liegt die Verantwortung über den Barriereabbau auch häufig in der Hand von Lehrenden. Dies ist zwar naheliegend, weil Lehrende die Verantwortung über die Gestaltung ihres Lehr- und Lernmaterials haben und darin (regulär unbewusst und ggf. ungewollt) Barrieren einbauen, dennoch heißt dies in vielen Fällen, zusätzlich Kapazitäten in die eigene Sensibilisierung und das Finden von Lösungen stecken zu müssen, um Barrieren und Maßnahmen zum Abbau verstehen zu lernen und diese umzusetzen.

Trotz der Vielfalt der möglichen Ursachen ist durchaus zu beobachten, dass die beteiligten Gruppen in ihren Erklärungsmodellen zu fundamentalen Attributionsfehlern neigen. Sie bezeichnen die Neigung, bei der Erklärung von beobachteten Verhalten systemische und situative Faktoren auszublenden und die Ursache in persönlichen Merkmalen der handelnden Personen zu sehen. Daher ist es für Lehrende naheliegend, die Ursache vor allem in der Qualifikation und den Einstellungen der Studierenden zu sehen, während es für Studierende

naheliegend ist, die Ursache in den Einstellungen der Lehrenden zu suchen. Auch deshalb scheint es vernünftig, bei der Beschreibung möglicher Ursachen **systemische Faktoren** nicht außer Acht zu lassen. Dazu gehört zum einen die inhärente intrinsische Schwierigkeit der Mathematik, zweitens unterschiedliche Ansichten, wer Mathematik betreibt bzw. betreiben kann, drittens ein Relevanzparadoxon in Alltag und gesellschaftlicher Wahrnehmung.

Das disziplinäre Selbstverständnis der Mathematik ist historisch eng mit Exklusivitätsnarrativen verknüpft, die mathematische Fähigkeiten als angeborenes Talent und Mathematik als besonders anspruchsvolle, schwer zugängliche Wissenschaft rahmen. Solche Zuschreibungen fördern ein Fixed Mindset (Dweck 2006, 2008; Boaler, 2022), das dazu beiträgt, potenzielle Lernwege frühzeitig zu verschließen – insbesondere für Lernende, die sich nicht mit gängigen Leistungsidealern oder Fachbildern identifizieren können. Teilweise herrscht unter Lehrenden noch das zugehörige Bild vor, Mathematik sei die „Königin der Wissenschaften“ und somit nur für eine ausgewählte Gruppe verständlich. Zugleich kann ein verinnerlichtes Fixed Mindset für manche Lehrende auch eine implizite Selbstschuttfunktion erfüllen: Wenn etwa eine Prüfung von einem Großteil der Studierenden nicht bestanden wird, dann liege es primär daran, dass Mathematik per se schwierig ist und nicht an der eigenen Lehre. Demgegenüber steht ein wachsender bildungswissenschaftlicher Konsens, dass ein Growth Mindset – also die Überzeugung, dass Fähigkeiten durch Anstrengung, Strategiewahl und Rückmeldungen entwickelbar sind – zu höherer Motivation, größerer Resilienz gegenüber Misserfolgen und langfristig besseren Lernergebnissen führt. In einer Hochschullehre, die auf Teilhabe, Diversität und Kompetenzorientierung zielt, ist die Förderung eines solchen entwicklungsbezogenen Selbstbildes daher von zentraler Bedeutung. Gesellschaftlich kommt hinzu, dass das öffentliche Bild von Mathematiker:innen nach wie vor von stark verengten Stereotypen geprägt ist – etwa der Vorstellung eines genialischen, weißen, männlichen Einzelgängers mit überdurchschnittlichem IQ und geringem Interesse an sozialen Fragen (Mendick et al., 2008, Epstein et al., 2010). Diese auch medial und kulturell reproduzierten Zuschreibungen (Nardi, 2017) stehen im Kontrast zur tatsächlichen Vielfalt der mathematischen Community: Auch dank zunehmender Digitalisierung arbeiten Menschen unterschiedlichster Herkunft, Lebensrealitäten und Perspektiven kollaborativ an mathematischen Fragestellungen.

Die Diskrepanz »zwischen gesellschaftlicher und subjektiv empfundener Bedeutsamkeit« (Heymann 1995, S. 24) bezeichnete Niss (1994, S. 371) als „Relevanzparadoxon der Mathematik“: Obwohl mathematische Denkweisen und Methoden in praktisch allen Lebens- und Wissenschaftsbereichen unverzichtbar sind, bleiben sie in der Öffentlichkeit oft unsichtbar und unbemerkt. Gerade anhand der Digitalisierung wird dies noch verstärkt verdeutlicht: So beruhen sämtliche digitalen Technologien (wie etwa algorithmengestützte Filter, Machine-Learning-Modelle, Verschlüsselungsverfahren) auf komplexen mathematischen Erkenntnissen, wodurch die Bedeutung der Disziplin omnipräsent ist. Zugleich wird eben diese Mathematik vor den meisten Nutzer:innen versteckt: Bedienoberflächen präsentieren sich als intuitive Tools, während Analysen und Berechnungen im Hintergrund ablaufen.

Hinzu kommt, dass Vorstellungen von Lehrenden und Lernenden, wie Lernen funktioniert, mitunter nicht im Einklang zu wissenschaftlichen Erkenntnissen stehen. Mit anderen Worten: Lernpsychologische und didaktische Erkenntnisse sind hochgradig relevant. Die Qualität der Lehre hat einen bedeutenden Einfluss auf den Lernerfolg der Studierenden (vgl. Kap. 2.4).

2.3 Ein Blick auf Digitalisierung und KI

Das Pendant zur Vielfalt der möglichen Ursachen ist eine Vielfalt von Lösungsansätzen. Diese neigen dazu, sich auf neue Technologien zu fokussieren, wie ein Blick in die Geschichte zeigt: Nach Erfindung des Films wurde dieser als Lösung der damals empfundenen Herausforderungen diskutiert; die Erfindung des Computers zog einen Fokus auf programmierte Lernumgebungen nach sich; das Internet und später MOOCs wurden als Möglichkeit gesehen, Hochschullehre schrankenlos zugänglich zu machen. Entsprechend stehen aktuell die Themen Digitalisierung der Lehre und das Lehren mit, über und durch KI-Systeme im Fokus der Diskussion über Lösungsansätze, aber auch eine Diskussion über den Wert des Lernens „ohne KI“. Und wie bei allen neuen Entwicklungen gibt es sowohl Disruptionen als auch unerfüllt verpuffende Hypes, die sich jeweils im Spannungsfeld zwischen der Hoffnung auf umfassende Lösungen und ein gänzlich besseres Lernen und dem skeptischen Bewahren bewährter Bildungssysteme bewegen. Die Einführung neuer Technologien ist also nicht nur eine technische Herausforderung, sondern muss auch Diskussionen anstoßen und bei Lehrenden, Lernenden, in Politik und Gesellschaft ein entsprechendes Change Management betreiben.

Wenngleich Mathematik als Disziplin seit Jahrhunderten neu aufkommende Werkzeuge integriert², können durch die Entwicklung und die Verbreitung von KI-Systemen teilweise neue Herausforderungen entstehen. Dabei sind zunächst unterschiedliche Ebenen zu betrachten: Einerseits kann der Einsatz im Hintergrund geschehen, wie etwa bei Educational Data Mining und der Auswertung von Learning Analytics (näher definiert in 3.2) auf Lernplattformen. Diese Einsatzszenarien passen zu einem KI-gestützten Lernen. Andererseits kann expliziter mit und über KI gelehrt bzw. gelernt werden, etwa wenn der Umgang mit KI-Systemen und deren Verwendung selbst geübt wird.

Digitalisierungslösungen werden häufig dort vorgeschlagen, wo existierende Praktiken zu langsam oder nur mit hohem Personalaufwand durchgeführt werden können, etwa bei der Bewertung von Übungs- und Prüfungsaufgaben. Automatisierte Bewertungssysteme bringen zweifelsfrei den Vorteil von schnellem Feedback bei geringerem Einsatz von Personalressourcen mit sich. Mehr didaktisch inspirierte Ansätze setzen zusätzlich auf Aufgabenformate, die die Diagnose studentischer Schwierigkeiten ermöglichen und Kommunikation unter den Lernenden fördern.

KI-Sprachmodelle als Konversationssimulatoren werden aktuell vorrangig als Tutorensysteme in der Form von Chatbots eingesetzt, aber auch um sprachlich elaboriertes Feedback zu geben. Weitere derzeit identifizierte Nischen sind einerseits die Bewertung von Aufgaben anhand von schwer formalisierbaren Kriterien (z. B. Originalität von Lösungen). Andererseits ermöglichen die Modelle anhand formaler Kriterien recht zuverlässige Bewertungen von Aufgaben, die bisher alleine durch Unit Tests bewertet werden konnten.

Indes entstehen neue Herausforderungen derzeit beim Versuch, LLM-Chatbots unterstützend beim Lernen mathematischen Problemlösens einzusetzen. Gängige Chatbots sind

2 In der jüngeren Geschichte sind hier insbesondere die Erstellung von Erklärvideos (Loviscach 2011) und die Adaption von Flipped Classroom (Fischer & Spannagel, 2012) zu nennen.

schlichtweg nicht darauf trainiert, keine Antwort zu geben, sondern geben stets eine (vielleicht auch nicht korrekte, aber als stochastische Wortfolge plausibel klingende) Lösung aus. Geht es jedoch darum, das Lösen mathematischer Probleme zu lernen, dann müssen KI-Tools entweder, im Sinne didaktisch fokussierter Lernumgebungen, eingeschränkt werden oder speziell unter Berücksichtigung entsprechender didaktischer Prinzipien trainiert worden sein.

Obgleich digitale Tools und KI-Anwendungen nicht alle Herausforderungen gleichermaßen lösen, bietet der Einsatz gute Möglichkeiten, um Barrieren für Studierende mit Beeinträchtigung in der Lehre und zugehörigem Material abzubauen. Beispiele in der Anwendung werden in Kapitel 3.5 erläutert.

2.4 Qualität der Lehre

Auch wenn vielfältige Faktoren einen Einfluss auf den Lernerfolg der Studierenden haben, kommt der Qualität der Lehre eine zentrale Rolle zu. Eine bestimmte Beschaffenheit von Lehre geht meist mit einer Vielzahl bestimmter Faktoren einher. In der eher „traditionell“ geprägten Lehre, charakterisiert durch hohen Anteil an Übermittlung von Inhalten, ist der Anteil sozialer Interaktion während der Lehrveranstaltung meist gering, Prozesse für zeitnahes, lernförderliches Feedback sind kaum vorhanden, die Motivation der Studierenden fokussiert auf das Bestehen der Prüfung und die Heterogenität der Studierenden wird als Störfaktor empfunden. Durch Forschungsergebnisse zu Lehren und Lernen geprägte Lehrformate setzen hingegen auf eine Vermittlung zwischen Lerninhalten und Lernenden, nutzen bewusst soziale Interaktion als lernförderliches Element und verwenden zeitnahes, lernförderliches Feedback. Die Motivation der Studierenden ist meist stark auf das Durchdringen der Lerninhalte ausgerichtet. Heterogenität von Studierenden wird gegeben und nutzbringend gesehen. Forschungsbasierte Lehrinterventionen werden oft unter dem Begriff „aktivierende Lehre“ zusammengefasst, obwohl dadurch allenfalls ein Aspekt dieser Kategorie von Lehrinterventionen benannt wird.

Eine Metastudie zur Hochschullehre im MINT-Bereich (Freeman et al., 2014) kommt zu dem Ergebnis, dass die Nichtbestehens-Wahrscheinlichkeit bei eher traditionellen im Vergleich zu forschungsbasierten, „aktivierenden“ Lehrsettings um einen Faktor 1,5 höher ist. Die Studienautor:innen beobachten insgesamt so starke Effekte, deren Bedeutung sie in einem Vergleich erläutern: Wären die Untersuchungen zur Wirksamkeit von forschungsbasierten Lehrinnovationen medizinische Interventionsstudien, wären sie sehr wahrscheinlich wegen des Nutzens gestoppt worden - d.h., die Aufnahme von Patient:innen in die Kontrollgruppe (traditionelle Lehre) könnte abgebrochen werden, weil die getestete Behandlung („aktivierende Lehre“) eindeutig vorteilhafter war. Insgesamt sind die Ergebnisse in der Mathematik konsistent mit allgemein bekannten didaktischen Ergebnissen (Hattie, 2009).

Qualität der Lehre ist ein Faktor, der praktisch allein in der Entscheidungsgewalt der Lehrenden liegt. Ein für viele Lehrenden nicht intuitives Ergebnis besteht darin, dass die Wirksamkeit von Lehrinnovationen weitgehend unabhängig von Persönlichkeitseigenschaften von Lehrenden ist. Empirisch betrachtet scheint die Wirksamkeit „traditioneller“ Lehrformate eine untere Schranke für die Wirksamkeit „aktivierender“ Lehrformate. Lehrentscheidungen

sind jedoch stark von Überzeugungen geprägt. Eine Vielzahl von Untersuchungen (Kember, 1997; Ramsden, 2003) legt nahe, dass Lehrende typischerweise mit einer starken Inhaltsorientierung in den Beruf starten. Diese kann sich über die Zwischenstufe einer Methodenorientierung hin zu einem Lehrverständnis entwickeln, das Lehre als diagnostizierende und intervenierende Tätigkeit vergleichbar zum Arztberuf sieht.

Gelegentlich werden aus studentischen Evaluationen Argumente für das Beibehalten „traditioneller Lehre“ abgeleitet. Es zeigt sich, dass der Nutzen „aktivierender“ Lehrmethoden von Studierenden häufig nicht in vollem Umfang wahrgenommen wird. (Deslauriers et al., 2019). Vielmehr ist es tendenziell so, dass sie bei „traditioneller Lehre“ das Gefühl haben, mehr gelernt zu haben, obwohl Lernerfolgsüberprüfungen das genaue Gegenteil zeigen. Personen, die neu in einer Disziplin sind, sind nicht notwendigerweise in der Lage, ihre eigene Kompetenz zu bewerten. Dies impliziert, dass eine Bewertung der Lehrwirksamkeit alleine auf der Grundlage studentischer Wahrnehmungen unbeabsichtigt weniger wirksame Lehrsettings favorisiert.

Da den Lehrenden als vorrangigen Entscheidungsmächten der Qualität der Lehre eine bedeutende Rolle zukommt, konzentriert sich das nachfolgende Kapitel auf für diese Zielgruppe gerichtete Maßnahmen.

3 How-to-Mathematik: Impulse für erfolgreiches Lehren und Lernen

Schul- und hochschuldidaktische Zugänge zu mathematischen Begriffen und Verfahren sind geprägt durch Darstellungen, Interpretationen sowie Vernetzungen mit schon erworbenem außer- und innermathematischen Wissen. Sie nutzen seit Langem das transformative Potential der Digitalisierung für ebendiese Vernetzung von Handlungen und Darstellungen, darunter insbesondere die softwaregestützte Dynamisierung, Interaktivität und Vernetzung von Repräsentationen (Abb. 1). Über die bloße Demonstration mathematischer Konzepte durch Dozierende hinaus lässt sich solche Software als Plattform für die interaktive und explorative Erkundung mathematischer Begriffe und Verfahren durch die Studierenden selbst nutzen. Geeignete digitale Lernumgebungen mit gezielter Fokussierung der Interaktionsmöglichkeiten unterstützen den verständigen Aufbau eines Begriffs, Verfahrens oder Themas.

Das vorliegende Kapitel bietet einen Überblick über bestehende Ansätze erfolgreicher Implementierungen digitaler Tools, Methoden und Initiativen mit Bezug zur Hochschulmathematik. In Kapitel 3.1 werden zunächst zentrale Konzepte der schulischen Mathematikdidaktik vorgestellt und deren Übertragbarkeit auf die Hochschulmathematik thematisiert. Darauf aufbauend zeigt Kapitel 3.2 exemplarisch am E-Assessment-System STACK, wie digitale Aufgaben zur Realisierung von individualisiertem Feedback, adaptivem Üben und Repräsentationswechseln beitragen können. In Kapitel 3.3 wird mit dem Konzept des formativen Assessments ein allgemeines Gestaltungselement für die Lehre vorgestellt, das

den Lernprozess kontinuierlich unterstützt. Kapitel 3.4 vertieft diesen Ansatz durch eine motivationspsychologische Perspektive und zeigt, wie digitale Formate zur Förderung von Motivation und Engagement von Lernenden genutzt werden können. Kapitel 3.5 rückt die Heterogenität der Studierenden in den Fokus und behandelt barrierefreie sowie mehrsprachige Videomaterialien als Mittel zur inklusiven Gestaltung der Lehre. Kapitel 3.6 thematisiert die Rolle interner und externer Vernetzungsstrukturen für die erfolgreiche Umsetzung digital gestützter Lehrinnovationen. Abschließend beleuchtet Kapitel 3.7 das Potential digitaler Frühwarnsysteme, um Studienabbrüchen insbesondere in mathematikintensiven Studiengängen präventiv zu begegnen. Dieses Kapitel macht ein Potential digitaler Tools besonders sichtbar: Sie ermöglichen Lehrenden, zeitnahes Feedback über den Lernstand der Studierenden zu erhalten, sie erlauben Schwierigkeiten im Lernprozess zu diagnostizieren und damit die Lehre so zu gestalten, dass nicht mehr vorrangig die Inhalte, sondern das Lernergebnis der Studierenden im Vordergrund steht.

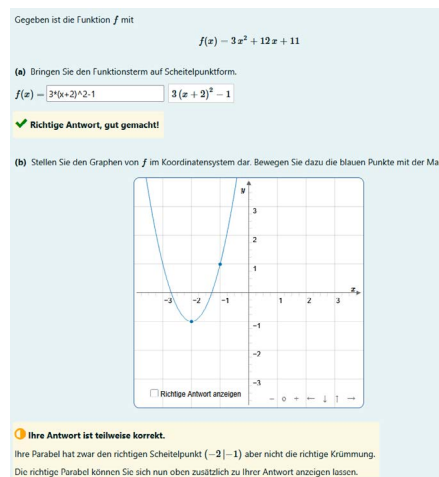


Abbildung 1: Dynamisierung, Interaktion und Vernetzungen von symbolischer und graphischer Repräsentation sind in digitalen Aufgaben (hier basierend auf STACK, vgl. Kap. 3.2) gut realisierbar - ebenso wie ein sofortiges Feedback und randomisierte Aufgabenparameter für ein häufiges Üben mit strukturgleichen Aufgaben

3.1 Transfer mathematikdidaktischer Konzepte auf die Hochschulmathematik

Lehrmethoden in der Schule für den verständigen Zugang zu mathematischen Inhalten lassen sich zusammenfassend durch zwei Ansätze charakterisieren. Zum einen sind es Interpretationen der - im Wesentlichen abstrakten - Begriffe und Verfahren durch Handlungen und Visualisierungen in der außer- und innermathematischen Lebenswelt der Lernenden: Die Division natürlicher Zahlen erklärt sich etwa als ein Bündeln oder Verteilen, ein Vektor stellt sich zum Beispiel als eine Klasse aller Pfeile gleicher Länge, Richtung und Orientierung dar. Zum anderen ist es ein operatives Durchdringen mathematischer Verfahren, das durch Flexibilität gekennzeichnet ist: Rechenverfahren sind keine linear anzuwendenden Prozeduren mit festgelegten Schritten, sondern Werkzeuge, die je nach Anforderungen den Anwendungssituationen angepasst, erweitert und mit anderen Verfahren kombiniert werden können.

Wesentliche Anforderung an jeden solcher Zugänge ist die Strukturanalogie mit den abstrakten mathematischen Begriffen und Verfahren. Strukturanalogie bedeutet, dass die gleiche innere Logik und Struktur eines mathematischen Konzepts - etwa aus der abstrakter formulierten Hochschulmathematik - auch in anschaulichen oder schulischen Darstellungen erkennbar bleiben. Es geht also darum, hier nicht nur oberflächliche Beispiele zu zeigen, sondern den begrifflichen Kern (Definitionen, Beziehungen, Zusammenhänge) durch alle Repräsentationsformen (Handlungen, Text, Grafik, symbolische Formeln) hindurch konsistent zu bewahren. Strukturanalogien erleichtern den Übergang von schulischen Lernkontexten zur abstrakter formulierten Hochschulmathematik, da der rote Faden erhalten bleibt. Hier sind die Potentiale für den Transfer schuldidaktischer Konzepte auf die Hochschulmathematik zu suchen. Zwei Ansätze sind daraus erkennbar:

1. Identifizieren des mathematischen Kerns in den schulischen Konzeptualisierungen hochschulmathematischer Begriffe und Verfahren.
2. Anwenden der Prinzipien schuldidaktischer Zugänge auf generisch hochschulmathematische Begriffe und Verfahren.

Es gibt mittlerweile eine Vielzahl an Initiativen und Projekten, die sich darauf basierend der Vermittlung mathematischer Inhalte und dem Erwerb mathematischer Kompetenzen widmen. Entwickelt werden diese Lehrinnovationen sowohl seitens der Fachmathematik, als auch der Hochschulmathematik.

Es existieren also bereits verschiedene erprobte und oft digitale Lehrinnovationen, sodass hier weniger ein Erkenntnis- denn ein Transferproblem besteht. Eine Herausforderung besteht also nicht zuletzt auch darin, diese diversen publizierten Erkenntnisse und Lehrinnovationen für Mathematiklehrende in der Breite bekannt wie zugleich niedrigschwellig nutzbar zu machen. Dies stellt hohe Anforderungen an eine entsprechende fachdidaktische Beratung Dozierender. Sie kann aufgrund des erforderlichen Spezialisierungsgrades durch die hochschuldidaktischen Zentren nur selten geleistet werden. Hilfreich sind daher hochschulübergreifende Transfer- und Unterstützungsarchitekturen für die Verbreitung und Umsetzung fachdidaktischer Erkenntnisse in die eigene Lehrpraxis.

Ein jüngeres Beispiel für eine hochschulübergreifende Transferinitiative stellt das von der Stiftung Innovation in der Hochschullehre geförderte „Deutsche Zentrum für digitale Aufgaben in der Hochschullehre [DZdA]“ dar. Die Einrichtung besteht aus acht Centern, darunter ein „Didaktik Center“, „Aufgaben Center“ und „Training Center“, die hochschulübergreifend deutschlandweit Dozierende bei der Entwicklung und Implementierung digitaler Aufgaben sowie bei deren didaktisch fundierten Einsatz in der eigenen Lehre unterstützen (siehe Kapitel 3.5).

Auch im internationalen Umfeld gab und gibt es seit vielen Jahren entsprechende Initiativen. In den USA sind sogenannte New Faculty Workshops besonders in den Naturwissenschaften bei der Verbreitung von Lehrinnovationen wirksam (Henderson, 2008). Diese Workshops werden von den Fachgesellschaften landesweit für neueingestellte Lehrenden angeboten. Für die hohe Teilnehmerquote scheint hier die Mitorganisation durch die Fachgesellschaften förderlich zu sein.

3.2 Digitale Aufgaben zur Realisierung von individuellem Feedback, adaptivem Üben und Repräsentationswechseln

Digitale Aufgaben und E-Assessments werden in der Mathematiklehre an Hochschulen seit knapp drei Jahrzehnten eingesetzt. Inzwischen sind sie keine Nischenapplikationen mehr und merklich verbreitet. Durch automatische Bewertung der Antworten ermöglichen praktisch instantanes Feedback an Studierende und sind wesentliche Grundlage für Funktionalitäten wie Learning Analytics.

Learning Analytics bezeichnet die Analyse und Interpretation von Daten, die von Studierenden generiert oder über sie erhoben werden, mit dem Ziel, Lernfortschritte zu messen, zukünftige Leistungen vorherzusagen und potenzielle Problembereiche aufzudecken. Beispielsweise diagnostizieren Lehrende im Lehrformat Just in Time Teaching mittels digitaler Aufgaben, welche Aspekte des Lernstoffs für die Studierenden schwierig sind. Sie nutzen die Kontaktzeit der Lehrveranstaltung, um Studierenden gezielt Hilfestellung zur Überwindung dieser Schwierigkeiten zu geben (Camp et al., 2010).

In seinem Survey vergleicht Bach (2025) 14 E-Assessmentsysteme bezüglich ihrer Funktionalität und Leistungsfähigkeit. Exemplarisch sei hierbei das Open-Source-System STACK (Sangwin, 2013) zur Realisierung digitaler Übungsaufgaben herausgegriffen, das inzwischen an mehr als 50% der deutschen Hochschulen verfügbar ist (Altieri, 2025). STACK erlaubt die Implementierung digitaler Aufgaben mit automatisiertem, individuellem und multimodalem Feedback nach anerkannten Kriterien der Feedbacktheorie (Knaut et al., 2022) und ermöglicht Lernenden und Lehrenden eine sofortige Rückmeldung über den Lernerfolg. Zudem fördert STACK produktives Üben durch randomisierte Aufgabenwiederholungen und kann effektiv in innovativen Lehrszenarien eingesetzt werden (Altieri, 2022). Das integrierte Computeralgebrasystem Maxima ermöglicht die automatische Bewertung sowie adaptive Gestaltung von Aufgaben für unterschiedliche Lernwege und Vorwissenstände (Altieri, 2020). Dynamische Geometriesoftware wie GeoGebra oder JSXGraph berücksichtigen inzwischen die direkte Integration in STACK basierten Aufgaben (Lutz, 2022-23.; Pesek et al., o. D.), so dass sich durch die Verknüpfung symbolischer und geometrischer Darstellungen lernförderliche Repräsentationswechsel und Darstellungsnetzungen umsetzen lassen (Bach & Altieri, 2021; Gailer et al. 2024; Pinkernell et al. 2023). Ein frei zugänglicher Moodle-Kurs, in dem man sich über Möglichkeiten, Potenziale und Beispiele von STACK-Aufgaben informieren kann, findet sich bei Knaut et al. (2023). Eine weitere frei zugängliche Umgebung stellt die FH Kiel bereit (Neumann, o. D.).

Positive Erfahrungen mit STACK und vergleichbaren Systemen werden neben der Mathematik aus verschiedenen WiMINT-Fächern wie u.a. der technischen Mechanik (Kraska & Schulz, 2021), Physik (Kortemeyer & Riegler, 2010; Kubocz et al., 2024) und Statistik (Hooper & Jones, 2023) berichtet. Neben der Nutzung für formative Assessments (vgl. Kap. 3.3) werden solche Systeme auch für summative Assessments eingesetzt, z.B. für digitale Prüfungen, insbesondere wegen des geringeren Korrekturaufwands, aber auch wegen zusätzlicher didaktischer Einsatzzwecke wie Prüfungsnachbereitung (Kortemeyer & Riegler, 2010; Sangwin, 2023; Grandaß et al., 2021). Zudem lassen sich STACK-Aufgaben leicht mehrsprachig gestalten, was mit Blick auf eine zunehmende Internationalisierung der Hochschulen besonders wichtig erscheint.

Der wesentliche Kostenfaktor für die Durchführung von E-Assessments besteht in der Erstellung der Aufgaben. Daher ist es sinnvoll, wenn Lehrende ihre Aufgaben digitalen Repositorien zur Verfügung stellen und die dort verfügbaren Aufgaben nutzen. Die Vorteile international verfügbarer Aufgabensammlungen sind an anderer Stelle seit längerem greifbar durch Sammlungen von mathematischen Diagnose- und Konzeptfragen für das Lehrformat Peer Instruction.³

3.3 Formatives Assessment als zeitloses Gestaltungselement digital gestützter Mathematiklehre

Prüfungen sind ein fester Bestandteil im Bildungsbereich. Für das Ermöglichen von Lernen spielen sie jedoch bestenfalls die Rolle einer Autopsie: Lehrende können dadurch im Nachhinein erfahren, was beim Lernen schief gegangen ist. Das Ermöglichen von Lernen braucht allerdings auch Biopsien. Formative Assessments können dies gut leisten.

Das Ziel formativer Assessments besteht darin, den Lernprozess mithilfe lernbegleitend gesammelter Informationen zu gestalten und zu verbessern. Diese Informationen können beispielsweise durch Lernkontrollfragen gewonnen werden. So erfahren Lernende einerseits ihren eigenen Fortschritt in Bezug auf die Lernziele. Lehrende erfahren andererseits den Lernfortschritt der Lernenden und können auf Grundlage dieser Information ihre Lehre entsprechend anpassen. Wenn formative Assessments den Hinweis geben, dass Studierende jüngst gelehrt Konzepte, auf die der weitere Stoff aufbaut, nur unzureichend verstanden wurden, hat es wenig Sinn, im Stoff fortzufahren. Formative Assessments haben wie eine Biopsie diagnostischen Charakter und erlauben informierte Eingriffe.

Formative Assessments sind ein wesentlicher Baustein von dem, was landläufig als aktivierende Lehre bezeichnet wird. Gerade in den WiMINT-Disziplinen spricht der Stand der Wissenschaft sehr deutlich für ihren Einsatz (Freeman et al., 2014). Zu den im WiMINT-Bereich am häufigsten anzutreffenden und erwiesen wirksamen Realisierungen zählen Peer Instruction und Just in Time Teaching (Mazur, 2017; Riegler, 2019; Simkins & Maier, 2010). Letzteres ist eine Variante von Flipped Classroom (Fischer & Spannagel, 2012), bei der die Lehrveranstaltungszeit dazu dient, im Vorfeld mittels E-Assessment diagnostizierte fachliche Schwierigkeiten auszuräumen. Bei Peer Instruction werden konzeptuelle Schwierigkeiten während der Veranstaltungszeit unter Verwendung von Classroom-Response-Technologie (z. B. Smartphone oder dedizierte Geräte wie Clicker) diagnostiziert.

Formative Assessments berücksichtigen in der Regel von selbst Aspekte wie Motivation, Heterogenität und Zugehörigkeitsgefühl. Zeitnahes Feedback, Kompetenzerleben und bei manchen Methoden die soziale Einbindung der Studierenden begünstigen Motivation und Zugehörigkeitsgefühl (vgl. Kap. 3.4). Durch das Feedback an Lehrende werden Aspekte der Heterogenität evidenzbasiert sichtbar und helfen, die Lehre nicht an hypothetisierten „mittleren Studierenden“ auszurichten.

3 z. B. MathQUEST (mathquest.carroll.edu) und Good Questions at Cornell (pi.math.cornell.edu/~GoodQuestions)

Formative Assessments werden oft und vor allem bei großen Teilnehmendenzahlen erst durch Digitaltechnik realisierbar. Der Einsatz von Lernkontrollfragen ist ohne die automatisierte Aus- und Bewertung und die schnellen Feedbackzeiten bei E-Assessment von Lehrenden kaum leistbar (vgl. Kap. 3.2). Dies bedeutet jedoch nicht, dass E-Assessments immer als formative Assessments betrachtet werden können. Realisierungen, in denen die Ergebnisse nicht auch von Lehrenden zur Kenntnis genommen werden und ggf. zu einer Anpassung der nachfolgenden Lehraktivitäten führen, erfüllen nicht alle definitionsgemäßen Eigenschaften formativer Assessments (Feedback für Studierende und Lehrende).

Ein Beispiel für die Realisierung formativer Assessments findet sich bei Wolf et al. [2014] für eine Analysis-Veranstaltung, bei Camp et al. [2010] für eine Statistik-Veranstaltung und bei Altieri [2022]. Dort werden wöchentlich digitale Aufgaben genutzt, um den weiteren Verlauf der Veranstaltung auf Grundlage von zeitnahe, auf Moodle basierendem Learning Analytics zu steuern: Die Besprechung von Aufgaben, die mehrheitlich gelöst werden, wird bedarfsweise an Tutorien oder Sprechstunden delegiert, während Aufgaben, bei denen sich gehäuft Verständnisprobleme oder Fehlvorstellungen zeigen, im Plenum vertieft aufgearbeitet werden.

3.4 Motivationsfördernde Gestaltung des Lehrens und Lernens von Mathematik

Motivation wird landläufig in den Bedeutungen „Interesse“ und „Begeisterung“ verwendet und das Scheitern mathematischer Bildungsprozesse zumindest teilweise auf einen Mangel an Motivation bei den Studierenden zurückgeführt. Die psychologische Forschung zeichnet dagegen ein anderes Bild. Dweck und Leggett [1988] beobachten zwei grundlegende Motive in Lernprozessen, die sie als Mastery Orientation und Performance Orientation bezeichnen. Beide Orientierungen gehen mit charakteristischen Motiven einher. Das Motiv bei der Performanzorientierung beispielsweise besteht darin, kompetent zu erscheinen. Dieses Motiv kann dazu führen, dass Studierende Risiken vermeiden oder sich nicht an der Lehrveranstaltung beteiligen. Eine fehlertolerante Lehrkultur kann helfen, dieser Motivlage entgegenzuwirken.

Die Selbstbestimmungstheorie von Ryan und Deci (2002) nennt drei Aspekte, die Studierende Motivation erleben lassen: Autonomieerleben (z. B. durch Wahlmöglichkeiten), Kompetenzerleben und soziale Einbindung. All dies lässt sich durch Lehrhandeln begünstigen und auch digital unterstützen:

- Zeitnahes Feedback bei formativen Assessments (vgl. Kap.3.3) fördert Kompetenzerleben.
- Wahlmöglichkeiten, z. B. bei der Bearbeitung von Aufgaben, fördern Autonomieerleben.
- Lehrmethoden wie Peer Instruction, die Zusammenarbeit und Kommunikation zwischen Studierenden als integralen Bestandteil haben, begünstigen sowohl die soziale Einbindung der Studierenden als auch eine angstfreie Fehlerkultur.

Generell berücksichtigen viele forschungsbasierte Veranstaltungskonzepte und Gestaltungselemente wie beispielsweise Just in Time Teaching, Peer Instruction, Problembasiertes Lernen und Gamification motivationale Aspekte. Exemplarisch werden hier Anwendungen von Problembasiertem Lernen und Gamification in der Mathematiklehre näher erläutert.

Problembasiertes Lernen

Die Integration von anwendungsbezogenen Aufgaben, die möglichst nah an der Lebenswirklichkeit und dem Studienziel der Studierenden sind, kann gleichermaßen hilfreich und motivationsförderlich sein. Eine Methode, die dies auf strukturierte Weise ermöglicht, ist Problembasiertes Lernen (PBL). Metaanalysen zeigen, dass PBL konventionellen Lernumgebungen insbesondere dann überlegen ist, wenn die Vernetzung von Konzepten sowie die praktische Anwendung von Wissen im Vordergrund stehen (Gijbels et al., 2005; Dochy et al., 2003; Walker & Leary, 2009). Die Anwendung von PBL in der Hochschullehre der Mathematik kann inzwischen auf einen reichen Erfahrungsschatz zurückblicken (Roh, 2003).

Wolf et al. (2013) geben eine allgemeine Einführung (2013) in den Ablauf von PBL und beschreiben mehrere Umsetzungsbeispiele in der Mathematik. Altieri & Schirmer (2019) zeigen für einen mathematikdidaktisch fundierten PBL-Kurs, dass ein tieferes Verständnis bei Lernenden unabhängig von deren Rechenfertigkeit erreicht wird.

Gamification

Gamification bezeichnet die Anwendung spieltypischer Elemente in spielfremden Kontexten (Deterding et al., 2011). In Form von Belohnungen, Auszeichnungen, Ranglisten und vielen weiteren spieltypischen Elementen begleitet Gamification den menschlichen Alltag bereits seit Jahrhunderten. Entsprechend ist Gamification heute fester Bestandteil des App-Alltags: Fitness-Apps belohnen das Erreichen von Schrittzahlen, Sprachlern-Apps vergeben Lernpunkte, Levelaufstiege und Streaks für kontinuierliches Lernen. Projektmanagement-Apps nutzen Fortschrittsbalken und belohnen das Erledigen von Aufgaben, Shopping-Apps vergeben Treuepunkte. In allen Fällen ist das Ziel von Gamification, die Motivation zu erhöhen, eine Aufgabe zu erledigen (Shi et al., 2014). Die Wirksamkeit von Gamification lässt sich unter anderem mit Motivationstheorien wie der Selbstbestimmungstheorie von Ryan und Deci (2002) und der Flow-Theorie (Csikszentmihalyi, 1990) gut erklären (Sailer, 2016).

Für das Lehren und Lernen an Hochschulen bieten die meisten Learning-Management-Systeme ein reichhaltiges Spektrum an Gamification-Elementen. In Moodle lassen sich beispielsweise Badges für den erfolgreichen Abschluss eines Tests vergeben, das Moodle-Plugin Level Up XP ermöglicht das Sammeln von Erfahrungspunkten und Levelaufstiege, das Plugin STASH bietet eine virtuelle Schatzsuche, bei der Objekte gefunden, gesammelt und getauscht werden können. Ein erweiterter Überblick über einige der in Moodle bzw. Moodle-Plugins verfügbaren Elemente in Anlehnung an die Auflistung spieltypischer Elemente von Werbach und Hunter (2012) findet sich in Anhang 1.

Die Integration von Gamification in die eigene Lehre ist nicht in jedem Fall und bei allen Lernenden erfolgreich. Mitunter werden Umsetzungsversuche als „chocolate-covered broccoli“ (Laurel, 2001) bezeichnet, wenn Lerninhalte mit Unterhaltungselementen „überzuckert“

werden, ohne dass die mit dem Lernen verbundenen Herausforderungen adressiert werden. Untersuchungen von Altieri und Dechant-Herrera (in Vorbereitung) zeigen ein indifferentes Meinungsbild der Lernenden bei zwei gamifizierten Selbstlernkursen zur Ingenieurmathematik, das einer U-Verteilung gleicht: Studierende sind im hier untersuchten Fall von Gamification entweder begeistert oder mögen diese nicht besonders. Es erscheint daher wichtig, Gamification mit einem gut durchdachten Ziel einzusetzen und sie als ein Gesamtkonzept zu denken, das über eine reine Kombination spieltypischer Elemente hinausgeht. Ein entsprechendes Vorgehen stellen Werbach und Hunter (2012) vor.

3.5 Heterogenitätssensitive digitale Lehre und Tools

Verschiedene Aspekte charakterisieren die Heterogenität der aktuellen Studierendenschaft (vgl. Kap. 2.2). Dieses Kapitel zeigt Möglichkeiten, barrierebedingte Heterogenität und damit einhergehende Bedarfe wahrzunehmen und Barrieren mit digitalen Mitteln abzubauen. Hierbei wird deutlich, dass die Verbesserung von Barrierefreiheit nicht nur Teilhabechancen von Studierenden mit gesundheitlichen Beeinträchtigungen stärkt. Durch den Fokus auf maximale Zugänglichkeit können auch Barrieren in Zusammenhang mit anderen Heterogenitätsaspekten sowie der zunehmenden Internationalisierung abgebaut werden. Zudem steigert Barrierefreiheit die generelle Qualität der Lehre, sodass alle Studierenden profitieren. Dies wird beispielhaft an der Gestaltung von Lehrvideos, -texten und Abbildungen gezeigt.

Ein Grundprinzip bei der barrierefreien Gestaltung von Lehrvideos ist das Zwei-Sinne-Prinzip. Die fordert, dass jegliche Informationen über mindestens zwei Sinne (z.B. visuell und auditiv) vermittelt wahrnehmbar sein sollen. Jegliche gesprochene Informationen bekommen daher im Nachgang textuelle Alternativen in Form von Untertiteln. Umgekehrt sollen auch visuelle Komponenten lautsprachlich erläutert werden. Wenn dies einmal nicht (vollständig) möglich ist, werden die Beschreibungen zu bspw. gezeigten Formeln, Diagrammen oder Tabellen in lautsprachlichen Audiodeskriptionen aufgenommen und an passender Stelle in das Video geschnitten.

Vor allem bei Erläuterungen von Formeln in der Mathematik ist dabei auf Eindeutigkeit zu achten. So wird beispielsweise eine Formel wie $a+b^2$ häufig als „a plus b hoch zwei“ vorgelesen. Sehende Studierende erkennen, dass die Summe quadriert ist. Blinde oder sehbeeinträchtigte Studierende haben nicht diese Möglichkeit und der Ausspruch kann so interpretiert werden, dass sich das „hoch zwei“ nur auf das b bezieht. Die Klammern sollten daher mitgesprochen werden, um eine Eindeutigkeit zu gewährleisten.

Ein Beispiel heterogenitätssensitiver digitaler Lehre mit Videos ist das [BaLLviHo Projekt](#). Hier werden mathematische und statistische Inhalte in Lehrvideos barrierefrei zur Verfügung gestellt. In einem praxisorientierten [Leitfaden zur Produktion barrierefreier Lehrvideos in der Hochschullehre](#) wird zudem gezeigt, wie der Umsetzungsprozess gestaltet werden kann. Eine Videoversion in Deutscher Gebärdensprache gehören ebenfalls zu den Angeboten. Zusätzlich wird zu jedem Video noch ein beschreibendes, barrierefrei formatiertes [Transkript](#) aufbereitet und zur Verfügung gestellt. Diese sind für Hilfsttechnologien auslesbar, können stark vergrößert werden, sind maschinenlesbar und bieten daher allen Studierenden einen Mehrwert. Die Videos und Transkripte werden zu-

dem als OER bereitgestellt, um die Fachinhalte auch beeinträchtigten Studierenden anderer Institutionen und anderen interessierten Personen zugänglich zu machen.

Large Language Models (LLMs, z. B. Whisper) oder digitale Lösungen mit Cloud-Anbindung wie Microsoft 365 können dazu genutzt werden, automatisierte Untertitel live oder für aufgenommenes Material zu generieren. Dies baut Barrieren für hörbeeinträchtigte und taube Studierende ab und hilft internationalen Studierenden gleichermaßen. Zudem stellen sie einen Mehrwert bei störenden Hintergrundgeräuschen oder in geräuschsensiblen Settings beim Ansehen ohne Ton dar. Je nach verwendetem Tool ist es zudem möglich, dass bei akzentreicher Aussprache die Untertitel je nach Zuhörendem besser verständlich sind als die Lautsprache. Sofern die Transkriptionen speicherbar sind, können sie im Anschluss unter Berücksichtigung der Standards als barrierefreie Transkripte aufbereitet werden. Auch hier können KI-Tools, u. a. zur Erstellung von Alternativtexten, behilflich sein. Das Anwendungsfeld von Transkripten ist um verschiedene Szenarien erweiterbar: fehlende Bandbreite für das Schauen eines Videos, aber genügend für das Herunterladen oder Online-Betrachten einer PDF-Datei, zum Lernen spezifisch die Erläuterung einer Sequenz oder einer Folie erneut erarbeiten, ohne in einem Video die passende Stelle finden zu müssen und beispielsweise das Wiederholen von Inhalten auch wenn keine Mitschrift vorhanden ist.

Die Produktion von Erklärvideos ist heute durch KI-Unterstützung nicht mehr nur mit Hilfe von Medienexpert:innen möglich, sondern kann auch durch Fachexpert:innen erfolgen, die wenig Expertise in der Medienproduktion haben. Inzwischen lassen sich Avatare der eigenen Personen entwerfen und mit wenigen Klicks nahezu lebensecht in Videos umsetzen. Dazu lässt sich die eigene Stimme klonen und via Text To Speech in das Video integrieren, ohne dass Text eingesprochen werden muss. Die anschließende Übersetzung in beliebige Sprachen übernimmt die Software inklusive Anpassung der Lippsynchronisation an die gewählte Sprache. Eine Demonstration findet sich bei Hösl (2025). Damit stehen leistungsfähige KI-gestützte Instrumente bereit, um eigene vorlesungsbegleitende oder -ergänzende Erklärvideos einer internationalen Studierendenschaft in nahezu jeder beliebigen Sprache zugänglich zu machen und dadurch wichtige Aspekte der Bildungsgerechtigkeit und Diversität zu adressieren.

Durch die bei LLMS vorhandene Bilderkennung kann eine Beschreibung für Grafiken oder der zugrunde liegende LaTeX-Code von eingespeisten Formeln generiert werden und als auslesbarer Alternativtext in Lehrmaterialien bereitgestellt werden, um die für blinde oder sehbeeinträchtigte Studierende nicht sichtbaren Inhalte zugänglicher zu gestalten. Mit LaTeX generierte Dokumente sind nicht per se barrierefrei, da die Dokumentstruktur und alles Grafische durch eine fehlende, auslesbare tag-Struktur unzugänglich bleibt.⁴ Je nach gewünschtem Bereitstellungsformat können mit MathJax oder in Markdown geschriebene mathematische Inhalte durch die bessere Auslesbarkeit Abhilfe schaffen. Fisseler (2020) gibt dazu praxisnahe Hinweise.

4 Unterschiedliche Repositorien stellen Hinweise bereit, um die Barrierefreiheit von LaTeX Dokumenten zu steigern, siehe bspw. The [LaTeX Project](#), der Beitrag der [Michigan State University](#) oder des [Hochschulforum Digitalisierung](#).

Als weiteres digitales Tool bietet sich beispielsweise der Color Contrast Analyser zur Bestimmung barrierefreier Farbkontraste an. Auch eine Farbfehlsichtigkeitssimulation als digitales Tool kann verwendet werden, um die Aussagekraft von Grafiken und Bildern zu prüfen, die farblich kodierte Informationen vermitteln, die bspw. bei einer Rot-Grün-Sehschwäche nicht mehr eindeutig zuordenbar sind. Wahrscheinlich werden zukünftig auch vermehrt KI-Mechanismen in Lernmanagementsystemen Feedback zu technisch prüfbaren Barrierefreiheitskriterien für hochgeladene Materialien geben wie [Blackboard Ally](#). Zu hoffen ist, dass die Anbieter mathematischer Software und Tools zunehmend technische Barrierefreiheit auf ihre Entwicklungsroadmap setzen, um die Bedienbarkeit für alle (z. B. auch über Keyboard oder mit Screenreader) sicherzustellen.

Auch mit KI-Unterstützung erfordert die Bereitstellung barrierefreier Lehrmaterialien Ressourcen, mindestens in Form von Zeit und eines gut organisierten Workflows. Ergänzend ist es sinnvoll, Transparenz über organisatorische Bedingungen der Lehrveranstaltung und verknüpfte Erwartungen an Studierende herzustellen, sowie Barrieren in der Didaktik abzubauen. Das UDL-Konzept⁵ bietet dafür drei Gestaltungsprinzipien mit jeweils neun weiteren Richtlinien (Checkpoints), um die flexible Ausgestaltung der Lernangebote zu realisieren (Meyer et al., 2014). Besonders Wahlmöglichkeiten in der Bearbeitungsform (Planung alternativer Aufgaben, z.B. Einzel- statt Gruppenarbeit, schriftlich statt mündlich) sowie Wahlmöglichkeiten in der Perzeption (z. B. durch die Bedienung des Zwei-Sinne-Prinzips) zu bieten, fördert neben anderen Punkten den Barriereabbau für viele Beeinträchtigungsformen.

Durch die Beachtung von Barrierefreiheit von Anfang an müssen beeinträchtigte Studierende keine Anpassungen nach geschehener Benachteiligung einfordern und Lehrende keine Einzelfalllösungen im Nachhinein finden. Anpassungen im Nachhinein sind zeit-, kosten- und personalintensiv und oft nicht optimal möglich. Ein Beispiel ist die Verwendung von rot und grün als farbliche Markierungen in Formeln. Bei Farbfehlsichtigkeiten stellt dies oft eine nicht unterscheidbare Darstellung dar. Eine Anpassung dieser Farben oder (idealerweise) die Hinzufügung weiterer Unterscheidungsmerkmale bedeutet oft das doppelte Erstellen von Materialien. Wird von Anfang an darauf geachtet, Farben mit ausreichenden Kontrasten und weitere Unterscheidungsmerkmale zu nutzen, geht dies zum einen irgendwann in die Routine über, so wie es zuvor eventuell die Verwendung von rot und grün war, und zum anderen erfolgt eine Zeitersparnis, da Material nur einmalig erstellt werden muss. Dies ist auf viele Thematiken übertragbar, als Beispiele in der Mathematik sind vor allem Markierungen in Formeln zur Erläuterung der Bedeutung verschiedener Variablen oder auch verschiedener Funktionen in einem Koordinatensystem zu nennen. Durch die konsequente Beachtung von Barrierefreiheit – so wie es rechtliche Anforderungen vorsehen – wird mit einem solchen Ansatz die Zugänglichkeit der Lehrinhalte für alle gewährleistet.

Die Möglichkeiten von KI, Barrieren abzubauen, werden in Zukunft zunehmen und an Qualität gewinnen. Auch wenn sie bereits eine Arbeitserleichterung bieten, sind sie noch nicht perfekt: Wie noch häufig bei automatisierten Lösungen, stehen Lehrende noch in der Verantwortung,

5 Universal Design for Learning zielt darauf ab, eine Lernumgebung zu gestalten, die für alle Lernenden zugänglich ist und ihre Lernerfahrungen optimiert.

kleine Fehler in generierten Untertiteln zu korrigieren, oder generierte Bildbeschreibungen unter Berücksichtigung des spezifischen Verwendungskontext zuzuspitzen und zu ergänzen.⁶ Auch bei der Verwendung von KI zur Umwandlung von handgeschriebenem Text in gedruckten Text ist die Fehleranfälligkeit zu beachten. Nichtsdestotrotz bieten KI-Tools hier eine Möglichkeit, handschriftliche Texte für blinde Studierende überhaupt erst zugänglich zu machen.

3.6 Interne und externe Vernetzung als eine Gelingensbedingung für die Realisierung innovativer und digital gestützter Lehre

Die vorangegangenen Ausführungen zeigen, dass bei der Erstellung digitaler Angebote für die Mathematiklehre verschiedene Akteursgruppen involviert sind. Es braucht daher Strukturen und Prozesse, die die Akteure zusammenbringen - sowohl innerhalb von Hochschulen, zwischen Hochschulen und innerhalb des Bildungssystems.

Vernetzung Schule-Hochschule: Die cosh-Initiative

Wie bereits mehrfach thematisiert ist der Übergang von Schule zur Hochschule für viele Studienanfänger:innen herausfordernd. Sie wissen oft nicht, was sie erwartet und wie sie mit den Veränderungen umgehen sollen, die der Übergang mit sich bringt. Auch für Lehrende an Schulen und Hochschulen liegt nicht auf der Hand, welche Anforderungen dieser Übergang für sie mit sich bringt. Lehrenden an Schulen ist nicht immer klar, worauf sie ihre Schüler:innen vorbereiten sollen. Lehrenden an Hochschulen ist nicht immer klar, was sie bei ihren Studienanfänger:innen voraussetzen dürfen. Die damit verbundenen Problematiken und der korrespondierende Informations- und Kommunikationsbedarf sind in der Mathematik besonders spürbar.

Die Initiative „cooperation schule:hochschule“ (cosh) schafft Räume für eine solche Kommunikation über Mathematik-Lehre über beteiligte Bildungseinrichtungen hinweg (Hochschulen und alle Arten von schulischen Sekundarstufen). Sie führt Lehrende aus Schulen und Hochschulen zu einem Dialog zusammen und setzt sich für eine verbesserte Zusammenarbeit zwischen den Bildungseinrichtungen ein. Entstanden sind so regionale Kooperationen zwischen Mathematiklehrenden an Schulen und Hochschulen und tragfähige Netzwerke der Beteiligten mit regelmäßigen Präsenz- und Online-Treffen. Die inhaltliche Arbeit von cosh umfasst die Analyse der Ursachen der fachlichen Schwierigkeiten, die Studierende zu Studienbeginn haben und die Entwicklung und Durchführung benötigter Maßnahmen wie Diagnoseinstrumente und Angebote für Schulabgänger:innen zur Minderung dieser Schwierigkeiten.

Entstanden ist cosh 2002 zunächst in Baden-Württemberg (www.cosh-bw.de). Nach dem dortigen Vorbild gibt es cosh-Initiativen auch in anderen Bundesländern (Bayern, Berlin, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Schleswig-Holstein). In Baden-Württemberg ist neben

6 Der Leitfaden „Gut fürs Image“ bietet ausführliche Anleitungen, um die Erstellung von Bildbeschreibungen zu üben.

Mathematik inzwischen auch Physik ein weiterer Arbeitsschwerpunkt.

Vernetzung innerhalb der Hochschule

Insbesondere an Hochschulen mit einem technisch geprägten Profil sind mathematische Inhalte in nahezu allen Studiengängen curricular verankert. Neben den Lehrenden selbst sind oftmals interne Servicestellen (beispielsweise ein Kompetenzzentrum Digitale Lehre) an der Erstellung von digitalen Lehrformaten beteiligt. Darüber hinaus sind die Mitarbeitenden zu nennen, die für die technische Implementierung und den IT-Support zuständig sind (beispielsweise aus dem Rechenzentrum).

Um einerseits Erfahrungen aus der Entwicklung von digitalen Lehrformaten auszutauschen sowie gelungene Umsetzungsbeispiele zu identifizieren und zu übertragen und andererseits das Zusammenwirken der beteiligten Personengruppen optimal zu gestalten, ist ein hochschulinterner Wissens- und Erfahrungsaustausch der beteiligten Personengruppen anzustreben. Dazu können alle Akteursgruppen, die an einer Hochschule an der Erstellung, Implementierung und Ausreichung digitaler Mathematikinhalte beteiligt sind, zusammengebracht werden. So können die durchgeführten Aktivitäten in einem stringenten hochschulweiten Konzept koordiniert und die Perspektiven aller Beteiligten, von der technischen Umsetzung und Administration bis hin zur Implementierung in den Lehrveranstaltungen berücksichtigt werden.

Die OTH Amberg-Weiden hat ein neues Format des innerhochschulischen Austausches erprobt, bei dem insbesondere die Zusammenarbeit an Schnittstellen im Fokus stand. In einem ganztägigen Schnittstellenworkshop kamen Stakeholder aus verschiedenen Bereichen der Hochschule zusammen. Der Workshop, der in Räumlichkeiten außerhalb der Hochschule stattfand, wurde von zwei externen Moderatorinnen begleitet. Zielsetzung des Tages war es, Abläufe an Schnittstellen der Zusammenarbeit zu verstehen, um diese noch besser gestalten zu können.

Im Rahmen einer ersten Übung mit dem Titel „Mein Tag, dein Tag“ ging es darum, die (vermuteten) Abläufe des Gegenübers im Arbeitsalltag zu beschreiben. Die Perspektive des Gegenübers kann entscheidend dazu beitragen, einen empathischen Umgang miteinander zu finden. In den Gesprächen zeigte sich, dass trotz eines oftmals guten Verständnisses für die jeweiligen Aufgabenfelder detailliertes Wissen über die Aufgaben im Einzelnen fehlte.

In einer weiteren Übung gaben sich die Teilnehmenden in Kleingruppen Rückmeldungen, welche Aspekte der bilateralen Zusammenarbeit bereits gut funktionieren und an welchen Stellen es gegebenenfalls noch Herausforderungen gibt. Auch hier half die Außenperspektive, konkrete Verbesserungspotentiale aufzuzeigen und ein gemeinsames Verständnis zu erzeugen.

Vernetzung zwischen Hochschulen

Eine Möglichkeit zur hochschulübergreifenden Vernetzung bietet das von der Stiftung Innovation in der Hochschullehre geförderte „Deutsche Zentrum für digitale Aufgaben in der

Hochschullehre“ [DZdA]. Das deutschlandweit operierende Zentrum hat das Ziel, allen Lehrenden langfristig eine Infrastruktur für qualitätsgeprüfte, mehrsprachige digitale Aufgaben bereitzustellen. Dozierende haben die Möglichkeit, digitale Aufgaben entwickeln zu lassen und erhalten auf Wunsch sowohl technische als auch didaktische Unterstützung beim Einsatz digitaler Aufgaben in der eigenen Vorlesung.

Ein STACK-Newsletter [Altieri, 2025a] informiert eine wachsende Community regelmäßig über aktuelle Entwicklungen rund um das Thema „digitale Aufgaben“. Auf der STACK-Connect-Homepage [Altieri 2025b] können sich Interessierte vernetzen und direkt miteinander in Kontakt treten. Ein wesentlicher Vorteil dieser Homepage liegt darin, dass dank verschiedener Filter nach Personen gesucht werden kann, deren Profil den eigenen Interessen ähnelt.

3.7 Frühwarnsysteme zur Vorbeugung von Schwund und Studienabbruch

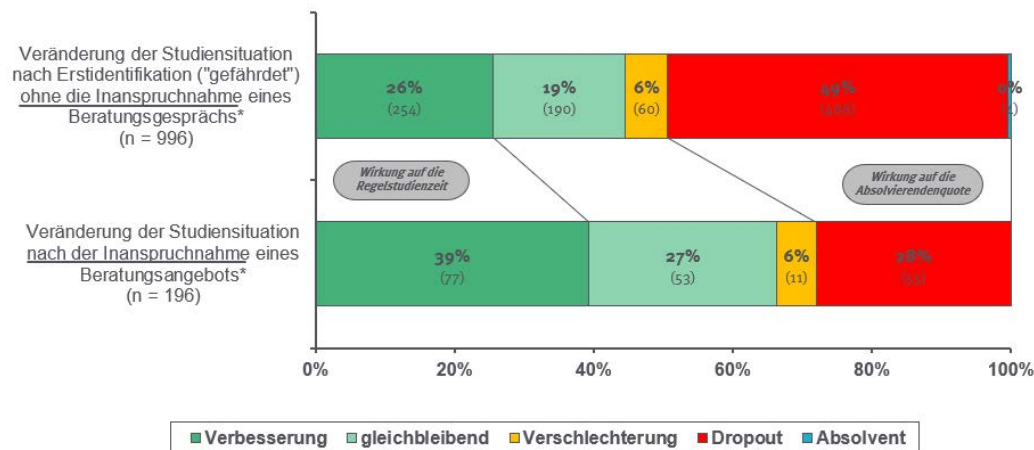
In den vorangegangenen Kapiteln wurden Anregungen formuliert, wie sich die Mathematiklehre digital unterstützen lässt, um einen lernförderlichen Mehrwert für Studierende zu schaffen. Die besten Methoden sind jedoch wirkungslos, wenn sie die Studierenden nicht mehr in der intendierten Form erreichen, beispielsweise weil sie sich in einer Krisensituation befinden. So gelten an Hochschulen, die über geeignete Messinstrumente und Monitoringstrategien verfügen, etwa ein Drittel der Studierenden als abbruchgefährdet, was sich mit der hohen Zahl an Studienabbrüchen und -wechseln von rund 50% deckt (MINT-Nachwuchsbarometer, 2024).

Ein Studienabbruch ist ein einschneidendes Erlebnis. Schon lange davor kann die psychische Gesundheit leiden. Das Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt (BMFTR) fokussiert sich darauf in der aktuellen Förderlinien (vormals Bundesministerium für Bildung und Forschung 2023, überarbeitete Version BMFTR 2025). Eine systematische Übersichtsarbeit von Richardson et al. [2012] identifiziert Stress, Prüfungsangst und mangelnde Resilienz als wesentliche Prädiktoren für akademisches Scheitern. Depressionen und Angststörungen treten besonders häufig bei Studierenden auf und korrelieren negativ mit dem Studienerfolg [Ibrahim et al., 2013]. Diese Faktoren sind bei internationalen Studierenden oft ausgeprägter, da sie zusätzlich mit kulturellen Anpassungsschwierigkeiten, Diskriminierung und sprachlichen Barrieren konfrontiert sind [Smith & Khawaja, 2011]. Die Ergebnisse der internationalen Studie World Mental Health Survey Initiative [Auerbach et al., 2018] zeigen, dass etwa 35% der Studierenden weltweit mindestens eine psychische Erkrankung aufweisen, was das Risiko eines Studienabbruchs erheblich erhöht. Passgenaue Maßnahmen, die frühzeitig auf diese psychischen Belastungen abzielen, sind daher entscheidend.

An der OTH Amberg-Weiden wird im Rahmen des Frühwarnsystems students@risk [Altieri & Morgenstern, 2025] durch das Student Development Center [Morgenstern, 2025] der Leistungsverlauf aller Bachelorstudierenden gemonitort, um im Falle der indikatorbasierten Erkennung einer Abbruchgefährdung frühzeitig intervenieren zu können. Im genannten Beispiel werden abbruchgefährdete Studierende kontaktiert und zu einem

Beratungsgespräch eingeladen. Studierende, die das Beratungsangebot annehmen, verbessern ihre Studiensituation häufiger und brechen ihr Studium seltener ab als Studierende, die das Beratungsangebot nicht annehmen (Abb. 2).

Frühwarnsysteme mit Beratung sind in der deutschen Hochschullandschaft seit ca. 15 Jahren in Diskussion und Umsetzung. Inzwischen verfügen 48% der Fachbereiche über ein solches System (Hachmeister & Berghoff, 2024). Ein reduziertes System, das beispielsweise nur die Leistung in Barrierefächern wie Mathematik in einem Monitor erhebt, ist bereits mit überschaubarem Aufwand implementierbar. Auch Kontaktaufnahme und Beratungsangebot im Rahmen eines reduzierten Systems, das beispielsweise nur auf der Mathematikleistung basiert, dürften sich positiv auf den Studienverlauf und die Studienerfolgsquote auswirken.



* Studierende und Exmatrikulierte, die keinen aktiven Prüfungsversuch abgelegt haben („Parker“), sind bei den Berechnungen nicht berücksichtigt.

Abbildung 2: Wirksamkeit des Frühwarnsystems: 39% der abbruchgefährdeten Studierenden, die das Gesprächsangebot annehmen, verbessern ihren Status gegenüber nur 26% der Studierenden ohne Beratung. 49% der abbruchgefährdeten Studierenden ohne Beratung exmatrikulieren sich gegenüber 28% der beratenen Studierenden.

4 Abschlussbetrachtungen: Wie viel Kreide, wie viel Cloud?

4.1 Impulse aktiv anwenden: Handlungsempfehlungen an die digitale Gegenwart

Nach der Analyse der Ausgangssituation im Fach Mathematik, der Identifikation zentraler Herausforderungen und Chancen sowie der Darstellung praxiserprobter, digital gestützter Lehrkonzepte, Tools und Initiativen in den vorangegangenen Kapiteln schließt dieses Kapitel die Handreichung mit einer zusammenfassenden Darstellung von Herausforderungen und den daraus abgeleiteten Handlungsempfehlungen in Kapitel 4.1 sowie einer Reflexion der Grenzen und Rahmenbedingungen in Kapitel 4.2 ab.

Die aufgeführten Handlungsempfehlungen gründen auf den in Kapitel 2 skizzierten Ursachen bzw. Kernherausforderungen und bauen auf Kapitel 3 auf: Die dort dargestellten erfolgreichen Formate – etwa Problembasiertes Lernen (3.4), digitale Assessments und STACK-Aufgaben (3.2), barrierefreie und mehrsprachige Materialien (3.5) sowie Frühwarnsysteme (3.7) – werden in ihren strukturellen Implikationen weitergedacht und als Bausteine für institutionelle Strategien positioniert. Die Empfehlungen richten sich an inner- und außerhochschulische Akteursgruppen – von Lehrenden über Studiengangs- und Fakultätsleitungen bis hin zu hochschulpolitischen Entscheidungsträger:innen.

Herausforderungen	Mögliche Ursachen	Handlungsempfehlungen	Adressat:innen
1 Hohe Abbruchquote	Anforderungssprung Studierende nehmen in der Studieneingangsphase einen Anforderungssprung von der Schule zur Hochschule wahr.	1A rechtzeitige Implementierung von Messinstrumenten und Monitoringstrategien wie z.B. Frühwarnsystemen, sowie Beratungsangebote für abbruchgefährdete Studierende (Kap. 3.7)	Student Development Center, Studierendenberatung (1A, 1E)
	Orientierung und Organisation Während der Studieneingangsphase fällt die Studienorientierung und Studienorganisation noch schwer.	1B strategische Integration von Mess-, und Monitoringinstrumenten in Hochschulverträge, Hochschulentwicklungspläne und Fakultätsentwicklungspläne	Qualitätsmanagement, Hochschulentwicklung (1A) Hochschulleitungen, Fakultätsleitungen (1A, 1B)
	Erfahrung Studierende verfügen über wenig Erfahrung zur Einordnung von Relevanz der Inhalte und Anwendungshäufigkeit in Modulen.	1C stärkere Implementierung anwendungsbezogener Elemente z.B. durch Verschränkung der Mathematikveranstaltung mit anwendungsbezogeneren Fächern oder Integration von Lehrmethoden, die den Anwendungsbezug fördern, wie beispielsweise Problembasiertes Lernen (Kap. 3.4)	Lehrende (1C, 1D ggf. gemeinsam mit fachdidaktischer Beratung) Hochschuldidaktik (1C)
		1D Identifizieren des mathematischen Kerns in den schulischen Konzeptualisierungen hochschulmathematischer Begriffe und Verfahren und Transfer der Prinzipien schuldidaktischer Zugänge auf generisch hochschulmathematische Begriffe und Verfahren im Sinne der Struktur-analogie (Kap. 3.1)	Hochschulmathematikdidaktik (1D)
		1E Bereitstellung von (digitalen) Selbstlerneinheiten zur Förderung von Studienorientierung und Studienorganisation	

Herausforderungen	Mögliche Ursachen	Handlungsempfehlungen	Adressat:innen
2 Schwierigkeiten mit der formal- und struktur-mathematischen Prägung akademischer Mathematik	Zugänglichkeit Fehlende Anknüpfung an Erklärungsmodelle und Methoden des schulischen Mathematikunterrichts. Digitalisierung Unzureichende Einbindung erprobter mathematischer digitaler Tools (wie GeoGebra, STACK, ...) in das Lehren und Lernen im Studium Formalismus Die akademische Mathematik weist einen höheren Abstraktions- und Formalisierungsgrad auf als die gewohnte Schulmathematik	2A Berücksichtigung schuldidaktischer Konzepte für das Lehren und Lernen mathematischer Inhalte, die auch Gegenstand der akademischen Lehre sind (z.B. Lehrwerke zur Didaktik der Linearen Algebra bzw. Analysis), und zwar in der eigenen Lehre sowie in den Unterstützungsangeboten der Hochschule 2B Vernetzung und Austausch mit der Schulpraxis und -didaktik (Forschungsgruppen, Schulen und Ausbildungsseminare in der Region - Vorbild: cosh-BW) 2C Plattform bieten für eine gezielt fachdidaktische Beforschung des Lehrens und Lernens von Mathematik an Universitäten und Hochschulen 2D Unterstützen des studentischen Austausches in Arbeitsgruppen, digitalen Foren oder in laufenden Lehrveranstaltungen mittels geeigneter Tools (Feedbacksysteme, Peer Instruction, kollaborative Mindmaps,...),	Lehrende (2A, 2B, 2D) Hochschulmathematikdidaktik (2A, 2C) Hochschuldidaktik (2C) Hochschulleitungen und -fakultätsleitungen (2B)

Herausforderungen	Mögliche Ursachen	Handlungsempfehlungen	Adressat:innen
3 Anschlussverlust im Studienverlauf	Stoffinhalte und Menge Die Stoffinhalte bauen meistens aufeinander auf. Die hohe Stoffdichte intensiviert den Lernrückstand. Motivation Die Motivation sinkt, beispielsweise wegen erster Misserfolge oder anderer Erwartungen an die Lehrveranstaltung. Prüfungen Prüfungen werden nur selten angeboten und die Wiederholungsmöglichkeiten sind begrenzt, dies erschwert den Anschluss im Studienverlauf.	3A flächendeckende Implementierung von digitalen Aufgaben zur Realisierung von Wiederholungsmöglichkeiten (Kap. 3.2) 3B frühzeitige semesterbegleitende Nutzung digitaler Aufgaben und Selbstlernerheiten sowie formativer (E-) Assessments (Kap. 3.3) 3C Einsatz motivationsfördernder Gestaltungselemente wie beispielsweise Gamification, Problembasiertes Lernen und formative (E-)Assessments (Kap. 3.3 und 3.4) 3D Angebot von Prüfungen in jedem Semester oder sogar „on demand“ jederzeit z.B. als digitale Prüfung im PC-Pool	LLehrende, Hochschuldidaktik, IT-Support (3A-3D)

Herausforderungen	Mögliche Ursachen	Handlungsempfehlungen	Adressat:innen
4 Zunehmende Heterogenität	Internationalisierung zur Deckung des Fachkräftebedarfs steigt der Anteil internationaler Studierenden an nahezu allen Hochschulen Föderalismus im Bildungsbereich Lehrpläne in der Mathematik variieren je nach Bundesland stark, was sich auf die mathematische Vorbildung auswirkt. Daraus ergeben sich heterogene Wissensstände der Studierenden. Teilhabemöglichkeiten und Barrieren Die Studierendenschaft wird diverser, während die hochschulischen Strukturen nicht gleich schnell auf einhergehende Bedarfe reagieren und Barrieren abbauen um gleiche Teilhabemöglichkeiten zu garantieren	4A Klare Kommunikation von erwartetem Vorwissen sowie Transparenz über organisatorische Bedingungen und Erwartungen an Studierende 4B Möglichkeit der (selbstständigen) Nacharbeit/Erarbeitung des erwarteten Vorwissens, z.B. in Form eines Vor- oder Brückenkurses, Vorstudiums (0-tes Semester), (digitalen) Selbstlernkurses oder (digitaler) Selbstlerneinheiten, Orientierungsstudiums 4C Erstellung und Verwendung von mehrsprachigen Videos und Transkripten, u.a. durch KI-Unterstützung sowie Erstellung von Lehrmaterial unter Einhaltung des Universal Designs und Barrierefreiheitsstandards (Kap. 3.5) 4D Beachtung der barrierefreien Zugänglichkeit der verwendeten Materialien, Plattformen usw.	Fakultäten, Studiengangsleitungen (4A, 4B) Hochschulkommunikation (34, unterstützend) Lehrende, Gleichstellung (4C, 4D) Hochschuldidaktik (4C unterstützend) IT Services (4D)

Herausforderungen	Mögliche Ursachen	Handlungsempfehlungen	Adressat:innen
5 Unklare Positionierung und geringe Sichtbarkeit der Wi-MINT-Fächer an der Hochschule	Austausch Es fehlt hochschulintern wie -extern an aktorsgruppen-übergreifendem Austausch zu digitalen (fachspezifischen) Lern- und Lehrformaten	5A Zusammenbringen von verschiedenen innerhochschulischen Akteur:innen in Schnittstellenworkshops zur Entwicklung eines gemeinsamen Selbstverständnisses und einer gemeinsamen Haltung (Kap. 3.6) 5B Schaffung von regelmäßigen externen Vernetzungs- und Austauschmöglichkeiten entlang der einschlägigen Bildungskette, z.B. durch Community of Practices und hochschulübergreifend agierende Einrichtungen und Institutionalisierung (Kap. 3.1 und 3.6) 5C Gezielte Förderung von Netzwerkbildung	Hochschulleitungen, Fakultätsleitungen, Referate/IT (5A) Multiplikator:innen wie z.B. Stiftung Innovations in der Hochschullehre, Stifterverband für die deutsche Wissenschaft, Hochschulforum Digitalisierung, Didaktikzentren, Fachgesellschaften, Deutsches Zentrum für digitale Aufgaben in der Hochschullehre, cosh-Initiative (5B, 5C)

Fazit: Wo sich Kreide und Cloud treffen

Digitalisierung sollte nicht als Antagonist, sondern als kooperativer Partner von wissenschaftlich fundierten Prinzipien zum Lehren und Lernen agieren. Im Mittelpunkt stehen dabei nicht die Werkzeuge selbst, sondern der reflektierte Umgang mit Wissen, die Fähigkeit der kritischen Reflexion sowie eine klare Haltung. In allen Bereichen ist ein Zusammenwirken aller Akteursgruppen vonnöten. Digitalisierung ist also kein Selbstzweck, sondern muss begleitend zu bestehenden Maßnahmen genutzt und weiterentwickelt werden. Am Ende ist es das symbiotische Zusammenspiel zwischen Kreide und Cloud, zwischen digital und analog, das uns am Puls der Zeit hält.

4.2 Jenseits von Kreide und Cloud: Grenzen und Rahmenbedingungen

Die aufgeführten Handlungsempfehlungen müssen gerahmt werden von umfassenden Bedingungen, die übergeordnete Bereiche tangieren. Zuvorderst müssen mathematisch-hochschulfachdidaktische und schuldidaktische Erkenntnisse berücksichtigt werden, da sie die wissenschaftliche Grundlage für eine wirksame Lehre bilden. Weiterhin ist es wichtig, digitale Lehre in den Deputatsverordnungen zu berücksichtigen. Die mit Digitalisierung einhergehende Vielfalt von Lehre darf durch Deputatsverordnungen, die Lehrenden handeln mitsteuern, nicht behindert werden. Deputatsverordnungen steuern auch in einer weiteren Hinsicht: Lehre wird weiterhin vorrangig als Stofftransfer gesehen und weniger als Tätigkeit, die Studierende im Lernprozess unterstützt. Lehrverpflichtungsverordnungen messen Lehrleitung vorrangig in Zeit für Stoffübermittlung und tragen dadurch zur Aufrechterhaltung dieser Sichtweise bei. Auch hier ist eine entsprechende Anpassung der Verordnungen notwendig.

Schließlich dürfen übergreifende Barrieren nicht aus dem Blickfeld geraten und als Handlungsfeld intensiviert werden: Barrierefreiheit muss strategisch als wichtige Querschnittsaufgabe in der Institution gesetzt werden, ebenso wie die Generierung eines *students sense of belonging*. Institutionelle Barrieren müssen ferner überwunden werden. Dafür werden personelle, zeitliche und finanzielle Ressourcen auf den verschiedenen Akteursebenen benötigt: so brauchen u.a. Lehrende Zeit, um die Lehrmaterialien an die Standards anzupassen, oder Stellen, die diese Aufgabe übernehmen. Fachkräfte sind erforderlich, um Sensibilisierung und Weiterbildung zur Barrierefreiheit zu sichern sowie digitale Tools und KI-Outputs zu prüfen. Geeignete digitale Lösungen erfordern ferner Investitionen, die aufgrund knapper Budgets oft nicht realisiert werden können sowie Kompatibilitätsgewährleistungen bei der Integration von Barrierefreiheitsfunktionen in bestehende Systeme oder geeignete Tools.⁷ Es bedarf auch hier einer gemeinsamen Verantwortungsübernahme und übergreifender Zusammenarbeit aller Akteursgruppen.

7 Oft werden Implementierungen durch administrative Einschränkungen wie Datenschutzvorgaben behindert. Ein Beispiel hierfür ist die cloudbasierte Funktion zur Erstellung automatischer Live-Untertitel in der App PowerPoint bei Microsoft Office 365. Diese Funktion ist nicht immer institutionell freigegeben, was die Möglichkeit der Live-Untertitelung erheblich einschränkt.

5 Literatur

Altieri, M. & Schirmer, E. [2019]. Learning the concept of eigenvalues and eigenvectors: a comparative analysis of achieved concept construction in linear algebra using APOS theory among students from different educational backgrounds. *ZDM*, 51(7), 1125–1140. <https://doi.org/10.1007/s11858-019-01074-4>

Altieri, M., Horst, J., Kallweit, M., Landenfeld, K. & Persike, M. [2020]. Multi-step procedures in STACK tasks with adaptive flow control. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.3944786>

Altieri, M. [2022]. Tiefes Lernen & Intelligentes Üben – ein digital gestütztes Lehr-/Lernkonzept für evidenzbasierte kompetenzorientierte Lehre in der Ingenieurmathematik. In: Cai, J., Lackner, H., Wang, Q. (Hrsg.), *Jahrbuch Angewandte Hochschulbildung 2020*, 191–212. Springer VS. https://doi.org/10.1007/978-3-658-36004-7_11

Altieri, M. [2025]. Verbreitung von STACK. Abgerufen am 30. Juli 2025, von <https://www.oth-aw.de/forschung/forschungsprofil/forschungs-und-entwicklungsprojekte/ideal/veroeffentlichungen/#in-vorbereitung-verbreitung-von-stack>

Altieri, M. [2025a]. Newsletter Bibliothek. Abgerufen am 30. Juli 2025, von <https://stack-connect.oth-aw.de/newsletter/bibliothek/>

Altieri, M. [2025b]. STACK Connect. Abgerufen am 30. Juli 2025, von <https://stack-connect.oth-aw.de/#map>

Altieri, M. & Morgenstern, K. [2025]. Frühwarnsystem students@risk 2.0. Abgerufen am 30. Juli 2025, von <https://www.oth-aw.de/hochschule/services/studienberatung/student-development-center/arbeitschwerpunkte/fruehwarnsystem-studentsrisk-20/>

Altieri, M. & Dechant-Herrera, K. [in Vorbereitung]. Gamifizierung in Moodle – Evaluation zweier Selbstlernkurse für die Ingenieurmathematik. Forschungsbericht 2026/OTH Amberg-Weiden

Anger, C., Betz, J., Geis-Thöne, W., & Plünnecke, A. [2023]. MINT-Herbstreport 2023. Mehr MINT-Lehrkräfte gewinnen, Herausforderungen der Zukunft meistern: Gutachten für BDA, Gesamtmetall und MINT Zukunft schaffen

Auerbach, R. P., Mortier, P., Bruffaerts, R., Alonso, J., Benjet, C., Cuijpers, P., Demyttenaere, K., Ebert, D. D., Green, J. G., Hasking, P., Murray, E., Nock, M. K., Pinder-Amaker, S., Sampson, N. A., Stein, D. J., Vilagut, G., Zaslavsky, A. M., & Kessler, R. C. [2018]. WHO World Mental Health Surveys International College Student Project: Prevalence and distribution of mental disorders. *Journal of Abnormal Psychology*, 127(7), 623–638

Bach, S. & Altieri, M. [2021]. Drawing Graphs of Differentiable Functions with STACK and JSXGraph using Hermite Splines. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.5035977>

Bach, S. [2025]. Untersuchung von 14 E-Assessmentsystemen zur Umsetzung digitaler Aufgaben mit automatischer Korrektur. Abgerufen am 30. Juli 2025, von <https://www.oth-aw.de>

de/forschung/forschungsprofil/forschungs-und-entwicklungsprojekte/ideal/veroeffentlichungen/#in-vorbereitung-survey-e-assessmentsysteme

Bausch, I., Biehler, R., Bruder, R., Fischer, P. R., Hochmuth, R., Koepf, W., Schreiber, S. & Was-song, T. [2014]. Mathematische Vor- und Brückenkurse. Springer Fachmedien Wiesbaden

Bauer, T., Müller-Hill, E. & Weber, R. [2020]. Diskontinuitäten zwischen Schulmathematik und Hochschulmathematik - eine Ursache für Verstehensschwierigkeiten. Zur Sache. Die Rolle des Faches in der universitären Lehrerbildung

Bauer, T., & Partheil, U. [2009]. Schnittstellenmodule in der Lehramtsausbildung im Fach Mathematik. Mathematische Semesterberichte, 56, 85-103

Berginski, J., Finkbeiner, T., Meister, N. K., & Silbersdorff, A. [2024]. In publica commoda, creating barrier-free educational statistics videos for higher education: insights and evidence from deaf people using German Sign Language (DGS). Statistics Education Research Journal, 23(2). <https://doi.org/10.52041/serj.v23i2.732>

Boaler, J. [2022]. Mathematical mindsets: Unleashing students' potential through creative mathematics, inspiring messages and innovative teaching. John Wiley & Sons

Brüstle, M., Götz, G., & Hirnickel, K. [2021]. Konzeption und praktische Umsetzung eines Mathematik-Brückenkurses im virtuellen Inverted-Classroom-Format. Synchron und asynchron: Berichte, Erfahrungen und Beispiele zur Lehre.# DUAL. ZHL-Schriftenreihe für die DHBW, 5, 11-24

Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt. Vormalis Bundesministerium für Bildung und Forschung [2025]. Förderaufruf von Modul C der Rahmenbekanntmachung im Förderschwerpunkt ‚Wissenschafts- und Hochschulforschung‘ [Bekanntmachung]. Abgerufen am 30. Juli 2025, von <https://tinyurl.com/dy89sn5y>

Camp, M. E., Middendorf, J., & Sullivan, C. S. [2010]. Using just-in-time teaching to motivate student learning. In S. Simkins & M.H. Maier (Hrsg.), Just in Time Teaching (pp. 25-38). Routledge

Christensen, R. B., Dahl, B. & Fajstrup, L. [2023]. Transforming first-year calculus teaching for engineering students – Field specific examples, problems, and exams. In A. Guerra, J. Chen, L. Rea, L. B. Brogaard & E. Lindsay (Hrsg.), Transforming Engineering Education, 303–308. Aalborg Universitetsforlag

Csikszentmihalyi, M. [1990]. Flow: the psychology of optimal experience. Choice Reviews Online, 28(01), 28–0597. <https://doi.org/10.5860/choice.28-0597>

Derboven, W., Winker, G. [2009]: Ingenieurwissenschaftliche Studiengänge attraktiver gestalten. In: Springer eBooks. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-00558-9>

Deslauriers, L., McCarty, L. S., Miller, K., Callaghan, K., & Kestin, G. [2019]. Measuring actual

learning versus feeling of learning in response to being actively engaged in the classroom. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(39), 19251-19257. www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1821936116

Deterding, S., Khaled, R., Nacke, L. E. & Dixon, D. (2011). Gamification: Toward a definition. In *CHI 2011 Gamification Workshop Proceedings*, Bd. 12, S. 1-79

Dochy, F., Segers, M., Van den Bossche, P., & Gijbels, D. (2003). Effects of problem-based learning: A meta-analysis. *Learning and instruction*, 13(5), 533-568. [https://doi.org/10.1016/s0959-4752\(02\)00025-7](https://doi.org/10.1016/s0959-4752(02)00025-7)

Dweck, C. S. (2006). *Mindset: The new psychology of success*. Random house

Dweck, C. (2008). *Mindsets and Math/Science Achievement*. New York: Carnegie Corporation of New York, Institute for Advanced Study, Commission on Mathematics and Science Education

Dweck, C., & Leggett, E. L. (1988). A social-cognitive approach to motivation and personality. *Psychological Review*, 95, 256-273

Epstein, D., Mendick, H. & Moreau, M. (2010). Imagining the mathematician: young people talking about popular representations of maths. *Discourse Studies in The Cultural Politics Of Education*, 31(1), 45-60. <https://doi.org/10.1080/01596300903465419>

Fischer, Maike; Spannagel, Christian (2012): Lernen mit Vorlesungsvideos in der umgedrehten Mathematikvorlesung. *DeLFI 2012: Die 10. e-Learning Fachtagung Informatik der Gesellschaft für Informatik e.V.*. 225-236

Fisseler, B. (2020). *Barrierefreie Dokumente mit Markdown, LaTeX und PDF erstellen*. Hochschulforum Digitalisierung. <https://hochschulforumdigitalisierung.de/barrierefreie-dokumente-mit-markdown-latex-und-pdf-erstellen/>

Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H. & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. 8410-8415

Gailer, B., Bach, S. & Altieri, M. (2024). Automatic assessment of the geometric performance of basic operations with complex numbers: An example question using STACK and JSXGraph. In M. Weinmann (Vorsitz), *Proceedings of the International Meeting of the STACK Community 2024*. Zenodo. Symposium im Rahmen der Tagung von OTH Amberg-Weiden

Gandraß, N., Landenfeld, K., & Priebe, J. (2021). Examuntu: A Secure and Portable Linux-Distribution for Summative E-Assessments at Universities. In H.-U. Heiß, H.-M. Järvinen, A. Mayer & A. Schulz (Hrsg.), *Blended learning in engineering education: SEFI 49th Annual Conference*, 836-843

Gijbels, D., Dochy, F., Van den Bossche, P. & Segers, M. (2005). Effects of Problem-Based

Learning: A Meta-Analysis From the Angle of Assessment. *Review Of Educational Research*, 75(1), 27–61. <https://doi.org/10.3102/00346543075001027>

Gildehaus, L., Göller, R. & Liebendörfer, M. [2021]. Gymnasiales Lehramt Mathematik studieren – eine Übersicht zur Studienorganisation in Deutschland. *Mitteilungen der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik*, 47(111), 27–32. <https://ojs.didaktik-der-mathematik.de/index.php/mgdm/article/download/1032/1177>

Göller, R. [2019]. *Selbstreguliertes Lernen im Mathematikstudium*. Springer Spektrum. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-28681-1>

Götz, M., Mendel, C. [2024]: Das Studium der E-Technik. In: Internationales Zentralinstitut für das Jugend- und Bildungsfernsehen (IZI): Studien zum Image des Studiums der Elektrotechnik. Band 3

Hachmeister, C.-D., & Berghoff, S. [2024]. CHECK – Hochschulzugang und Studieneingang in Deutschland (Stand 2024). CHE. Abgerufen am 30. Juli 2025, von <https://www.che.de/download/check-hochschulzugang-2024/>

Hattie, J. A. C. [2009]. *Visible learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement* [Reprinted.] Routledge

Henderson, C. [2008]. Promoting instructional change in new faculty: An evaluation of the physics and astronomy new faculty workshop. *American Journal of Physics*, 76(2), 179–187

Heymann, H.W. [1995]. *Allgemeinbildung und Mathematik. Bildungstheoretische Reflexionen zum Mathematikunterricht an allgemeinbildenden Schulen*

Hochmuth, R.; Biehler, R.; Liebendörfer, M. & Schaper, N. [2022]. Unterstützungsmaßnahmen in mathematikbezogenen Studiengängen. Konzepte, Praxisbeispiele und Untersuchungsergebnisse. Springer Spektrum. <https://doi.org/nm5s>

Hooper, C. & Jones, I. [2023]. Conceptual Statistical Assessment Using JSXGraph. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 18(01), 269–278. <https://doi.org/10.3991/ijet.v18i01.36529>

Hösl, R. [2025]. Mehrsprachige Videos mit HeyGen. Abgerufen am 30. Juli 2025, von <https://www.oth-aw.de/forschung/forschungsprofil/forschungs-und-entwicklungsprojekte/ideal/veroeffentlichungen/#in-vorbereitung-mehrsprachige-videos>

Ibrahim, A. K., Kelly, S. J., Adams, C. E., & Glazebrook, C. [2013]. A systematic review of studies of depression prevalence in university students. *Journal of psychiatric research*, 47(3), 391–400

Jones, S. [2015]: Areas, anti-derivatives, and adding up pieces: Definite integrals in pure mathematics and applied science contexts. *The Journal of Mathematical Behavior*. 38, S. 9–28

Kember, D. [1997]. A reconceptualisation of the research into university academics' conceptions of teaching. *Learning and instruction*, 7(3), 255-275

Knaut, J., Altieri, M., Bach, S., Strobl, I. & Dechant, K. [2022]. A Theory-Based Approach of Feedback in STACK-Based Moodle Quizzes Taking into Account Self-Regulation and Different Proficiency of Learners. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 17(23), 38–55. <https://doi.org/10.3991/ijet.v17i23.36425>

Knaut, J., Altieri, M. & Bach, S. [2023]. Digitale Aufgaben mit STACK. Abgerufen am 30. Juli 2025, von <https://moodle.oth-aw.de/blocks/demologin/logindemo.php?course=STACK-Demo>

Kraska, M. & Schulz, D. [2021]. Automatic assessment of free body diagrams using STACK. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.5083692>

Kortemeyer, G. & Riegler, P. [2010]. Large-Scale E-Assessments, Prüfungsvor- und -nachbereitung: Erfahrungen aus den USA und aus Deutschland, *Zeitschrift für E-Learning*, Volume 5, Issue 1

Kubocz, M., Lauter, D. & Roth, S. [2024]. Designing graphical physics problems with JSXGraph. In M. Weinmann (Vorsitz), *Proceedings of the International Meeting of the STACK Community 2024*. Zenodo. Symposium im Rahmen der Tagung von OTH Amberg-Weiden

Laurel, B. [2001]. *Utopian entrepreneur*. MIT press.

Liebendörfer, M. [2018]. *Motivationsentwicklung im Mathematikstudium*. Springer Spektrum. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-22507-0>

Loviscach, J. [2011]. Mathematik auf YouTube: Herausforderungen, Werkzeuge, Erfahrungen. In DeLFI 2011-Die 9. e-Learning Fachtagung Informatik, 91-102. Gesellschaft für Informatik e.V.

Lutz, T. [2022-23]. GeoGebra in STACK. Abgerufen am 30. Juli 2025, von https://docs.stack-assessment.org/en/Specialist_tools/GeoGebra/

Mazur, E. [2017]. *Peer Instruction: Interaktive Lehre praktisch umgesetzt*. Springer Verlag GmbH

Mendick, H., Epstein, D. & Moreau, M-P. [2008]. End of award report: Mathematical images and identities: Education, entertainment, social justice. Economic and Social Research Council <https://sp.ukdataservice.ac.uk/doc/6097/mrdoc/pdf/6097uguide.pdf>

Meyer, A., Rose, D. & Gordon, D. [2014]. *Universal Design for Learning: theory and practice*. CAST Professional Publishing, an imprint of CAST, Inc.

MINT-Nachwuchsbarometer [2024]. Acatech und Joachim Herz Stiftung. Abgerufen am 30. Juli 2025, von https://www.joachim-herz-stiftung.de/fileadmin/user_upload/MINT_Nachwuchsbarometer_2024.pdf

Morgenstern, K. [2025]. Student Development Center. Abgerufen am 30. Juli 2025, von <https://www.oth-aw.de/sdc>

Nardi, E. [2017]. Changing classroom culture, curricula, and instruction for proof and proving: how amenable to scaling up, practicable for curricular integration, and capable of producing long-lasting effects are current interventions? In *Educational Studies in Mathematics* 96, 267-274

Neumann, I., Pigge, C. & Heinze, A. [2017]. Welche mathematischen Lernvoraussetzungen erwarten Hochschullehrende für ein MINT-Studium? https://www.telekom-stiftung.de/sites/default/files/malemint_broschure_langfassung2.pdf

Niss, M. [1994]. Mathematics in Society. Didactics of Mathematics as a Scientific Discipline, 367-378

OECD. [2020]. OECD Lernkompass 2030. OECD-Projekt Future of Education and Skills 2030. Rahmenkonzept des Lernens. <https://www.bertelsmann-stiftung.de/de/publikationen/publikation/did/oecd-lernkompass-2030-all>

Pesek, I., Hedžet, J., Hašek, R. & Wassermann, A. [o. D.]. JSXGraph and STACK. Abgerufen am 30. Juli 2025, von https://ipesek.github.io/jsxgraphbook/6_3_stack.html

Pinkernell, G., Diego-Mantecón, J. M., Lavicza, Z., & Sangwin, C. [2023]. Auth0Math: Combining the Strengths of STACK and GeoGebra for School and Academic Mathematics. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 18(03), 201–204. <https://doi.org/10.3991/ijet.v18i03.36535>

Ramsden, P. [2003]. *Learning to Teach in Higher Education*. RoutledgeFalmerRichardson, M., Abraham, C., & Bond, R. [2012]. Psychological correlates of university students' academic performance: a systematic review and meta-analysis. *Psychological bulletin*, 138(2), 353–387

Riegler, P. [2019]. *Peer Instruction in der Mathematik*. Springer

Roh, K. H. [2003]. Problem-based learning in mathematics. ERIC Clearinghouse

Ryan, R. M. & Deci, E. L. [2002]. Overview of self-determination theory: An organismic dialectical perspective. In E. L. Deci & R. M. Ryan (Hrsg.), *Handbook of self-determination research*, 3–33. University of Rochester Press

Sailer, M. [2016]. Die Wirkung von Gamification auf Motivation und Leistung. In Springer eBooks. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-14309-1>

Sangwin, C. [2013]. Computer Aided Assessment of Mathematics. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199660353.001.0001>

Sangwin, C. [2023]. Running an Online Mathematics Examination with STACK. Inter-

national Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET), 18(03), 192–200. <https://doi.org/10.3991/ijet.v18i03.35789>

Shi, L., Cristea, A. I., Hadzidedic, S. & Dervishalidovic, N. (2014b). Contextual Gamification of Social Interaction – Towards Increasing Motivation in Social E-learning. In Lecture notes in computer science, 116–122. https://doi.org/10.1007/978-3-319-09635-3_12

Simkins, S., & Maier, M. (Eds.). (2010). Just in time teaching: Across the disciplines, and across the academy. Taylor & Francis

Smith, R. A., & Khawaja, N. G. (2011). A review of the acculturation experiences of international students. *International Journal of Intercultural Relations*, 35(6), 699–713

Ulriksen, L., Madsen, L. M., & Holmegaard, H. T. (2010). What do we know about explanations for drop out/opt out among young people from STM higher education programmes?. *Studies in science education*, 46(2), 209–244

Walker, A., & Leary, H. (2009). A problem based learning meta analysis: Differences across problem types, implementation types, disciplines, and assessment levels. *Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning*, 3(1), 12–43. <https://doi.org/10.7771/1541-5015.1061>

Weber, J. & Altieri, M. (2024). Gamification für die Lehre. Abgerufen am 30. Juli 2025, von <https://moodle.oth-aw.de/blocks/demologin/logindemo.php?course=GamificationDemo>

Werbach, K. & Hunter, D. (2012). For the Win: How Game Thinking Can Revolutionize Your Business. <http://ci.nii.ac.jp/ncid/BB15159068>

Wolf, K., Kämper, A., & Nissler, A. (2013). „Problembasiertes Lernen“ (PBL) in Mathematik und Technik–Ein Ansatz für mehr Anwendungsbezug und Praxisnähe. In DiNa-Sonderausgabe 2013, Tagungsband zum ersten HD-MINT-Symposium

Wolf, K., Nissler, A., Eich-Soellner, E., & Fischer, R. (2014). Mitmachen erwünscht - aktivierende Lehre mit Peer Instruction und Just-in-Time Teaching. *Zeitschrift für Hochschulentwicklung*. <https://doi.org/10.3217/zfhe-9-04/09>

6 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Dynamisierung, Interaktion und Vernetzungen von symbolischer und graphischer Repräsentation sind in digitalen Aufgaben (hier basierend auf STACK, vgl. Kap. 3) gut realisierbar - ebenso wie ein sofortiges Feedback und randomisierte Aufgabenparameter für ein häufiges Üben mit strukturgleichen Aufgaben	S. 17
Abbildung 2	Wirksamkeit des Frühwarnsystems: 39% der abbruchgefährdeten Studierenden, die das Gesprächsangebot annehmen, verbessern ihren Status gegenüber nur 26% der Studierenden ohne Beratung. 49% der abbruchgefährdeten Studierenden ohne Beratung ex-matrikulieren sich gegenüber 28% der beratenen Studierenden.	S. 29

7 Anhang

Anhang 1. Tabelle 1. Auswahl spieltypischer Elemente zur Gamifizierung von Moodle-Kursen

Element	Ursprung	Kurzbeschreibung	Demo*
Badges	Moodle	Digitale Auszeichnungen, die Lernende für das Erreichen bestimmter Meilensteine oder Leistungen erhalten. Sie können für Aktivitäten wie das Bestehen von Tests, das Abschließen von Modulen oder die aktive Teilnahme im Kurs vergeben werden. Lernende können ihre Badges in ihrem Profil anzeigen oder in externen Portfolios speichern, um ihre Fortschritte nachzuweisen.	ja
Virtuelle Schatzsuche	STASH	Ermöglicht das Sammeln und Verwalten virtueller Gegenstände innerhalb eines Kurses. Lehrende können Objekte an bestimmten Stellen im Kurs „verstecken“, die Lernende durch Interaktionen oder Fortschritte entdecken, einsammeln und tauschen können.	ja
Lernlandkarte	Learning Map	Die Lernlandkarte basiert auf dem Konzept der Lernpfade und visualisiert diese spielerisch. Sie besteht aus einer Hintergrundgrafik mit Pfaden und Orten, die mit Moodle-Aktivitäten verknüpft sind. So lassen sich Lernprozesse anschaulich darstellen und der Fortschritt direkt verfolgen.	ja
Punkte	Level up XP	Lernende sammeln Erfahrungspunkte durch das Abschließen von Aktivitäten oder das Erfüllen bestimmter Aufgaben im Kurs. Die gesammelten Punkte ermöglichen den Aufstieg in höhere Levels, was den Fortschritt sichtbar macht. Lehrende können individuell festlegen, für welche Aktionen Punkte vergeben werden und wie viele Punkte für das nächste Level erforderlich sind.	ja
Level	Level up XP	Durch das Sammeln von Erfahrungspunkten steigen die Teilnehmenden nach und nach in höhere Level auf. Lehrende können individuell festlegen, ob besondere Belohnungen oder Nachrichten beim Aufstieg angezeigt werden.	ja
Fortschrittsbalken	Level up XP Moodle	Der Fortschrittsbalken im Moodle-Plugin Level Up XP zeigt den aktuellen Stand der gesammelten Erfahrungspunkte (XP) und den Fortschritt bis zum nächsten Level. Jedes Mal, wenn eine Aktivität abgeschlossen oder eine bestimmte Aktion im Kurs durchgeführt wird, füllt sich der Balken weiter. Der Fortschrittsbalken Moodle stellt den Lernfortschritt innerhalb eines Kurses dar. Lehrende können festlegen, welche Aktivitäten oder Ressourcen in den Balken einfließen, sodass er sich entsprechend dem individuellen Fortschritt der Lernenden füllt. Der Balken kann farblich angepasst werden, um abgeschlossene, laufende oder noch ausstehende Aufgaben zu markieren.	ja nein
Ranglisten	Level up XP	Zeigt die Platzierung der Lernenden basierend auf ihren gesammelten Erfahrungspunkten. Lehrende können entscheiden, ob die Rangliste für alle sichtbar ist oder anonymisiert dargestellt wird. Optional lassen sich auch Gruppenrankings einrichten, um Teamwettbewerbe zu fördern.	nein
Feedback	STACK	Bietet unmittelbares, adaptives und detailliertes Feedback für digitale Aufgaben. STACK nutzt ein Computeralgebra-System, um Antworten automatisch zu bewerten und individuelles Feedback basierend auf den Eingaben der Lernenden zu geben. So können nicht nur richtige oder falsche Lösungen erkannt, sondern auch teilweise richtige Antworten analysiert und gezielt kommentiert werden. Lehrende können Feedbackregeln festlegen, um Hinweise oder Rückmeldungen je nach Fehlerart zu geben.	**

*Weber und Altieri (2024) ** siehe Knaut et. al (2023)

Impressum



Dieses Werk ist unter einer Creative Commons Lizenz vom Typ Namensnennung - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International zugänglich. Um eine Kopie dieser Lizenz einzusehen, konsultieren Sie <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>. Von dieser Lizenz ausgenommen sind Organisations-logos sowie falls gekennzeichnet einzelne Bilder und Visualisierungen.

ISSN (Online) 2365-7081; 11. Jahrgang

Zitierhinweis

Altieri, M.; Berendes, S.; Berginski, J.; Bescherer, Ch.; Goldbach, T.; Pach, A.; Pinkernell, G.; Riegler, P.; Schmitz, A.; Schneider, K.; Silbersdorff, A.; Schulze, F.; Velasquez, E.; Weygandt, B. [2025]: Kreide trifft Cloud. Digitales Lehren und Lernen in der Hochschulmathematik. Arbeitspapier Nr. 88. Berlin: Hochschulforum Digitalisierung.

Herausgeber

Geschäftsstelle Hochschulforum Digitalisierung
beim Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft e.V.
Hauptstadtbüro • Pariser Platz 6 • 10117 Berlin • T 030 322982-520

info@hochschulforumdigitalisierung.de

Redaktion

Stella Berendes, Estefanía Velasquez, Michael Siegel

Verlag

Edition Stifterverband – Verwaltungsgesellschaft für Wissenschaftspflege mbH
Barkhovenallee 1 • 45239 Essen • T 0201 8401-0 • mail@stifterverband.de

Layout

Satz: Michael Siegel

Vorlage: TAU GmbH • Köpenicker Straße 154 A • 10997 Berlin

Das Hochschulforum Digitalisierung ist ein gemeinsames Projekt des Stifterverbandes, des CHE Cent-rums für Hochschulentwicklung und der Hochschulrektorenkonferenz. Förderer ist das Bundesministeri-um für Bildung und Forschung.

www.hochschulforumdigitalisierung.de

