

TAGUNGSBAND MINT SYMPOSIUM 2025

Zukunft MINT Lehre:
Was bleibt?
Was kommt?
Was wirkt?



TAGUNGSBAND ZUM 6. MINT SYMPOSIUM

ZUKUNFT MINT LEHRE:
WAS BLEIBT?
WAS KOMMT?
WAS WIRKT?

ZUKUNFT MINT-LEHRE: WAS BLEIBT? WAS KOMMT? WAS WIRKT?

Sehr geehrte Leserinnen und Leser,
liebe MINT-Begeisterte,

wir freuen uns sehr, Ihnen mit diesem Tagungsband die Beiträge des 6. Symposiums zur Hochschullehre in den MINT-Fächern präsentieren zu dürfen, das vom 17. bis 19. September 2025 an der Technischen Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm stattfindet.

Unter dem diesjährigen Motto „Zukunft MINT-Lehre: Was bleibt? Was kommt? Was wirkt?“ wird ein differenzierter Blick auf die gegenwärtige und zukünftige Gestaltung von MINT-Lehre geworfen. In einer Zeit tiefgreifender gesellschaftlicher, technologischer und bildungspolitischer Veränderungen stellt sich mehr denn je die Frage, wie Hochschullehre im MINT-Bereich zukunftsfähig gestaltet werden kann – nicht im Sinne spekulativer Visionen, sondern mit einem realistischen, praxisnahen Zugang zu Innovation und Veränderung.

Entsprechend richtet das Symposium seinen Fokus auf drei zentrale Fragestellungen:

- Was bleibt? – Welche Ansätze und Lehrformate haben sich in der MINT Lehre bewährt? Was funktioniert – und verdient es, auch unter neuen Bedingungen erhalten zu bleiben?
- Was kommt? – Welche Herausforderungen und Entwicklungen zeichnen sich ab? Wie müssen sich Lehrende, Strukturen und Konzepte verändern, um auf neue Anforderungen zu reagieren?
- Was wirkt? – Welche evidenzbasierten Lehrkonzepte zeigen nachweislich positive Effekte? Welche Theorien und Modelle über das Lernen und über die Lehre kennen wir schon? Und wie lassen sich diese Erkenntnisse wirksam in die Breite tragen?

Die drei Leitfragen „Was bleibt? Was kommt? Was wirkt?“ prägen nicht nur die thematische Ausrichtung des MINT Symposiums 2025, sondern bilden auch den Rahmen für eine Zukunftswerkstatt, die Raum für Austausch, Reflexion und neue Perspektiven schafft. In einem offenen Format entwickeln die Teilnehmenden gemeinsam Szenarien und Ideen zur MINT-Lehre von morgen – angeleitet durch Leitfragen, die bewusst auch Unerwartetes zulassen: Welche Kompetenzen werden Lehrende künftig brauchen? Wie verändert sich Präsenz? Und worauf blicken wir eines Tages vielleicht mit einem Lächeln zurück?

Die Beiträge im vorliegenden Tagungsband spiegeln diese Ideenvielfalt eindrucksvoll wider: Sie verbinden didaktische Konzepte mit empirischer Lehrforschung, hochschuldidaktische Entwicklung mit disziplinären Perspektiven – und zeigen, dass MINT-Lehre heute weit über reine Inhaltsvermittlung hinausgeht. Insgesamt umfasst der Band 46 Beiträge, die in sechs thematischen Kapiteln gebündelt sind: Im Kapitel „Übergänge gestalten – von Orientierungsangeboten bis zu digitalen Lernressourcen“ stehen Formate und Ansätze im Fokus, die insbesondere den Einstieg ins Studium und die Studieneingangsphase unterstützen. Das Kapitel „Studentisches Lernen im Fokus – von Inverted Classroom bis hin zu innovativen Lehr-/Lernräumen“ beleuchtet Lehrkonzepte, die sich explizit an den

Lernprozessen und der aktiven Beteiligung der Studierenden orientieren. In „Lernen in Projekten – von Problem-Based Learning bis Praktika“ werden Erfahrungsräume vorgestellt, in denen Studierende anwendungsbezogen, forschend oder im Team lernen. Das Kapitel „Teaching by Questioning – von Assessments bis zu innovativen Lernmaterialien“ thematisiert den gezielten Einsatz von Fragen, Prüfungsformaten und Lehrmaterialien zur Unterstützung des Lernprozesses. Schließlich richtet „Zukunftsthemen der Hochschullehre – von KI bis Nachhaltigkeit“ den Blick auf neue Herausforderungen und langfristige Entwicklungen, die die MINT-Lehre schon heute mitgestalten.

Ein weiteres Kapitel des Tagungsbands widmet sich Projekten zur Förderung der MINT Hochschullehre wie dem Lehlabor³ und der Förderreihe BayernMINT – evaluiert, vernetzt, implementiert. Vorgestellt werden hier ausgewählte Maßnahmen und Ergebnisse aus dem bayernweiten MINT-Förderprogramm (10/2023–06/2025), das durch das Bayerische Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst sowie die vbw – Vereinigung der Bayerischen Wirtschaft e. V. sowie die bayerischen Metall- und Elektro-Arbeitgeberverbände bayme bvm gefördert wird.

Ein weiterer Höhepunkt des 6. MINT Symposiums ist die Keynote „ICAP: Defining How Students Engage to Learn in Active Learning“

von Prof. Dr. Michelene Chi, die mit ihrer international rezipierten ICAP-Theorie (Interactive, Constructive, Active, Passive) ein theoretisch fundiertes Modell zur Beschreibung aktiven Lernens vorstellt. Das ICAP-Modell (Chi & Wylie, 2014)¹ bietet eine vierstufige Taxonomie mit der die Lernhandlungen der Studierenden und der von ihnen erzeugte Output den Stufen **passiv (P)**, **aktiv (A)**, **konstruktiv (C)** und **interaktiv (I)** zugeordnet werden können.

Das Modell – bzw. die zugrunde liegende Hypothese – geht davon aus, dass diese Lernhandlungen mit bestimmten kognitiven Lernprozessen einhergehen und erlaubt eine Prognose darüber, mit welcher Tiefe Lernergebnisse erwartet werden können. Im Zentrum steht die Annahme, dass nicht jede Handlung, die Lernende während des Lernprozesses ausführen, gleichermaßen lernwirksam ist – entscheidend ist die Tiefe ihrer kognitiven Auseinandersetzung mit dem Lernstoff. Während passive und aktive Lernformen (z. B. reines Zuhören oder wortwörtliches Mitschreiben, bei dem der Output keine weiteren Informationen als die angebotenen enthält) meist auf eine oberflächliche Verarbeitung hinauslaufen, zeichnen sich konstruktive und insbesondere interaktive Lernformen dadurch

aus, dass Lernende neue Zusammenhänge herstellen, eigene Erklärungen formulieren, Hypothesen entwickeln oder ihre Ideen im Dialog mit anderen weiterentwickeln. Diese höheren Formen der kognitiven Auseinandersetzung führen zu einem tieferen Verständnis und fördern die Anwendung von Wissen in neuen Kontexten – ein zentraler Anspruch insbesondere in den MINT-Disziplinen. ICAP bietet dabei mehr als ein Kategoriensystem: Die Theorie erlaubt konkrete Rückschlüsse auf die Gestaltung von Lernumgebungen, auf den Einsatz von Lernaufgaben, Materialien, Technologien und sozialen Settings. Besonders relevant für die MINT-Lehre ist die Möglichkeit, vorhandene Formate systematisch weiterzuentwickeln – etwa indem klassische Übungen durch gezielte Reflexionsphasen, Peer-Interaktionen oder kreative Erklärungsaufgaben in höhere ICAP-Stufen überführt werden. Damit stellt ICAP ein wirkungsvolles didaktisches Analyse- und Entwicklungsinstrument zur Verfügung – anschlussfähig sowohl für lehrpraktische als auch forschungsbasierte Weiterentwicklungen.

Eine zweite Keynote „Brüche verstehen, Lehrinnovationen ausbreiten: Medizinische Perspektiven auf MINT-Herausforderungen“ von

¹ Chi, M. T. H., & Wylie, R. (2014). The ICAP Framework: Linking Cognitive Engagement to Active Learning Outcomes. *Educational Psychologist*, 49(4), 219–243

Prof. Dr. Peter Riegler widmet sich der Frage, warum sich trotz der Vielzahl vorhandener wirksamer Methoden Lehrinnovationen in der Praxis oft nur zögerlich verbreiten. In einer eindrucksvollen Analogie zur Medizin wird gefragt: Was können wir von systematischen, diagnosegeleiteten und evidenzbasierten Handlungslogiken lernen, um auch Lehrentwicklung wirksamer, gezielter und nachhaltiger zu gestalten?

Beide Beiträge verdeutlichen, dass MINT-Lehre nicht nur durch technologische Neuerungen oder methodische Trends weiterentwickelt wird, sondern durch eine fundierte Auseinandersetzung mit den zugrunde liegenden Lernprozessen, durch tiefergehende Analysen fachspezifischer Herausforderungen beim Lernen der MINT-Fächer, durch geteiltes Erfahrungswissen – und durch die Bereitschaft, Bewährtes mit Neuem zu verbinden.

Dass das MINT Symposium 2025 bereits zum sechsten Mal stattfindet, ist Ausdruck einer gewachsenen Community of Practice, in

der Lehrende, Forschende, Entwicklerinnen und Entwickler gemeinsam mit Studierenden daran arbeiten, die Hochschullehre im MINT-Bereich evidenzbasiert, nachhaltig und zukunftsfähig zu gestalten.

Im hochschulpolitischen Diskurs steht die MINT-Bildung immer wieder im Fokus – nicht zuletzt im Zusammenhang mit Themen wie Fachkräftemangel, sinkenden Studienanfängerzahlen oder hohen Abbruchquoten. Die Ursachen für hohe Durchfallraten in Prüfungen und Studienabbrüche werden dabei häufig einseitig bei den Studierenden verortet: z. B. mangelnde Vorbereitung, Überforderung oder fehlende Vernetzung. Doch unterschiedliche wissenschaftliche Beiträge (z. B. Wieman & Welsh, 2016; Götz & Mendel, 2024; Heublein, 2025)² formulieren deutlich, dass zentrale Handlungsfelder auch innerhalb der Hochschulen liegen: in der Anwendung forschungsbasierter, wirksamer Lehrmethoden, in der Lehrkultur, in der Passung von Curricula und Anforderungen, in der didaktischen Kompetenz von Lehrenden, in der Qualität von

² Götz, M., & Mendel, C. (2024). „Das war einfach sauschwer.“ Das Studium der E-Technik (Studien zum Image des Studiums der Elektrotechnik, Band 3). IZI – Internationales Zentralinstitut für das Jugend- und Bildungsfernsehen.
Wieman, C., & Welsh, A. (2016). The connection between teaching methods and attribution errors. *Educational Psychology Review*, 28(3), 645–648.
Heublein, U. (2025, 4. Juli). Steigerung der Studierendenzahlen in ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen an bayerischen Hochschulen für angewandte Wissenschaften und Technischen Hochschulen: Alles nur eine Frage der Anstrengung? Einflussfaktoren auf den Studierenerfolg in ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen [Workshop-Vortrag]. IHF, München.

Betreuung und der Gestaltung von Lernangeboten. Wer MINT-Lehre verbessern will, muss auch die Strukturen, Praktiken und Haltungen im System Hochschule selbst in den Blick nehmen.

Genau an diesem Punkt setzt BayZiel an. Als Bayerisches Zentrum für Innovative Lehre schaffen wir Räume für Austausch, Weiterbildung und kollegiales Lernen – mit dem Ziel, wissenschaftlich fundierte Erkenntnisse zur Lehre in die Praxis zu bringen. Wir möchten Lehrende dazu ermutigen, ihre Lehre zu reflektieren, Neues auszuprobieren und sich mit anderen Lehrenden zu vernetzen. Denn die Verbesserung von MINT-Lehre ist keine Einzelleistung – sie ist eine gemeinsame Gestaltungsaufgabe. Letztlich geht es darum, dass diejenigen profitieren, um die es eigentlich geht – unsere Studierenden. Damit sie erfolgreich lernen, wachsen und ihren Weg im MINT-Bereich gehen können.

Unser besonderer Dank gilt allen Beitragenden dieses Bandes, der Technischen Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm für die gastfreundliche Unterstützung sowie dem Bayerischen Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst für die kontinuierliche Förderung der MINT-Lehre in Bayern.



Wir wünschen Ihnen eine anregende Lektüre, vielfältige Impulse für Ihre eigene Praxis – und freuen uns auf die Fortsetzung des Dialogs zur MINT-Lehre der Zukunft.

Mi(N)T herzlichen Grüßen
Claudia Schäfle & Hanna Dölling
mit dem gesamten Team der
Lehr- und Lernforschung am BayZiel

GRUSSWORT



© StMWK/Böttcher

Sehr geehrte Damen und Herren,

ob wir die Möglichkeiten der digitalen Revolution ausloten, den Klimawandel bekämpfen, bahnbrechende Fortschritte in der Biotechnologie erzielen oder den unendlichen Weltraum erobern: All diese großen Herausforderungen können wir nur mit der Expertise von exzellent ausgebildeten MINT-Fachkräften meistern! Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik sind dabei nicht nur das Herzstück unserer Innovationskraft, sondern auch der Motor unserer internationalen Wettbewerbsfähigkeit. Eine umfassende MINT-Bildung ist deshalb unverzichtbar, damit wir als Gesellschaft den technologischen Wandel aktiv und verantwortungsbewusst gestalten können.

Bei der Bewältigung der tiefgehenden Transformationen in Wirtschaft und Gesellschaft kommt den bayerischen Hochschulen eine zentrale Rolle zu. Als Innovationskraftwerke und Wissenszentren bilden sie die nächste Generation von MINT-Expertinnen und -Experten aus. Dabei leisten unsere Hochschulen bereits heute Außergewöhnliches: Sie setzen Maßstäbe in der Entwicklung attraktiver, qualitativ hochwertiger Studiengänge und sie begegnen den Herausforderungen in den MINT-Studiengängen mit innovativen Lehrmethoden und praxisnahen Projekten. Statt das Rad in der MINT-Lehre ständig neu zu erfinden, sollten wir uns deshalb auch die Zeit nehmen, die in der Praxis erproben

Maßnahmen und Konzepte zu analysieren. Was können wir von den bewährten Methoden lernen, die in der Vergangenheit erfolgreich waren? Welche neuen didaktischen Konzepte oder Technologien zeichnen sich ab – und wie können wir sicherstellen, dass sie sinnvoll in die Lehre integriert werden? Und vor allem: Welche Maßnahmen haben tatsächlich den größten Einfluss, um unsere MINT-Talente optimal auf die Anforderungen der Zukunft vorzubereiten?

Das MINT Symposium 2025 ist eine hervorragende Plattform, um diese Fragen zu erörtern, bewährte und neue innovative Lehrkonzepte zu entdecken und deren praktische Einsatzmöglichkeiten in der Lehre auszuloten. Mein Dank gilt allen, die diese wichtige Veranstaltung ermöglichen und damit einen wertvollen Beitrag zur Stärkung der MINT-Bildung in Bayern leisten. Ich wünsche allen Teilnehmerinnen und Teilnehmern einen erkenntnisreichen Austausch mit anregenden Begegnungen. Lassen Sie uns gemeinsam die Weichen für eine erfolgreiche MINT-Zukunft stellen!

München, im Juni 2025

Markus Blume, MdB
Bayerischer Staatsminister
für Wissenschaft und Kunst

GRUSSWORT

Liebe Tagungsgäste, liebe Interessierte,

Lehrformate ändern sich ständig. Wie schützen wir Bewährtes – und wie trennen wir uns mutig von Überholtem? Mit dieser Frage begrüßen wir Sie herzlich zum **6. Symposium „Zukunft MINT-Lehre“** an der TH Nürnberg Georg Simon Ohm, das wir als gastgebende Hochschule gemeinsam mit dem Bayerischen Zentrum für Innovative Lehre (BayZiel) nun zum sechsten Mal ausrichten.

In einer Zeit rasanter gesellschaftlicher, technologischer und regulatorischer Veränderungen setzen wir nicht auf kurzlebige Trends, sondern auf tragfähige Konzepte, die Studierende tatsächlich voranbringen. Unter dem Leitmotiv **„Was bleibt? Was kommt? Was wirkt?“** laden wir dazu ein, Bewährtes kritisch zu prüfen, Neues mutig zu erproben und Wirk-sames nachhaltig zu verankern.

Der vorliegende Tagungsband versammelt eine Auswahl der Beiträge des Symposiums 2025 und spiegelt damit die Vielfalt und Lebendigkeit der MINT-Lehre wider.

So diskutieren beispielsweise Burk und Wienkop den Einsatz generativer KI in VR-Lernumgebungen, während Streck, Reinold und Kröner zeigen, wie Lehrmaterialien barrierefrei für blinde Studierende aufbereitet werden können. Schuhbauer und El-Bardouh beleuchten zudem die Auswirkungen des EU AI Act auf die Hochschullehre. Insgesamt neun Fachbeiträge



© Mario Krauß

v.l.n.r.: Dr. Benjamin Zinger (FIDL), Ann Marie Wester (FIDL), Prof. Dr. Niels Oberbeck (Präsident TH Nürnberg), Prof. Dr. Christina Zitzmann (Vizepräsidentin Bildung TH Nürnberg); nicht auf dem Foto: Dr. Thomas Bröker (FIDL)

stammen von Lehrenden der Ohm – ein ein-drucksvolles Zeichen des Engagements vor Ort.

Unser besonderer Dank gilt allen Autor*innen, Vortragenden und Mitwirkenden, die dieses Symposium mit Ideen, Energie und Leidenschaft gestalten. Wir wünschen Ihnen, dass die Lektüre dieses Bandes dasselbe auslöst, was gute Lehre bewirkt: neue Fragen, frische Perspektiven und Lust, Lernprozesse aktiv zu gestalten. Teilen Sie Ihre Eindrücke gern unter **#ZukunftMINT** – wir freuen uns auf Ihre Impulse und auf ein Wiedersehen beim nächsten Symposium 2027.

Ihr Team der TH Nürnberg und des Forschungs- & Innovationslabor Digitale Lehre (FIDL)

INHALT

16	Keynote I
18	Keynote II
23	ÜBERGÄNGE GESTALTEN – von Orientierungsangeboten bis zu digitalen Lernressourcen
24	MINT-Tutoren für Thüringer Facharbeitsprojekte
31	Mathe lernen und Lernen lernen: Ein zentraler Vorkurs, nicht nur gegen Matheangst
39	Ergebnisse einer Evaluationsstudie des Onlineangebots zur Studienvorbereitung von MINTFIT Hamburg
49	Chemie-Vorkurs und Chemie-Café: Angebote zur Erhöhung des Studienerfolgs
57	Zwei Jahre Mintfabrik – Ein Erfahrungsbericht
65	Didaktische Impulse durch Instructional Design für zukünftige Lehr- und Lernräume

73	STUDENTISCHES LERNEN IM FOKUS – von Inverted Classroom bis hin zu innovativen Lehr-/Lernräumen
74	Inverted Classroom in der Einführungsveranstaltung Programmierung
85	Studierende, Lehrende, Third Space – durch ein TAP eine Lehrveranstaltung gemeinsam verbessern
91	Bridging the gaps for GenZ: Worauf es im Studiengang Systems Engineering wirklich ankommt
99	Szenarien zur Nutzung von Screencasts in der Lehre und im selbstbestimmten Lernen – Beispiel GIS
106	Hybrid & kollaborativ: zukunftsorientiertes Lernen in einem lernförderlichen Lehr-Experimentierraum
115	„Wer braucht denn sowas?“ – Erkenntnisse aus einem Jahr „Learning Hall“



**127 LERNEN IN PROJEKTEN –
von Problem Based Learning bis Praktika**

- 128 Freie Versuche im physikalischen Grundlagenpraktikum zur Erlangung selbstständiger Experimentierkompetenz
- 135 Designing Problem-based Learning Cases to Foster Student Engagement in STEM
- 145 Systems Engineering in der ingenieurwissenschaftlichen Lehre: Herausforderungen und Good Practices
- 153 Entwicklung innovativer Produktideen projektbasiert lehren und prüfen
- 161 Curriculumdesign für einen forschungsorientierten Energiesysteme-Master
- 170 Projektbasierte Lehre in der Informatik zur Entwicklung von Zukunftskompetenzen
- 178 Das eLearning-Praktikum: Mathematiklehramtsstudierende gestalten die Lehre von morgen
- 186 Von der Studienorientierung bis zum Berufseinstieg: Potenziale der Science Camps der Allianz THÜRING



- 195 TEACHING BY QUESTIONING –
von Assessments bis zu innovativen Lernmaterialien**
- 196 Entwicklung eines Tests zur Identifizierung von Fehlvorstellungen
beim Lesen von Code
- 204 Mehr als Formeln – Schwierigkeiten mit Differentialgleichungen
erkennen und Verständnis vermitteln 
- 214 Modifikation des „Definition-Satz-Beweis“-Formats in einer
Analysis-Lehrveranstaltung
- 222 Prüfungserfolg durch korrigierte Hausarbeiten? – Ein Experiment
mit Mathematik-Studierenden
- 230 Datengestützte Analyse studentischer Fehlermuster
- 237 Semesterbegleitendes Lernen und Prüfen mit digitalen Aufgaben
in der Mathematik
- 246 Digital Prüfen in den MINT-Fächern: Digitalisierte Leistungsbeurteilung
mit dem Lernmanagementsystem Moodle

**255 ZUKUNFTSTHEMEN DER HOCHSCHULLEHRE –
von KI bis Nachhaltigkeit**

- 256 KI zum Anfassen: Maschinelles Lernen mit LEGO®
- 264 Erstellung guter Alternativtexte für blinde Studierende: Beobachtungen aus der Informatik
- 272 Predictive Learning Analytics generiert Lernfeedback: KI-Design, Herausforderungen, erste Ergebnisse
- 285 LLMs in der Hochschullehre – Chancen und Herausforderungen für die Programmierausbildung
- 293 Lehre in Virtual Reality – wie erreichen wir Veränderungen in der Hochschule?
- 300 Dynamische Optimierung von VR-Lernumgebungen durch generative KI
- 309 Auswirkungen des EU AI Act auf den Einsatz von Künstlicher Intelligenz in der Hochschullehre
- 315 Digitale Dynamik im Hörsaal: Wie die Campus App synchrone Lehre unterstützt
- 323 Sustainable Lab – Nachhaltigkeit in der praktischen MINT-Ausbildung verankern
- 331 Future Skills nachhaltig verankern
- 340 MINT goes international – Herausforderungen der MINT-Lehre im Zuge der Internationalisierung
- 350 Standpunktwechsel – Einsatz bewegter Hochschullehre in MINT Fächern

**359 PROJEKTE – LEHRLABOR³ UND BAYERNMINT –
evaluiert. vernetzt. implementiert.**

360 Bayern MINT

362 Lehrentwicklung in den MINT-Fächern: Erfolgsfaktoren des Programms
Lehrlabor³

370 Einführung und erste Evaluation des Selbstlern-Konzepts CodeClinic
an der OTH Regensburg

379 Einflussfaktoren auf den Studienerfolg in MINT-Studiengängen

387 Projekt „WISE-Tech“ (Workshop-Initiative zur Förderung von
Schüler*innen-Engagement in Technik)

395 Handreichung zur Lehre mit (mathematischen) Concept Maps

403 Eye Movement Modeling Examples zu Usability-Heuristiken

KEYNOTE I

ICAP: DEFINING HOW STUDENTS ENGAGE TO LEARN IN ACTIVE LEARNING

Active learning improves student learning, but it is not clear what instructors should do to engage students in active learning. The ICAP theory provides a framework that defines and differentiates four different ways that students can engage-with-instruction in active learning, based on two concrete criteria.

The first part of this talk will describe the four “modes” that characterize the ways that students physically interact-with-instruction, and the outputs they produce in the context of each mode of interaction-with-instruction. Based on the cognitive processes underlying each mode of engagement, ICAP postulates the hypothesis that **I**nteractive engagement, demonstrated by co-generative collaborative behaviors, is superior for learning than **C**onstructive engagement, indicated by generative behaviors. Both kinds of engagement far exceed the benefits of **A**ctive or **P**assive engagement, marked by manipulative and attentive behaviors, respectively.

The second part of this talk will show three sets of findings, selected from numerous studies in the literature, supporting ICAP’s predictions that the Interactive mode of engaging is superior to the Constructive mode, which in turn is superior to the Active mode, followed by the Passive mode.

The third part of this talk will show how ICAP can be applied to improve instruction. That is, ICAP can be used as guiding principles to dictate how to design learning activities and lesson plans can be “upgraded,” that is, modify instructional activities from the lower ICAP modes to the higher ICAP modes, focusing explicitly on improving activities in the Active mode to the Constructive mode. Several examples will be given, such as: (1) how to upgrade the ICAP mode of questions; (2) how to use verbs to design activities; (3) how to upgrade the integration of technology usage; (4) how to improve lectures.

The final part of this talk will discuss several caveats for clarifications and concerns. One caveat concerns collaborative learning, that it is not always superior to individuals learning generatively. Moreover, instructors have limited ability to monitor students’ co-generative collaboration in real time. A second caveat concerns compliance, that is, students may not produce generative behaviors or talks even if they are prompted to do so. A third caveat is whether feedback is needed. A fourth caveat is the use of deeper assessment questions in order to detect the advantage of engaging in higher modes. A fifth caveat concerns the

strict categorization of activities into a specific mode. A sixth caveat clarifies that ICAP predicts learning differences between modes, not within a mode.

Ten to fifteen minutes will be devoted to answering questions from the audience.

Michelene (Micki) Chi is a Regents' Professor and the Dorothy Bray Endowed Professor of Science and Teaching at Arizona State University. She is also the Director of the newly funded ICAP Center for Teaching and Learning, its mission is to develop training modules and create a practical manual on how students engage to learn and how instructors can boost students' engagement.



A unique interdisciplinary scholar, Prof. Chi has received numerous prestigious lifetime achievement awards from both education and psychology, such as the Rumelhart Prize from Cognitive Science, the McGraw Prize in Education, the Distinguished Contributions to Research Awards from both the American Psychological Association as well as the American Educational Research Association. Most recently, in 2023, she received the most prestigious prize in education research, the Yidan Laureate.

Prof. Dr. Michelene Chi

Yidan Laureate in Education Research, 2023
Regents' Professor
Mary Lou Fulton Teachers College
Arizona State University

KEYNOTE II

BRÜCHE VERSTEHEN, LEHRINNOVATIONEN AUSBREITEN: MEDIZINISCHE PERSPEKTIVEN AUF MINT-HERAUSFORDERUNGEN

Wir wissen sehr viel über Brüche. Aber warum sind Brüche dennoch für viele Studierende problembeladen?

Wir haben besonders in den MINT-Disziplinen keinen Mangel an wirksamen Lehrmethoden. Aber warum verbreiten sich diese meist sehr langsam bis gar nicht?

Wir rufen nach Veränderungen und arbeiten emsig daran. Aber warum gehen die Herausforderungen im MINT-Bereich nicht weg?

Um jede dieser Situationen besser zu verstehen und mögliche Auswege, vor allem aber kritische Hürden zu identifizieren, ziehe ich Vergleiche zur Medizin. Im historischen Rückblick hat sich diese Disziplin mehrfach verändert und ist sehr wirksam geworden. Dagegen hat Lehre eher Ähnlichkeiten zu früheren Phasen der Medizin. Möglicherweise ist es für den Patienten MINT-Lehre nützlich, Analogien zur Medizin (und deren Grenzen) zu betrachten: Wenn Lehrende Ärzte wären, dann ...

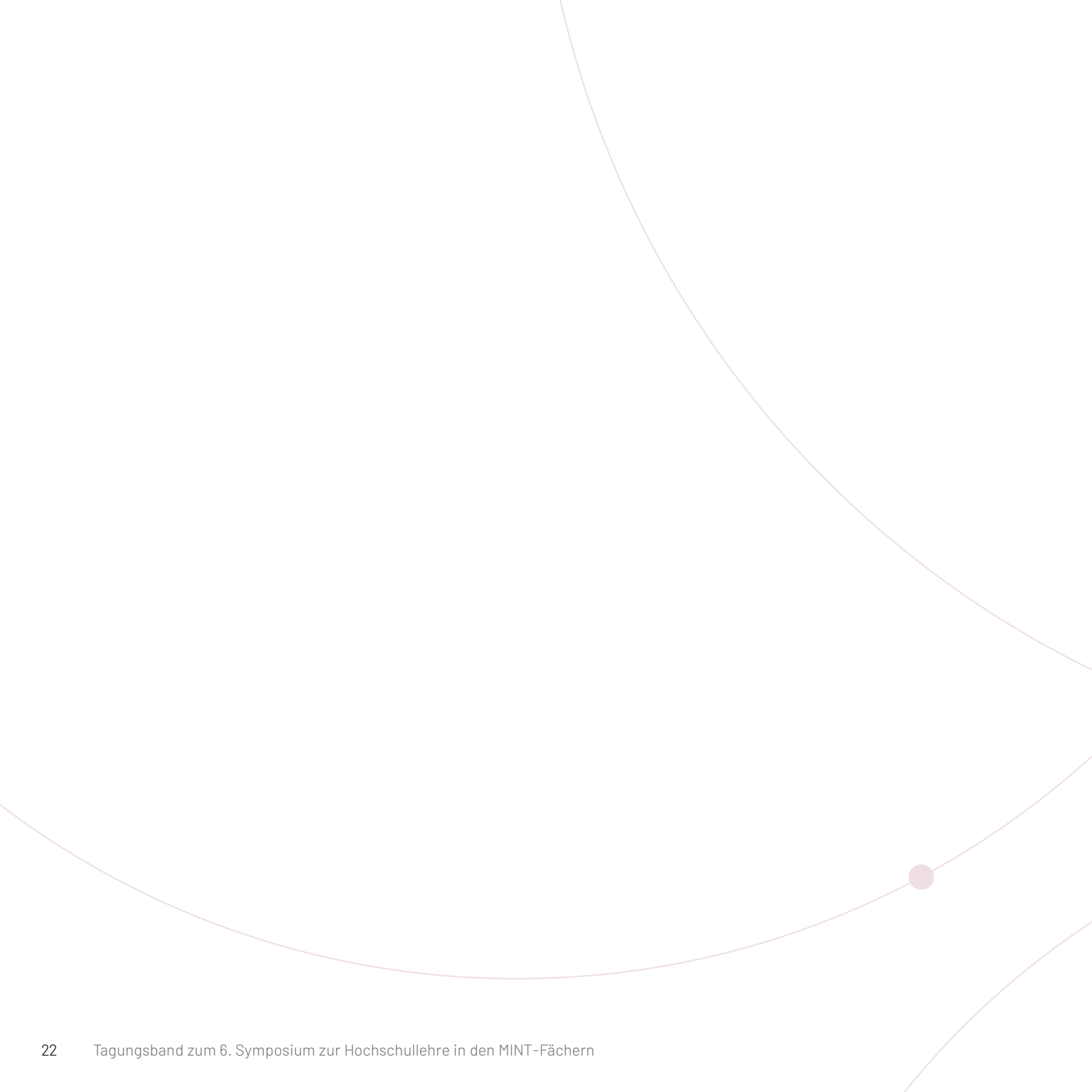
Peter Riegler ist gelernter Physiker, der aus Verzweiflung über die Wirksamkeit seiner Lehre seine Forschungsaktivitäten von KI zunächst in die MINT-Hochschulfachdidaktik und später auch in die allgemeine Hochschuldidaktik verlegt hat. Seine Forschungsinteressen umfassen studentische Schwierigkeiten mit den Lehrinhalten, Technologie für formative Assessments und Decoding the Disciplines. Er lehrt an der Fakultät für Informatik der Ostfalia Hochschule und leitet derzeit das Bayerische Zentrum für Innovative Lehre.

Peter Riegler ist Ars legendi-Preisträger 2019 zum Thema „Lehren als wissenschaftliche Tätigkeit“. Die Jury würdigte, dass er seine Lehre mit einer forschenden Grundhaltung durchführt und sich dabei insbesondere mit den Verständnisschwierigkeiten der Studierenden auseinandersetzt.



Prof. Dr. Peter Riegler

Geschäftsführung und
wissenschaftliche Gesamtleitung
BayZiel – Bayerisches Zentrum für
Innovative Lehre





ÜBERGÄNGE GESTALTEN – von Orientierungsangeboten bis zu digitalen Lernressourcen

MINT-TUTOREN FÜR THÜRINGER FACHARBEITSPROJEKTE

Carsten Thomas Gatermann, Nils Weißinger, Jenny Gramsch, Sabine Fincke
Technische Universität Ilmenau

ZUSAMMENFASSUNG

In der gymnasialen Oberstufe in Thüringen ist die Erstellung einer (Seminar-)Facharbeit ein verpflichtendes Element. An der TU Ilmenau wird seit einem Jahr ein kollaborativer Ansatz erprobt, der die Betreuung der Schüler kompetenzorientiert und basierend auf zeitlich abgestimmten Wissenspaketen gestaltet.

Ein wesentliches Element dieses Ansatzes ist die Einbindung von studentischen Tutoren, die in diesem Beitrag vorgestellt wird. Die Tutoren, vornehmlich mit eigenen Erfahrungen aus den praxisorientierten Angeboten der Studieneingangsphase der TU Ilmenau, übernehmen Betreuungsaufgaben im Rahmen der Facharbeiten und haben in ihrem Aufgabenbereich Expertenstatus.

Durch die Betreuung erleben die Schüler Teamarbeit in heterogenen Teams und lernen wissenschaftliche Arbeitstechniken in einem außerschulischen Umfeld kennen. Die Tutoren können während der Betreuung ihr (Fach-)Wissen vertiefen und durch Impulse von Lehrenden didaktische Kompetenzen ausbauen.

Keywords: Begleitung, Coaching, Facharbeit, Tutor, Wissensmanagement

1. EINLEITUNG: ÜBERGANG SCHULE – STUDIUM ALS ENTSCHEIDENDER SCHRITT

Der Übergang von der Schule zum Studium stellt für viele Jugendliche eine bedeutende Herausforderung dar. Neben persönlichen Veränderungen verändert sich auch die Lernumgebung an Universitäten grundlegend (Bauer et al., 2022; Bosse & Trautwein, 2014).

Um bei diesem Übergang gezielt zu unterstützen, setzt die Technische Universität Ilmenau (TU Ilmenau) seit Jahren erfolgreich studentische Tutoren ein (Fincke & Gramsch, 2023). Sie begleiten Studierende im ersten Fachsemester, bieten fachliche Unterstützung und geben Orientierungshilfen im universitären Alltag. Dieser Peer-to-Peer-Ansatz wird sowohl von Studierenden als auch Tutoren durchweg positiv bewertet (Fincke, 2023).

Um Herausforderungen von Schülern gezielt zu begegnen, hat die TU Ilmenau einen innovativen Ansatz entwickelt: Studierende unterstützen Schüler bei der Erstellung von Facharbeiten (Denzin et al., 2017). Dies bietet den Schülern frühzeitige Einblicke in universitäres Arbeiten, während die Studierenden ihre Fachkompetenzen und Soft Skills entwickeln. Der vorliegende Beitrag beschreibt diesen Ansatz.

2. TUTOREN IN STUDIUM UND LEHRE – ERFAHRUNGEN

Die TU Ilmenau setzt seit mehreren Jahren erfolgreich studentische Tutoren ein:

- Unterstützung in der Lehre und bei Forschungsarbeiten
- praktische und überfachliche Angebote
- Mitwirkung bei Events
- Betreuung neuer Studierender durch Erstsemester-Tutoren

Die fachliche und didaktische Begleitung der Tutoren erfolgt in Zusammenarbeit universitärer Bereiche wie dem Zentralinstitut für Bildung, der Zentralen Studienberatung und den Fachgebieten.

Das Format practicINg zur Neugestaltung der Studieneingangsphase bindet interdisziplinäre Teams aus Studierenden höherer Fachsemester ein, die ihre Erfahrungen und Kompetenzen an Studienanfänger weitergeben (Liedtke et al., 2016). Diese Tutoren bringen ihr Wissen aus eigenen Projekten ein und unterstützen soziale Integration sowie fachlichen Austausch. Eine enge Kooperation besteht mit dem Schülerforschungszentrum Ilmenau, das Kinder und Jugendliche frühzeitig an MINT-Fragenstellungen und wissenschaftliches Arbeiten heranzuführt.

3. BEST PRACTICE-BEISPIEL: FACHARBEIT EINER THÜRINGER SPEZIALSCHULE

Das Seminarfacharbeits-Projekt „Vertikale Windenergieanlage“

Der Ansatz zur Betreuung von Facharbeiten durch studentische Tutoren wird derzeit am Beispiel einer Seminarfacharbeit erprobt. Gesamtziel des Projektes ist es, eine vertikale

Windenergieanlage in ein solarbasiertes Microgrid der TU Ilmenau einzubinden sowie relevante Messdaten aufzunehmen und zu analysieren. Das Projekt ist eingebunden in das Fachgebiet Elektrische Energieversorgung (Sahin, 2024). Die Integration der Ergebnisse der Projekte in die Weiterentwicklung des Microgrid ist besondere Motivation und Wertschätzung der Schülerarbeiten.

Das Gesamtprojekt gliedert sich konform zu den Jahrgangsstufen der Schüler in drei Teilprojekte (vgl. Abb. 1):

- Teilprojekt 1 (Klassenstufe 9, 1 Schüler)
 - fachlich: physikalische und technische Grundlagen (spezifischen Kenngrößen und Messverfahren); Aufbau und Vermessung eines kleinen Modells der geplanten Windenergieanlage
 - methodisch: Strukturierung von wissenschaftlicher Arbeit und Dateimanagement; Umfeld an einer Forschungseinrichtung; ingenieurspezifische Methoden wie das Experimentieren; Präsentationstechniken
- Teilprojekt 2 (Klassenstufe 10, 2 Schüler) – aktuelle Phase
 - fachlich: Auswertung von Messdaten aus Realbetrieb und Anlagenschutz; Erweiterung, Fortführung von Experimenten einschließlich dem angeleiteten Entwickeln und Herstellen von Versuchsaufbauten
 - methodisch: Teamarbeit und Koordination; Führen und Auswerten von Experteninterviews; Zusammenarbeit mit studentischen Tutoren
- Teilprojekt 3 (Klassenstufe 11/12, 3–4 Schüler)
 - fachlich: Aufbau des Demonstrators und messtechnische Anbindung
 - methodisch: Zusammenarbeit mit Wissenschaftlern, LaTeX als Tool für wissenschaftliches Arbeiten, Zeitreihenaufnahme und -analyse

Facharbeit Vertikale Windenergieanlage

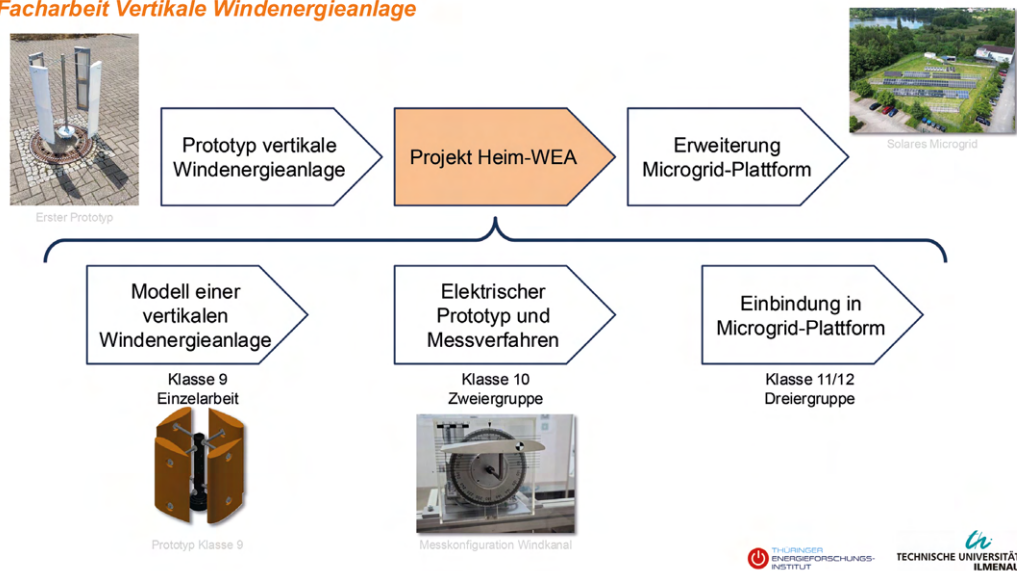


Abb. 1:
Projektverlauf der
Facharbeitsprojekte

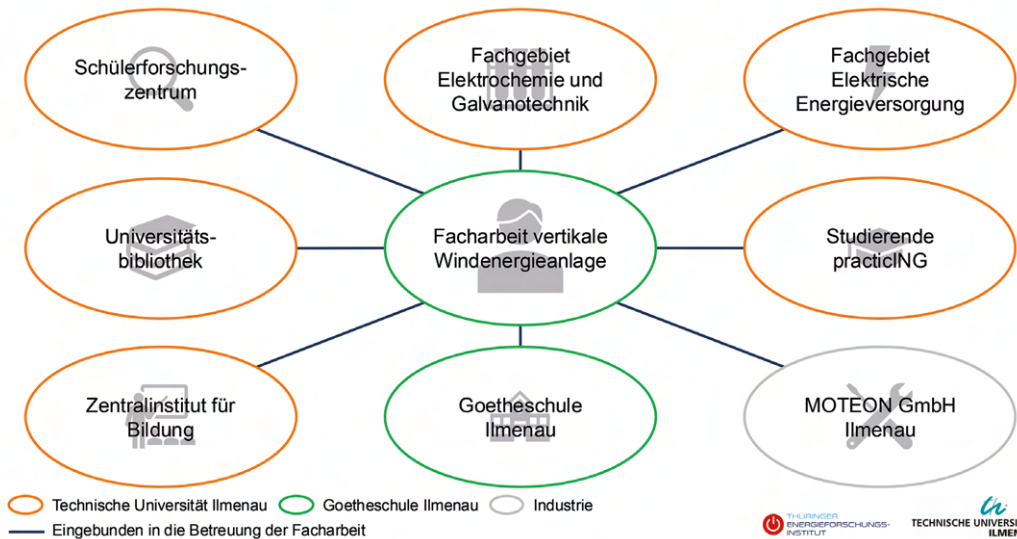
Die Erfahrungen aus Teilprojekt 1 (Klasse 9) flossen direkt in die Projektgestaltung für Teilprojekt 2 (Klasse 10) ein, wobei die studentischen Tutoren in Klasse 10 umfangreichere Aufgaben übernehmen und auch bei der fachlichen Betreuung mit ihrem Expertenwissen unterstützen.

Erwartungen an den Ansatz

Der Betreuungsansatz Knowledge on Demand (Gatermann et al., 2024) nutzt ein fachliches Netzwerk aus Universitätsbibliothek, wissenschaftlichen Zentren und Unternehmen, das Wissen bedarfsgerecht bereitstellt (vgl. Abb. 2). Zentrales Element ist die Peer-to-Peer-Betreuung durch studentische Tutoren. Neu ist die kontinuierliche Begleitung über mehrere Schuljahre. Dieses Modell fördert den Aufbau von Vertrauen, die Entwicklung fachlicher Kompetenzen sowie die persönliche Reifung beider Peers.

Erfahrungen zeigen: Tutoren können Schüler nicht nur für MINT-Themen begeistern, sondern ihnen praxisnah wissenschaftliche Methoden vermitteln – etwa durch Experimente oder Prototypenbau. Während herkömmliche Workshops punktuelle Impulse geben, ermöglicht die langfristige Betreuung eine nachhaltige Entwicklung wissenschaftlicher Fähigkeiten.

Tutoren begleiten den gesamten Forschungs- und Schreibprozess: von der Themenwahl über die Planung und Durchführung bis zur Reflexion von Ergebnissen. Die Schüler erhalten dabei kontinuierliches Feedback, das Selbstständigkeit, Reflexionsfähigkeit und kritisches Denken stärkt – weit über den schulischen Rahmen hinaus.

Betreuungsnetzwerk Schülerprojekte: Facharbeit Vertikale Windenergieanlage

Erwartete Vorteile:

- Für Schüler:
 - Individuelle Betreuung bei Forschung und Dokumentation
 - Förderung wissenschaftlicher Arbeitsweise und Denkfähigkeit
 - Zugang zu universitären Ressourcen und Expertise
- Für Tutoren:
 - Vertiefung eigener Fachkenntnisse durch Wissensvermittlung
 - Ausbau didaktischer und kommunikativer Kompetenzen
 - Erfahrung im Projektmanagement durch langfristige Begleitung

An der TU Ilmenau zeigt sich: Eine strukturierte Betreuung über zwei Schuljahre hinweg ermöglicht nachhaltiges Lernen. Das Tutor-Schüler-Team ist Teil des Netzwerkes, welches die Facharbeit begleitet (vgl. Abb. 2), unterstützt durch Mitarbeitende der Universität zur Sicherung von Qualität und Kontinuität.

4. ERFAHRUNGSBERICHTE

Dieser Beitrag beschreibt die erstmalige Umsetzung einer mehrjährigen Tutorenbetreuung in Schülerprojekten. Da belastbare quantitative Daten noch fehlen, wurden Erfahrungswerte durch Interviews mit Beteiligten erhoben. Dieses Kapitel fasst die zentralen Ergebnisse zusammen.

Einschätzung der Tutoren

Der Tutor hebt die produktive und interaktive Zusammenarbeit sowie die technische und soziale Entwicklung der Schüler hervor. Seine eigene Entwicklung reflektiert er: „Für mich bringt die Unterstützung bei der Betreuung einer Seminarfacharbeit zahlreiche Vorteile mit sich:

- Anwendung des im Studium angeeigneten Wissens an einem konkreten Projekt

- Kompetenzerweiterung in Projektplanung und Zeitmanagement
- Aufbereitung des Wissens für die Schüler

Für mich ist die Unterstützung eines solchen Projekts sehr lehrreich gewesen und durchaus empfehlenswert für andere Studenten.“

Einschätzung der betreuenden Lehrkraft

Die betreuende Lehrkraft hebt die insgesamt sehr positive Entwicklung des Schülers hervor – sowohl fachlich als auch persönlich. Das Projektthema übersteige deutlich den üblichen Unterrichtsstoff, wurde von Beginn an strukturiert, fachlich korrekt und gut lesbar bearbeitet. Im Vergleich zur Arbeit in Klassenstufe 9 zeigt sich in Klasse 10 eine klare Verbesserung in allen Bereichen.

Im Hinblick auf persönliche Reife und Soft Skills erkennt die Lehrkraft deutliche Fortschritte. Die regelmäßige Kommunikation mit Netzwerkpartnern sowie Präsentationen der Zwischenergebnisse fördern nicht nur fachliche Kompetenzen, sondern auch Selbstvertrauen und Ausdrucksfähigkeit.

Besonders betont wird die gestiegene Selbstorganisation: Der Schüler plant und arbeitet nun systematischer, was die Lehrkraft auf die klar strukturierte Projektarbeit zurückführt. Zudem zeigen sich gesteigerte Ausdauer und Zielstrebigkeit.

Einschätzung der Schüler

Um die Wirkung des Ansatzes auf die Jugendlichen zu evaluieren, wurden beide Schüler befragt, die in Klasse 10 am Projekt arbeiten. Folgende Fragen wurden schriftlich übermittelt und beantwortet:

- Wie hast du die Betreuung durch einen studentischen Tutor wahrgenommen?
 - Schüler 1: *„Am meisten war ich positiv darüber überrascht, dass sich der Tutor so aktiv in den Prozess eingebracht hat. Das fand ich sehr gut, weil wir so auch viel lernen konnten. Auch fand ich es allgemein sehr schön, dass er uns an allen Arbeitsschritten hat Teil haben lassen.“*
 - Schüler 2: *„Überrascht hat mich an der Betreuung die Einfachheit. Der Tutor war gut in der Lage mir zunächst die Grundlagen des 3D-Drucks und später auch gewisse Feinheiten an unserem Modell beizubringen. Es war interessant auch einen Einblick in den Ablauf an der Uni, vor allem als Student, zu bekommen, von welchem der Tutor uns in den Pausen erzählt hat.“*
- Was waren interessante Einblicke bei deinen Arbeiten?
 - Schüler 1: *„Es gab viele interessante Einblicke, hier war es für mich natürlich die Konstruktion und der Fertigungsprozess der Modelle.“*
- Was war herausfordernd?
 - Schüler 1: *„An der Zusammenarbeit mit dem Tutor an sich war für mich nichts schwierig, wir hatten halt ein paar Probleme mit dem Modell.“*
 - Schüler 2: *„Wirklich herausfordernd lief während der Arbeitszeiten nichts ab, Fragen konnte der Tutor jedoch immer präzise beantworten.“*

- Wo hast du dich deiner Meinung nach am meisten verbessert?
 - Schüler 1: *„Am meisten gelernt habe ich im Bereich der technischen Umsetzung von Plänen und auch der Lösung von Problemen, was wir ja durchaus tun mussten.“*
 - Schüler 2: *„Am meisten verbessert habe ich mich im Gebiet des 3D-Drucks, da ich in den Prozess mit geringer Vorahnung hereingegangen bin, und jetzt ein gewisses Grundwissen über einzelne Materialien, deren Anwendungszwecke und das rstellen von 3D-Modellen habe.“*

Die Aussagen der Schüler stehen keineswegs im Widerspruch zu denen der Fachlehrkraft. Sowohl die Fachlehrkraft als auch der studentische Tutor heben die fachliche und soziale Entwicklung der Schüler positiv hervor. Dass die Schüler vor allem die technischen Fortschritte bemerken, ist alterstypisch. Eine kritische Reflexion der persönlichen Entwicklung ist für diese Altersgruppe nicht erwartbar. Gleichzeitig sind die Einflussfaktoren auf diesen Bereich so zahlreich, dass eine scharfe Trennung kaum möglich ist.

5. FAZIT UND AUSBLICK

Besonders hervorzuheben ist, dass die Tutorentätigkeit den Studierenden ermöglicht, essenzielle Soft Skills zu erwerben, die zunehmend von Unternehmen im Ingenieurbereich gefordert werden (Becker, 2016). Durch die intensive Zusammenarbeit zwischen Mitarbeitenden, Studierenden und Schülern und die eigenständige Betreuung von Projekten bereiten sich die Studierenden gezielt auf die Anforderungen des Arbeitsmarktes vor und steigern somit ihre beruflichen Chancen.

Neben einer koordinierenden Stelle ist ein Pool qualifizierter Tutoren erforderlich, der sowohl fachliche Kompetenz als auch

Zugang zu Laboren und weiteren Einrichtungen gewährleistet. Durch optimale Aufgabenteilung können standardisierte Fragestellungen effektiv von den Tutoren beantwortet werden, was die Fachbetreuenden entlastet und gleichzeitig die Betreuungsqualität sichert.

Hervorzuheben ist der soziale Mehrwert des Peer-to-Peer-Ansatzes: Durch die frühe Vernetzung mit der Universität erhalten Schüler authentische Einblicke in den Studienalltag und können fundierte Entscheidungen für ihre Bildungswege treffen. Diese Maßnahme bietet nicht nur individuelle Vorteile für die Schüler, sondern auch strategische Vorteile für Universitäten und Hochschulen im Rahmen ihrer Studierendengewinnung. Dieses Modell erscheint als ein vielversprechender Ansatz, um nachhaltig neue Studierende zu gewinnen.

Das Betreuungsnetzwerk der TU Ilmenau bietet einen höheren Grad strukturierter Betreuung als die Begleitung durch einzelne Experten und erleichtert den Zugang zu universitärem Wissen und Methodenkompetenz. Zukünftig sollen weitere Projekte und Evaluationen durchgeführt werden, um den Ansatz zu optimieren und auf andere Fachbereiche zu übertragen.

Literatur

Bauer, A. B., Woitkowski, D., Reuter, D. & Reinhold, P. (2022). Fachliche und überfachliche Herausforderungen in der Studieneingangsphase Physik. In U. Fahr, K. Alessandra, H. Angenent & A. Eßer-Lüghausen (Hrsg.), Springer eBook Collection. Hochschullehre erforschen: Innovative Impulse für das Scholarship of Teaching and Learning (Korrigierte Publikation, S. 339–361). Springer VS. https://doi.org/10.1007/978-3-658-34185-5_19

Becker, F. S. (2016). Herausforderungen für Elektroingenieure/innen. ZVEI – Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V. https://www.zvei.org/fileadmin/user_upload/Presse_und_Medien/Publikationen/2016/september/Herausforderungen_fuer_Elektroingenieure/Herausforderungen_fuer-Elektroingenieure-ZVEI-2016.pdf

Bosse, E. & Trautwein, C. (2014). Individuelle und institutionelle Herausforderungen der Studieneingangsphase. Zeitschrift für Hochschulentwicklung (ZFHE), 9(5), Artikel 3, 41-62. <https://doi.org/10.3217/zfhe-9-05/03>

Denzin, K., Geschwandtner, D., Hempel, G., Jantowski, A. & Stanja, I. (2017). Wissenschaftliches Arbeiten: Das Seminarfach in der Thüringer Oberstufe – Anregungen und Empfehlungen (Materialien Nr. 198). Thüringer Institut für Lehrerfortbildung, Lehrplanentwicklung und Medien. <https://www.schulportal-thueringen.de/tip/resources/medien/37587?dateiname=Materialien+198+-+Inhalt.pdf>

Fincke, S. (2023). Evaluation practicING- Befragung von Studierenden, die practicING-Angebote genutzt haben [Datensatz]. Technische Universität Ilmenau. https://www.tu-ilmenau.de/fileadmin/Bereiche/ZIB/Bildung/practicING/2023_09_04_Evaluation_Befragung_practicING_Studierender_Juli_2023.pdf

Fincke, S. & Gramsch, J. (2023). practicING: Nutzung studentischer Projekte zur Studienmotivation. In BayZiel (Hrsg.), 5. Symposium zur Hochschullehre in den MINT-Fächern.

Liedtke, I., Grökel, A., Fincke, S. & Vogel, A. (2016). Interdisziplinäre Team- und Projektarbeit. In Technische Universität Hamburg (Hrsg.), Technische Bildung im Spannungsfeld zwischen beruflicher und akademischer Bildung: die Vielfalt der Wege zu technischer Bildung: 11. Ingenieurpädagogischen Regionaltagung 2016. <https://doi.org/10.22032/dbt.39255>

Sahin, H. (2024, 17. September). Zukunft der Elektromobilität: MIGRO-Projekt ebnet den Weg für nachhaltige Mobilität. Uni-Online. <https://www.tu-ilmenau.de/unionline/forschung/details/zukunft-der-elektromobilitaet-1456>

Angaben zu den Autoren/Autorinnen

Carsten Thomas Gatermann

Wiss. Mitarbeiter im Fachgebiet Elektrische Energieversorgung der TU Ilmenau, Juror und Projektbetreuer bei „Jugend forscht“, Dipl.-Ing. für Elektrotechnik und Informationstechnik

Nils Weißinger

Student TU Ilmenau, Bachelor Maschinenbau. Stud. Hilfskraft am Zentralinstitut für Bildung, Unterstützung praktischer Tutorien und Projekte für Studierende sowie Schüler

Jenny Gramsch

Teamleitung Studienorientierung TU Ilmenau, Leiterin Schülerforschungszentrum Ilmenau, Koordinatorin Projekt ProTELC, Studium Erziehungswissenschaft (PH Erfurt)

Sabine Fincke

Wiss. Mitarbeiterin TU Ilmenau, Zentralinstitut für Bildung, Koordination Orientierungs- und practicING-Angebote, Dipl.-Ing. für Informationsverarbeitung (TU Dresden)

MATHE LERNEN UND LERNEN LERNEN: EIN ZENTRALER VORKURS, NICHT NUR GEGEN MATHEANGST

Britta Schütter-Kerndl, Lisa Groos, Eveline Rettenmeier, Michelle Beirau, Jasmin Soueidan, Annika Dehm, Linus Rothe, Anja Sivakumar, Patricia Malitzke, Holger Schmidt, Jan Bucher
Hochschule Aalen

ZUSAMMENFASSUNG

Der zentrale Vorkurs der Hochschule Aalen ist ein Spiegel der Hochschule und des Studiums. Waren es früher vor allem Fachinhalte in Mathematik, werden mittlerweile umfangreichere Unterstützungsangebote auch über den Vorkurs hinaus angeboten. Statt nur „Mathe lernen“ und dem Kennenlernen, findet so auch „Lernen lernen“ den Eingang ins Curriculum des zentralen Vorkurses. Möglich wird dies auch durch die selbst entwickelte digitale Plattform mathe.studien.cloud, die den notwendigen curricularen Raum schafft und im Vorkurs und der Studieneingangsphase erprobt wird. Der Artikel diskutiert diese Weiterentwicklung als Intervention zu Matheangst, auch Math Anxiety genannt. Anhand dieses umfangreichen und komplexen Problemfelds kann gezeigt werden, wie die verschiedenen inhaltlichen und technischen Innovationen ineinandergreifen, um auch für zukünftige Herausforderungen bei der Unterstützung der Studierenden gewappnet zu sein.

Keywords: Math Anxiety, heterogene Bildungshintergründe, Mathematikvorkurs, digitale Lernplattform

1. AUSGANGSLAGE

Studierende kommen mit ganz unterschiedlichen Bildungsbiographien und Vorkenntnissen an die Hochschule Aalen (HS AA). Dabei spielt das Fach Mathematik eine zentrale Rolle. Ein Ziel des zentralen Vorkurses ist daher, die sehr heterogenen Kenntnisse der zukünftigen Studierenden im Bereich der Grundlagenmathematik anzugleichen. Dabei stellen wir immer wieder fest, dass das Fach Mathematik bei Studierenden mit negativen Gefühlen verbunden ist, teilweise sogar mit Angst, die sich bei den Betroffenen z. B. in der Unbehaglichkeit beim Lösen mathematischer Aufgaben und Probleme bis hin zu starker Nervosität äußert und in der Literatur auch als „Math Anxiety“ beschrieben ist (Ashcraft, 2002; Weir, 2023). Diese Erhebungen aus dem Wintersemester 2022/23 an der HS AA zeigen, dass Studierende zwar nicht mehrheitlich eine Neigung zur Math Anxiety aufweisen, es aber gerade zu Studienbeginn durchaus Studierende mit Matheangst gibt. Diesen Erhebungen nach sind Frauen an der HS AA häufiger betroffen als Männer. Außerdem weisen Studierende von Nicht-MINT-Fächern eine größere Matheangst auf als Studierende von MINT-Fächern. In der Literatur werden verschiedene Ansätze zur Reduzierung von Matheangst und einer damit verbundenen Verbesserung der Leistungen im Fach Mathematik diskutiert (Ashcraft, 2002; Sammallahiti et al., 2023; Weir, 2023). Dazu gehören neben fachlicher Unterstützung auch Maßnahmen zur Steigerung der Motivation und zur Vermittlung positiver Emotionen in Bezug auf Mathematik (wie z. B. Stolz) und Maßnahmen zur Stärkung der kognitiven Fähigkeiten.

Bis 2020 bestand der Vorkurs der HS AA rein aus der Wiederholung und Übung mathematischer Inhalte (Maier et al., 2019). Um die zum Teil fehlenden Fähigkeiten zum strukturierten und selbstorganisierten Arbeiten der Studienanfänger:innen zu verbessern, haben wir vor allem nach der Corona-Pandemie zusätzliche Elemente im Bereich der Lern- und Arbeitstechniken sowie im Bereich der Selbstorganisation in den Vorkurs integriert. Diese wurden stetig an die Bedürfnisse der Studierenden angepasst, nicht zuletzt auch weil durch die Digitalisierung von Mathematikinhalten und Aufgaben im Projektstudiencloud der notwendige curriculare Raum für ein solches Vorhaben geschaffen werden konnte. Bezogen auf Math Anxiety möchten wir in diesem Artikel illustrieren, wie die neue Struktur des zentralen Vorkurses an der HS AA aufgebaut ist.

2. ZENTRALER VORKURS AN DER HOCHSCHULE AALEN

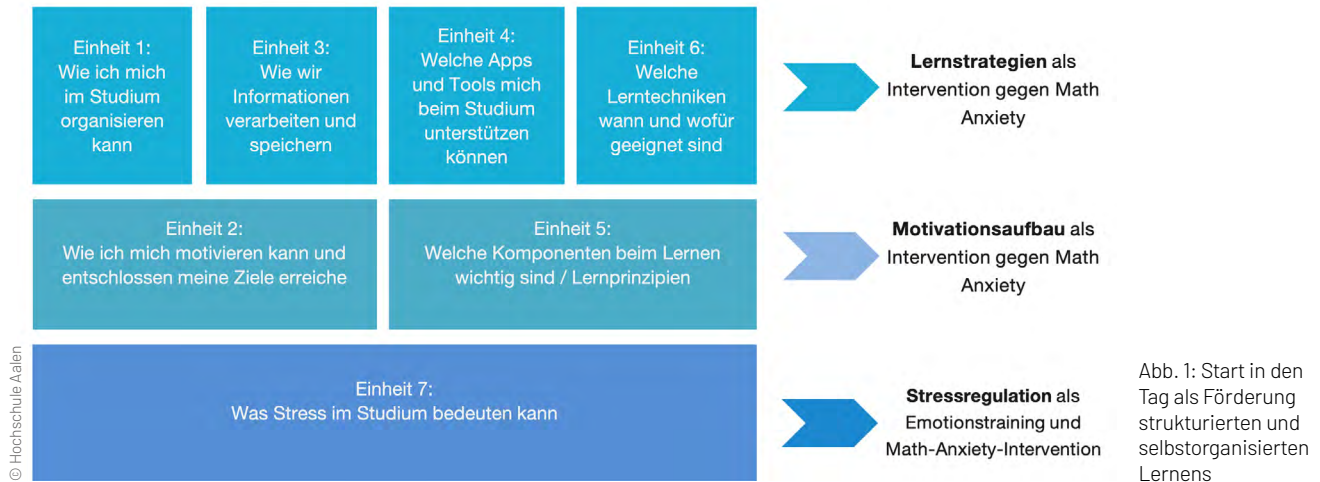
Der zentrale Vorkurs findet zwei Mal im Jahr jeweils innerhalb der beiden Wochen vor Vorlesungsstart mit etwa 70 Teilnehmenden im Sommersemester und 330 Teilnehmenden im Wintersemester statt. Die Teilnahme am Vorkurs ist freiwillig, kostenlos und offen für alle Studierenden der Hochschule. Dabei können die Teilnehmenden spontan, ab dem ersten Tag und Tag für Tag entscheiden, ob sie eine Teilnahme in Präsenz oder digital wahrnehmen. Dieses hybride Angebot findet bei den Teilnehmenden bisher großen Anklang und auch der Wechsel zwischen einer digitalen Teilnahme und einer Teilnahme vor Ort wurde in den vergangenen Vorkursen rege genutzt, sodass immer ungefähr ein Drittel bis die Hälfte der Teilnehmenden die Vorlesung online verfolgen.

Zu Beginn des Vorkurses findet am ersten Tag eine Begrüßungsveranstaltung und ein Kennenlernen statt. Die folgenden Vorkurstage sind jeweils gleich strukturiert. Wir beginnen am Morgen mit einer Einheit „Start in den Tag“ gefolgt von zwei Mathematikvorlesungsblöcken mit je 90 Minuten. Nach der Mittagspause findet jeweils ein zweistündiges, studentisch geleitetes Tutorium statt, in dem die zuvor besprochenen Mathematik-Inhalte aktiv von den Teilnehmenden geübt werden sollen. Dabei werden sie von der digitalen Plattform mathe.studien.cloud unterstützt.

3. ERFOLGREICH INS STUDIUM STARTEN: START IN DEN TAG ALS FÖRDERUNG STRUKTURIERTEN UND SELBSTORGANISIERTEN LERNENS

Mit dem Konzept „Start in den Tag“ (SidT) wird im Rahmen des Vorkurses der Ansatz verfolgt, Studierenden schon zu Studienbeginn effektive Lernstrategien an die Hand zu geben und Wissen über selbstreguliertes Lernen, Motivation und Stressregulation zu vermitteln. Jeweils täglich eine Stunde werden in hybrider Form studienrelevante Fragestellungen behandelt, um die Studienanfänger:innen auf die Anforderungen des Hochschulstudiums vorzubereiten. Studierende lernen dabei, wie sie sich im Studium organisieren, sich selbst motivieren und effizienter lernen können. Dabei geht es übergreifend um die Förderung von Selbstständigkeit und Autonomie der Studierenden, indem Lehrende aufzeigen, wie persönliche Lernprozesse selbst gut steuerbar werden. Zusätzlich wird in den jeweiligen Tageseinheiten die Auseinandersetzung mit Widerständen beim eigenen Lernen – auch bezogen auf mathespezifische Ängste – thematisiert.

Start in den Tag: Förderung des strukturierten und selbstorganisierten Lernens



In Anlehnung an die Analysen zur Mathematikangst dienen die Einheiten im SidT somit als Interventionseinheiten mit Lernstrategien, Motivationsaufbau und Emotionstraining. Die verschiedenen Komponenten sind in drei Schienen (Abb. 1) zusammengefasst und werden in dieser Reihenfolge diskutiert. Jede Einheit umfasst dabei eine Zeitstunde, der Fokus liegt auf den Lernstrategien.

Lernstrategien – kognitive Unterstützung

In Bezug auf die kognitive Unterstützung werden in SidT viele unterschiedliche Lernaspekte thematisiert und spezifische Strategien und Werkzeuge zur Verbesserung des individuellen Lernprozesses vorgestellt. Dazu gehören gezielte Übungseinheiten, die das Bewusstsein für Studienanforderungen schaffen und den Einsatz verschiedener Techniken in verschiedenen Lernsettings stärken sollen.

Die erste Einheit zur „Selbstorganisation und Selbstmanagement“ vermittelt den angehenden Studierenden Kenntnisse zur strukturierten Tages- und Wochenplanung des jeweiligen Studienfachs. Die Teilnehmenden erarbeiten eigenständig einen individuellen Tages- und Wochenplan und werden umfassend mit organisatorischen Abläufen des Studiums vertraut gemacht. Einheit 3 zu „Gedächtnis“ fördert indessen das Verständnis über die Funktionsweise des Gehirns und Gedächtnisses. Der Einfluss von Gedächtnisleistung auf die Matheangst der Studierenden ist von Ashcraft & Kirk (2001) belegt. Versuchspersonen mit hoher Mathematikangst zeigen schon bei Additionsaufgaben signifikante Leistungsunterschiede. Zu wissen, wie das Gehirn Informationen durch Wiederholung und Verknüpfung mit bestehendem Wissen verarbeitet, unterstützt den eigenen Lernprozess. Bei der Darbietung unterschiedlicher „Apps und Tools“ (Einheit 4) und verschiedener „Lerntechniken“ (Einheit 6) erhalten die Studierenden zuletzt eine Vorstellung davon, wie Lerninhalte auf unterschiedliche Weise

aufbereitet werden können, um Lernaktivitäten aufrecht zu erhalten bzw. aktiv zu erhöhen. Eigene positive Erfahrungswerte der Teilnehmenden werden dabei in Form eines Wissens-Wiki aktiv einbezogen bzw. mit einem World-Café zur Vorstellung konkreter Lerntechniken aktiviert.

Motivationsaufbau gegen Math Anxiety

Li et al. (2021) zeigen in einer Metaanalyse, dass Motivation ein Prädiktor der Mathematikangst ist. In der Dimension der Selbstwirksamkeit (Deci & Ryan, 1985, 1993) kann dies auch durch studentische Analysen an der Hochschule Aalen bestätigt werden. Hier setzen auch die Interventionen von SidT an, die in Einheit 2 „Motivation und Zielerreichung“ die theoretischen Grundlagen reflektieren. Zudem wird auch der grit-Test zur Entschlossenheit mit den Studierenden durchgeführt (Duckworth & Quinn, 2009). Auch in Einheit 5 „Komponenten des erfolgreichen Lernens“ wird ein motivationaler und meta-kognitiver Blickwinkel auf Lernprozesse gerichtet. Dabei soll den Studierenden das Lernen als aktiver, autonomer Prozess verdeutlicht werden.

Emotionsregulation

Im Rahmen der emotionalen Intervention richtet sich die siebte Einheit „Stressregulation“ auf die Identifikation und Reduktion negativer emotionaler Reaktionen im Studium. Insbesondere im Kontext von Prüfungsängsten zeigt sich ein deutlicher Zusammenhang zwischen Stresserleben und mathematischen Anforderungen (Jamieson et al., 2016). Darüber hinaus konnte nachgewiesen werden, dass das Stresserleben der Studierenden an der HS AA ein signifikanter Prädiktor für die wahrgenommene Gesundheit ist (Bauder, 2022). Da ein erhöhtes

Stresserleben die Leistungsfähigkeit im Studium negativ beeinflussen kann (TK-Gesundheitsreport, 2023), wird das Thema bereits im Vorkurs aufgegriffen und durch Techniken zur Stressbewältigung ergänzt.

4. MATHEMATISCHE DEFIZITE AUSGLEICHEN: DIE PLATTFORM STUDIEN.CLOUD

Um das mathematische Niveau der angehenden Studierenden aneinander anzugleichen, werden drei zentrale Elemente verwendet. Eine Mathematik-Vorlesung, anschließende von Studierenden höherer Semester geleitete Tutorien und die digitale Plattform mathe.studien.cloud. Diese Elemente sind verschränkt, so dient die Plattform im Tutorium als Übungszettel und in der Vorlesung als Skript.

Die vermittelten Themen orientieren sich am Mindestanforderungskatalog Mathematik der cosh-Gruppe von Schulen und Hochschulen Baden-Württembergs (2021). Aufgrund der nur begrenzt verfügbaren Zeit werden in der Vorlesung die nachstehenden Oberthemen in folgender Reihenfolge behandelt:

- Rechenregeln und Bruchrechnung,
- Potenzen, Wurzeln und Logarithmen,
- Gleichungen,
- Funktionen,
- Geometrie und Trigonometrie,
- Differentialrechnung,
- Integralrechnung,
- Vektorrechnung

Zur Wiederholung der weiteren Themen aus dem Mindestanforderungskatalog werden die Teilnehmenden auf die Inhalte der digitalen Plattform mathe.studien.cloud verwiesen.

Die Vorlesung findet als klassische „Tafelvorlesung“ auf einem Tablet statt, sodass das für den Lernprozess wichtige „Mitschreiben der Teilnehmenden“ gewährleistet wird. Aufgrund des unterschiedlichen Niveaus der Studierenden versuchen die Dozierenden eine angenehme Atmosphäre zu schaffen, in der sich nach Möglichkeit alle Teilnehmenden trauen, Fragen zu stellen. Dabei soll die offene Atmosphäre implizit dazu beitragen, dass die bei den Teilnehmenden teilweise vorhandenen negativen Emotionen in Bezug auf das Fach Mathematik noch einmal neu überdacht werden und dadurch Matheangst verringert werden kann. Auch im Tutorium wird auf eine gute Lernatmosphäre Wert gelegt, in der sich die Teilnehmenden beim gemeinsamen Bearbeiten der Übungsaufgaben näher kennen lernen und sich bei Problemen an die Tutor:innen aus höheren Semestern wenden können. Im Idealfall bilden sich hier bereits erste Lerngruppen, die auch im weiteren Studium fortbestehen.

In der Umsetzung des Vorkurses ist zudem die *mathe.studien.cloud* ein zentrales Element. Diese digitale Lernplattform wurde auf Basis eines Jupyter Hubs selbst entwickelt. Die Plattform empfängt die Studierenden auf einem Dashboard, das auf den persönlichen Lern- und Arbeitsstand zugeschnitten ist (Abb. 2). Zu jedem Thema gibt es Links auf Jupyter-Notebooks, in denen die wesentlichen mathematischen Inhalte zusammengefasst sind, und auf kurze Lernvideos, die die Inhalte weiter verdeutlichen sollen. Neben den im Projekt *studien.cloud* produzierten und über einen YouTube-Kanal verfügbaren Lernvideos werden teilweise auch YouTube-Videos aus dem Projekt *studiVEMINT* (2025) der Universität Paderborn genutzt. Des Weiteren finden sich auf der Plattform ca. 300 digitale Übungsaufgaben, die sich nach Themen und Schwierigkeitsstufen unterscheiden (ein Ausschnitt ist in Abb.2 erkennbar). Alle Aufgaben verfügen über eine Parametrisierung, eine automatisierte Lösungsüberprüfung und über ein Hinweissystem. Die Plattform ist damit

ideal zum zeit- und ortsunabhängigen Lernen in verschiedenen Geschwindigkeiten. Dennoch stellt die Verwendung der Plattform, vor allem für Studierende mit einer Abneigung gegen Mathematik, zunächst oft eine Hürde dar, da es sich um eine neue Art zu lernen handelt und die Eingabe der Lösung zur Überprüfung einen Mehraufwand darstellt. Diese Hürden versuchen wir durch die Verwendung der Plattform im Tutorium abzubauen. Dabei ist auch ein gemeinsames Rechnen der Vorkursteilnehmenden möglich, da jeweils beim ersten Aufruf der Übungsaufgaben dieselben deterministischen Zufallszahlen bis zur erfolgreichen Lösung der Aufgabe gezogen werden. Zum idealen Übungserfolg empfehlen wir jede Aufgabe dreimal zu lösen. Ab dem zweiten Aufruf erhalten die Studierenden dann randomisierte Zahlenwerte. Auf dem Dashboard der Plattform wird jede richtig gelöste Aufgabe durch einen grünen Ballon markiert und zeigt damit sofort den persönlichen Lernstand bei der Bearbeitung der Aufgaben an (Abb. 2). Durch möglichst einfache Einstiegsaufgaben in jedem Themengebiet versuchen wir, dass alle Nutzenden schnell eine signifikante Anzahl an grünen Ballons erreichen. Dies steigert, dem Feedback der Studierenden nach, die Motivation zum Weiterüben und kann Nutzende auch mit Stolz über die eigenen Entwicklungen im Lernprozess erfüllen. Damit stellt auch die *mathe.studien.cloud* speziell über das Dashboard eine hilfreiche Maßnahme zur Verringerung von Matheangst dar (Sammallahti et al., 2023). Die digitale Plattform ist in den ersten Semestern weiterhin zugänglich, sodass ein Wiederholen der mathematischen Grundlagen auf verschiedenen Niveaus jederzeit möglich ist.



Abb. 2: Ausschnitt aus dem Dashboard zum Thema Bruchrechnung. Die Überschriften stellen Links auf weiterführendes Material zur Erklärung der Inhalte dar. Jeder zunächst graue Ballon repräsentiert eine parametrisierte Übungsaufgabe, wobei der Schwierigkeitsgrad der Aufgaben pro Themengebiet jeweils von links nach rechts ansteigt. Für richtig gelöste Aufgaben werden „grüne Ballons“ vergeben. Die Aufgaben zu jedem Themengebiet sind in „Teil a (Grundlagenfähigkeiten)“ und „Teil b (komplexere Aufgaben)“ gegliedert. Ziel im Vorkurs ist es, dass die Teilnehmenden in allen behandelten Themengebieten jeweils die Aufgaben aus „Teil a“ erfolgreich bearbeitet haben.

5. FAZIT UND AUSBLICK

Der zentrale Vorkurs der Hochschule Aalen hat sich vom reinen Mathekurs zu einem Angebot entwickelt, das sich auch thematisch wesentlich zentraler mit dem Studienstart beschäftigt. Durch die Digitalisierung der Mathematikangebote in der *mathe.studien.cloud* wurde Raum geschaffen für weitere Unterstützungsangebote und Reflektion über Themen wie Lern- und Arbeitstechniken. Die vielfältigen Angebote zur Mathematik und aufbauend zu den SidT-Einheiten im Bereich „Lernen lernen“ sind nicht auf den Vorkurs befristet, sondern stehen in der Studieneingangsphase weiterhin zur Verfügung. Bisher nutzen jedoch nur wenige Studierende die Mathematikübungsplattform im Nachgang.

Dass die hier diskutierten Interventionen und Innovationen sich gegenseitig ergänzen, sehen wir besonders gut beim Blick durch die Linse der Mathematikangst. Während die digitale Plattform per se bereits als Intervention gegen Math Anxiety zu sehen ist, bietet auch der durch die Digitalisierung geschaffene curriculare Raum neue Interventionsmöglichkeiten, nicht nur gegen Matheangst.

Eine weiterführende Evaluation des Vorkurses – etwa in Bezug auf die Wirksamkeit zur Reduktion von Matheangst oder zur Verbesserung des Studienerfolgs – erscheint für die Zukunft wünschenswert. Die bisherigen Evaluationen hatten mit ihren geringen Rücklaufquoten wenig Aussagekraft. Einzelnen Rückmeldungen zufolge können Studierende aus technischen Studiengängen die Plattform auch im weiteren Studienverlauf gezielt für sich nutzen. Für viele Studierende muss die Bedienung dafür jedoch niederschwelliger sein. Deswegen erfolgt im Projekt derzeit eine Umentwicklung der Plattform unter dem Gebot der menschenzentrierten Softwareentwicklung.

Acknowledgement

Die hier dargestellten Inhalte wurden in großen Teilen im, von der Stiftung Innovation in der Hochschullehre geförderten, Projekt studien.cloud erstellt.

Literatur

Ashcraft, M. H. (2002). Math Anxiety: Personal, Educational, and Cognitive Consequences. *Current Directions in Psychological Science*, 11(5), 181-185.

Ashcraft, M. H., & Kirk, E. P. (2001). The relationships among working memory, math anxiety, and performance. *Journal of experimental psychology: General*, 130(2), 224.

Bauder, A. (2022). Analyse der Studierendengesundheit und der Determinanten für studentische Gesundheit an der Hochschule Aalen – Ein erster Schritt für den systematischen Aufbau eines studentischen Gesundheitsmanagements an der Hochschule Aalen. (Masterthesis).

cosh (cooperation Schule-Hochschule) (2021). Mindestanforderungskatalog Mathematik. Version 3.0 von Schulen und Hochschulen Baden-Württembergs für ein Studium von WiMINT-Fächern: abgerufen am 01.04.2025 von <https://cosh-mathe.de/wp-content/uploads/2023/09/makV3.0.pdf>

Deci, E. L. & Ryan, R. M. (1985). *Intrinsic motivation and self-determination in human behavior*. New York: Plenum.

Deci, E. L. & Ryan, R. M. (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. *Zeitschrift für Pädagogik*, 39(2), 223-238. <https://doi.org/10.25656/01:11173>

Duckworth, A. L., & Quinn, P. D. (2009). Development and validation of the Short Grit Scale (GRIT-S). *Journal of personality assessment*, 91(2), 166-174.

Jamieson, J. P., Peters, B. J., Greenwood, E. J., & Altose, A. J. (2016). Reappraising stress arousal improves performance and reduces evaluation anxiety in classroom exam situations. *Social Psychological and Personality Science*, 7(6), 579-587.

Li, Q., Cho, H., Cosso, J., & Maeda, Y. (2021). Relations between students' mathematics anxiety and motivation to learn mathematics: A meta-analysis. *Educational Psychology Review*, 1-33.

Maier, U., Egetenmeier, A., & Hommel, M. (2019). Es war einmal... der Vorkurs – Entwicklung, Erfahrungen und Erkenntnisse eines Mathematik-Vorkurses. In B. Meissner, C. Walter, B. Zinger, J. Haubner & F. Waldherr (Hrsg.) *Tagungsband zum 4. Symposium zur Hochschullehre in den MINT-Fächern* (S. 251-261).

Sammallahti, E., Finell, J., Jonsson, B., & Korhonen, J. (2023). A Meta-Analysis of Math Anxiety Interventions. *Journal of Numerical Cognition*, 9(2), 346-362.

studiVEMINT: abgerufen am 28.03.2025 von <https://fdm.uni-paderborn.de/projekte/studivemint/allgemeines>

TK-Gesundheitsreport (2023) Wie geht's Deutschlands Studierenden?: abgerufen am 03.04.2025 von <https://www.tk.de/resource/blob/2149886/e5bb2564c786aedb-3979588fe64a8f39/2023-tk-gesundheitsreport-data.pdf>

Weir, K. (2023). How to solve for math anxiety? Studying the causes, consequences, and prevention methods needed. *Monitor on Psychology*, 54(7), 44-51.

Angaben zu den Autorinnen und Autoren

**Britta Schütter-Kerndl, Lisa Groos, Eveline Rettenmeier,
Michelle Beirau, Jasmin Soueidan, Annika Dehm,
Linus Rothe, Anja Sivakumar, Patricia Malitzke,
Holger Schmidt, Jan Bucher**

Das Zentrum für Grundlagen und digitale Lehre der Hochschule Aalen bietet Studierenden hybride Unterstützungs- und Beratungsangebote an und richtet den zentralen Vorkurs aus.

Die inhaltliche Entwicklung des Vorkurses wird von Lisa Groos und Britta Schütter-Kerndl verantwortet, lern- und gesundheitsunterstützende Angebote sind von Eveline Rettenmeier, Jasmin Soueidan und Michelle Beirau konzipiert. Die Plattform mathe.studien.cloud wird von Anja Sivakumar, Linus Rothe, Annika Dehm und Patricia Malitzke entwickelt. Die Leitung obliegt Holger Schmidt und Jan Bucher.

ERGEBNISSE EINER EVALUATIONSSTUDIE DES ONLINEANGEBOTS ZUR STUDIENVORBEREITUNG VON MINTFIT HAMBURG

Ute Carina Müller
Technische Universität Hamburg

ZUSAMMENFASSUNG

Um den hohen Studienabbruchquoten im MINT-Bereich entgegenzuwirken, bietet MINTFIT Hamburg studienvorbereitende Onlinetests und -kurse in MINT-Fächern an. Die Teilnahme ist unabhängig von einer Hochschuleinschreibung, freiwillig und kann anonym erfolgen. Hierdurch wird eine niederschwellige und frühzeitige Teilnahme ermöglicht, eine Untersuchung zum Einfluss des Angebots auf die Studieneingangsphase jedoch erschwert.

Daher wurde zum Wintersemester 2021/22 mit einer Fragebogenstudie begonnen, die jährliche Kohorten bis zum Abschluss ihres vierten Semesters begleitet. Es wurden persönliche Angaben zu den bisher 355 Teilnehmenden, Informationen zu ihrer Studienvorbereitung und Selbsteinschätzung hinsichtlich des Vorbereitungsstands, Klausurnoten der ersten vier Semester sowie eine Einschätzung zu MINTFIT erfasst und ausgewertet.

Auf Grundlage der Ergebnisse soll das Unterstützungsangebot von MINTFIT auf seine Passgenauigkeit hin überprüft, optimiert und zukunftsfähig gestaltet werden.

Keywords: E-Learning, Prädiktoren, Selbstwirksamkeitserwartung, Self-Assessment, Studienabbruch

1. EINLEITUNG

Hohe Studienabbruchquoten von bis zu 50 % sind seit vielen Jahren typisch für MINT-Studiengänge (Heublein & Schmelzer, 2018). Wichtige Ursachen sind eine große Heterogenität und mangelnde Vorkenntnisse (Heublein et al., 2017). Um diesen Problemen entgegenzuwirken, wurden unterschiedliche, online basierte Vorbereitungskurse und Self-Assessments entwickelt, zu denen auch MINTFIT Hamburg gehört (Sitzmann, 2020).

Die Entwicklung der letzten Jahre zeigt jedoch, dass die Studienabbruchquoten trotz dieser Maßnahmen weiterhin hoch sind (Heublein, Hutzsch & Schmelzer, 2022). Allerdings hat sich die Studierendenschaft in dieser Zeit verändert: So sind die Studienanfängerzahlen seit 2010 um ca. 30 % gestiegen (Destatis, 2024). Zudem ist die Nutzung digitaler Hilfsmittel immer intuitiver und selbstverständlicher geworden, wodurch Nutzungsgewohnheiten und Erwartungshaltung geprägt werden. Daher ist es wichtig, bestehende Angebote zu evaluieren und an die aktuellen Bedürfnisse der Nutzenden anzupassen.

Für eine gezielte Unterstützung sollten aussagekräftige Prädiktoren für einen möglichen Studienabbruch eingesetzt werden, um die Gefährdung möglichst frühzeitig zu erkennen. Diese Information sollte dem potentiell Gefährdeten so zurückgemeldet werden, dass er das Problem erkennt und praktikable Wege aufgezeigt bekommt, damit er tatsächlich gegensteuert.

Als gute Prädiktoren gelten die Abschlussnote der Hochschulzugangsberechtigung (HZB) (Isphording & Wozny, 2018) sowie die Mathematiknote für ein MINT-Studium (Falk & Marschall, 2021). Ebenso kann die Selbstwirksamkeitserwartung eines Studierenden eine Rolle bei der Entscheidung zum Studienabbruch spielen (Weber et al., 2018).

Gleichzeitig ist die Studieneingangsphase von vielen Einflüssen und Veränderungen geprägt, sowohl in Bezug auf fachliche Vorbereitung, z. B. durch Präsenzkurse und digitale Angebote, als auch durch das neue Umfeld, so dass nicht nur die fachliche Vorbereitung, sondern auch die Selbstregulation und Selbstwirksamkeitserwartung der Erstsemesterstudierenden beeinflusst werden.

Vor diesem komplexen Hintergrund wurde zum Wintersemester 2021/2022 von MINTFIT Hamburg eine Längsschnittstudie über die vier ersten Studiensemester begonnen, um Informationen über die Nutzenden, ihr Nutzungsverhalten, ihre Selbsteinschätzung und den Einfluss von MINTFIT auf die Studieneingangsphase zu untersuchen. Die Ergebnisse sollen bei der passgenauen und zukunftsfähigen Weiterentwicklung von MINTFIT berücksichtigt werden.

2. MINTFIT HAMBURG

Seit 2015 werden von MINTFIT Hamburg Online-Tests und -Kurse (www.mintfit.hamburg) für den Übergang von der Schule zur Hochschule angeboten, mit denen Interessierte noch vor der Einschreibung an einer Hochschule, kostenlos und anonym ihre Kenntnisse in Mathematik, Physik, Chemie und Informatik im Hinblick auf die Anforderungen an einer deutschen Hochschule überprüfen und auffrischen können (Barbas & Schramm, 2018). Damit bekommen MINT-Studieninteressierte frühzeitig eine

Orientierungshilfe, welche Grundlagen sie in ein MINT-Studium mitbringen sollten und wie sie bestehende Wissenslücken vor Beginn eines Studiums schließen können.

Bis Ende 2024 konnten insgesamt etwa 250.000 Testteilnahmen (begonnene Testversuche), von denen etwa 60 % abgeschlossen wurden, verzeichnet werden. Auf die Mathematiktests entfielen dabei etwa 80 % der begonnenen Tests. Während für die Fächer Physik, Chemie und Informatik eigene MINTFIT-Kurse zur Verfügung stehen, werden für Mathematik zwei alternative Lernangebote, nämlich OMB+ (www.ombplus.de) und viaMINT (www.viamint.de) von Kooperationspartnern zur Verfügung gestellt.

3. LÄNGSSCHNITTSTUDIE ZUR NUTZUNG UND BEDEUTUNG VON MINTFIT

Die von MINTFIT zum Wintersemester 2021/2022 begonnene Erhebung begleitet MINT-Studierende, inzwischen bereits in der vierten Kohorte, von der Zulassung im August eines Jahres bis zum Ende des 4. Semesters (Barbas, Huelmann & Müller, 2024). Interessierte werden jährlich unter den Neu-Zugelassenen an Hamburger Hochschulen via Mail und deutschlandweit über Social Media gesucht. MINT-Erstsemester können sich ohne weitere Voraussetzungen zur Studie anmelden.

Die Studie adressiert folgende Fragen:

- Wer sind die Nutzenden im Hinblick auf Studiengang, schulische Vorbildung und Schulerfolg (Abiturnote bzw. letzte Mathematiknote), zeitlichem Abstand zum Erwerb der HZB, ihre Selbstwirksamkeitserwartung in Form einer Selbsteinschätzung zum Vorbereitungsstand auf die Mathematikteile des Studiums sowie weitere soziodemographische Faktoren?

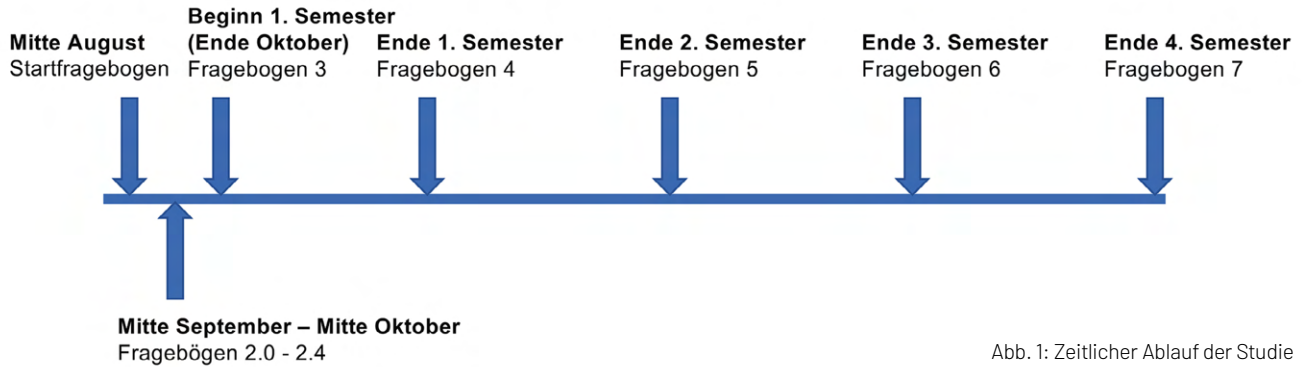


Abb. 1: Zeitlicher Ablauf der Studie

	Kohorte 21	Kohorte 22	Kohorte 23	Kohorte 24
Startfragebogen (Mitte August)	76	115	80	84
Fragebogen 2.0 (Mitte September)	32	52	30	36
Fragebogen 3 (Ende Oktober)	27	20	14	22
Fragebogen 4 (Ende 1. Semester)	16	16	9	
Fragebogen 5 (Ende 2. Semester)	17	8	3	
Fragebogen 6 (Ende 3. Semester)	3	8		
Fragebogen 7 (Ende 4. Semester)	4	8		

Tab. 1: Teilnehmendenzahlen

- Wie ändert sich die Gruppe der Studienteilnehmenden im Studienverlauf in Bezug auf die angesprochenen Charakteristika?
- Wie werden MINTFIT-Tests und -Kurse genutzt und welche anderen Materialien werden zur Studienvorbereitung verwendet?
- Was lässt sich über die Einschätzung zu und Wirksamkeit von MINTFIT sagen?

Der zeitliche Ablauf der Studie ist in Abbildung 1 dargestellt: Es gibt 7 Erhebungszeitpunkte. Mitte August werden die Angaben

zur Person wie Studiengang oder Abiturnote erfasst. In der direkten Vorbereitungszeit auf das Studium Mitte September bis Mitte Oktober erfolgt eine engmaschige Begleitung durch mehrere Fragebögen (2.0-2.4) zum Nutzungsverhalten von MINTFIT. Der dritte Befragungszeitpunkt folgt zu Beginn des 1. Semesters, Ende Oktober. Die weiteren vier Fragebögen folgen nach den jeweiligen Semestern so, dass Klausurergebnisse relevanter Fächer bekannt sind und als Maß für Studienerfolg verwendet werden können. Innerhalb eines Fragebogens müssen nicht alle Fragen beantwortet werden.

Tab. 2: Nutzung von
Vorbereitungsangeboten

Vorbereitungsangebot	Anzahl positiver Antworten (in % bezogen auf 83 Teilnehmende am Fragebogen 3)
MINTFIT Tests	68 (82%)
MINTFIT Kurse (inklusive Kurse der Kooperationspartner)	76 (92%)
MINTFIT insgesamt (Tests und/oder Kurse)	80 (96%)
Andere Lernangebote insgesamt	75 (90%)
Videos	58 (70%)
Präsenzangebot (Vorkurs)	43 (52%)
andere Online-Kurse	40 (48%)

Ein Überblick über die Teilnehmendenzahlen zu den 7 Befragungszeitpunkten findet sich in Tabelle 1. Bisher haben 355 Personen mit der Studie begonnen, von denen allerdings nur 4 Personen alle Fragebögen (Kohorten 21 und 22) bearbeitet haben.

4. AUSWERTUNG UND ERGEBNISSE

Im Fragebogen 3 (Ende Oktober) wurden die zur Studienvorbereitung verwendeten Materialien abgefragt (siehe Tab. 2). 96 % aller Studienteilnehmenden nutzen ein Angebot von MINTFIT, wobei die Tests (82 %) etwas seltener als die Kurse (92 %) bearbeitet werden. Vergleichbar mit den Kursen werden alle anderen Lernangebote insgesamt verwendet (90 %). Dieses Ergebnis unterstützt die Annahme, dass ein einzelnes Angebot im Hinblick auf die Studienvorbereitung nicht isoliert betrachtet werden kann. Für MINTFIT zeigt sich zudem, dass der Einstieg nicht zwingend über den Test erfolgt, wie ursprünglich vorgesehen (Sitzmann, 2020).

Die weitere Analyse beschränkt sich auf den Untersuchungszeitraum bis zum Ende des 1. Semesters (4. Fragebogen) und damit auf die Kohorten 21, 22 und 23. Um zu überprüfen, inwiefern sich die Zusammensetzung der Stichprobe im Verlauf der Studie verändert, werden Verteilungen der für die Analyse wichtigen Items betrachtet:

- Note der HZB als bekanntem Prädiktor für Studienabbruch (Abb. 2)
- Zeitlicher Abstand zwischen Abitur und Studium, da hier eine Auffrischung von Schulkenntnissen wichtig sein könnte (Abb. 3)
- Selbsteinschätzung zum Vorbereitungsstand auf die Mathematikteile des Studiums als Maß für die Selbstwirksamkeitserwartung (Abb. 4)

Die Antworten stammen aus dem Startfragebogen. Um die Zusammensetzung der Studienteilnehmenden bzgl. dieser Items zu den Befragungszeitpunkten 3 und 4 zu überprüfen, werden diejenigen Antworten gewertet, bei denen die Teilnehmenden an den entsprechenden Fragebögen teilgenommen haben. Dargestellt sind jeweils die absoluten Zahlen und das Verhältnis der Häufigkeiten bezogen auf den Startfragebogen.

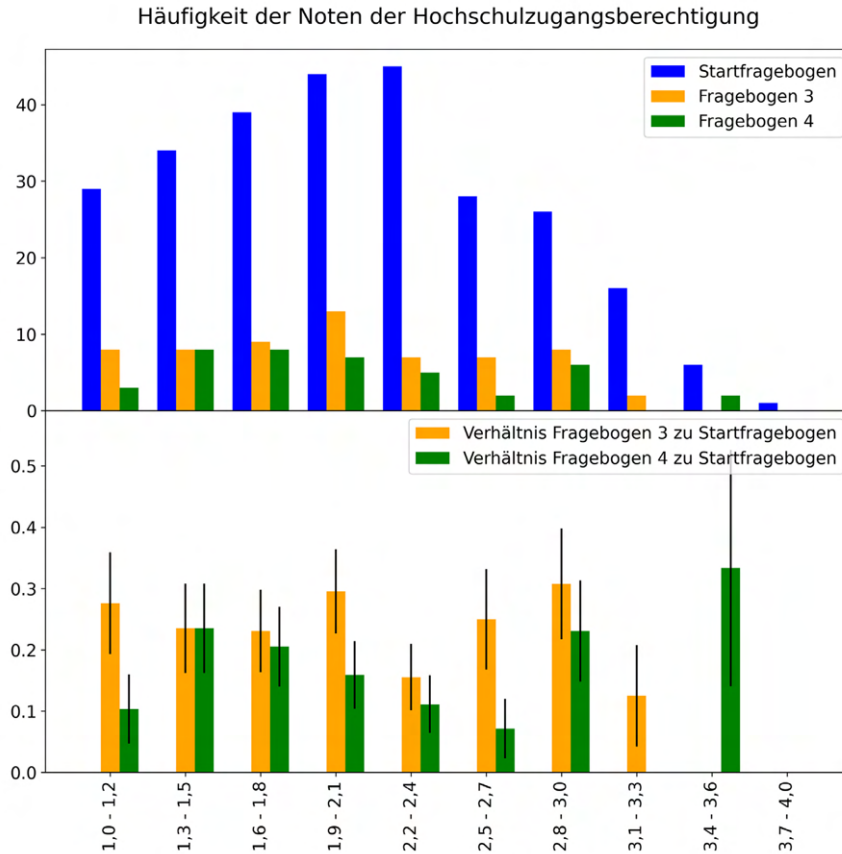


Abb. 2: Häufigkeit der HZB-Noten

Das Verhältnis von Fragebogen 3 zum Startfragebogen liegt im Mittel bei etwa 25%, von Fragebogen 4 zu Startfragebogen bei etwa 15%. Im Rahmen des statistischen Fehlers lässt sich keine Veränderung in der Zusammensetzung der Teilnehmenden bzgl. der gezeigten Items feststellen.

Wurde in einer ersten Analyse die fachbezogene Wirksamkeit untersucht (Barbas, Huelmann & Müller, 2024), liegt der Fokus hier auf der Einschätzung der Studienteilnehmenden in Bezug

darauf, ob MINTFIT für die Studienvorbereitung hilfreich war. Dieses Item wurde zum ersten Mal nach dem 1. Semester in Fragebogen 4 erfasst. Die Beantwortung dieser Frage in Abhängigkeit von Items, die als Prädiktoren für Studienerfolg interessant sind, ist in Tabelle 3 zusammengefasst. Zusätzlich wurde nicht nur die HZB als Bezugsgröße, sondern auch die letzte Mathematiknote bzw. der zeitliche Abstand zum letzten Mathematikunterricht aufgenommen. Auf Grund der geringen Stichprobengröße wurden die Antworten jeweils in zwei

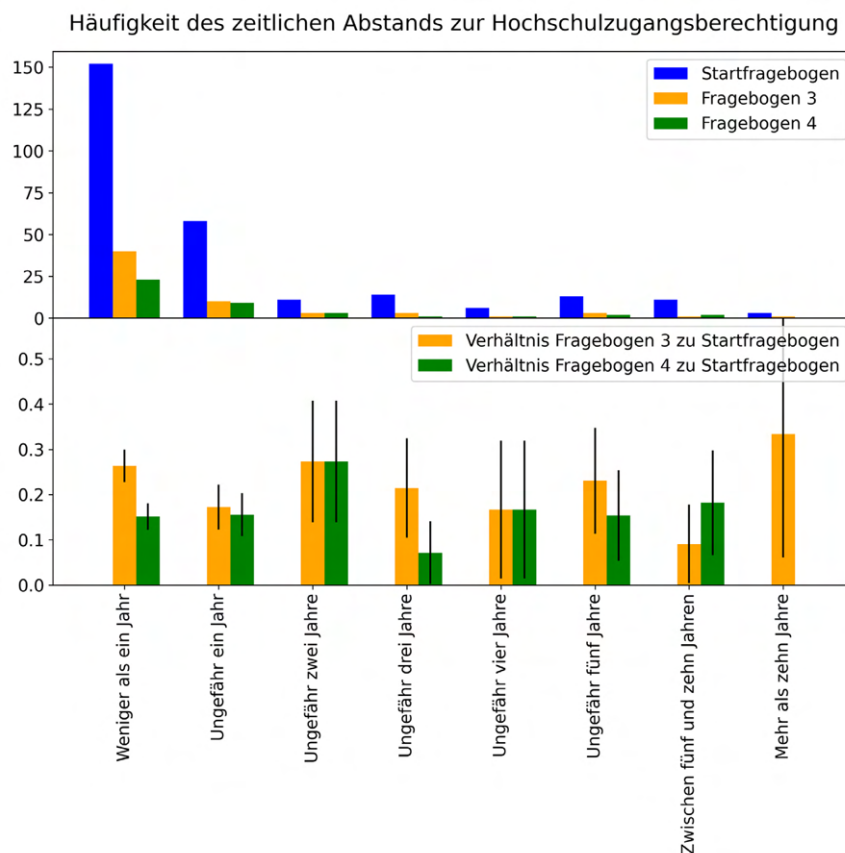


Abb. 3: Häufigkeit des zeitlichen Abstands zwischen HZB und Studium

Klassen zusammengefasst. Zusätzlich ist der Mittelwert der Mathematik-Klausurnoten aus dem 1. Semester als Maß für Studienerfolg für diese Klassen aufgeführt.

Es zeigt sich, dass Personen mit schlechteren Mathematiknoten, einem größeren zeitlichen Abstand zur HZB und einer geringeren Selbstwirksamkeitserwartung, also die tendenziell eher Gefährdeten, die Hilfe von MINTFIT mehrheitlich positiv bewerteten. Hervorzuheben ist, dass trotz der kleinen Stichprobengröße, das Ergebnis, ob MINTFIT als hilfreich empfunden

wird, beim Item des zeitlichen Abstands zum letzten Mathematikunterricht mit 9 aus 10 Personen statistisch signifikant auf dem Signifikanzniveau von 5% ist.

In der Spalte mit den Mittelwerten der Mathematik-Klausurnote zeigt sich die gute Vorhersagekraft der Selbsteinschätzung zum Stand der Studienvorbereitung insbesondere zu Semesterbeginn (Fragebogen 3). Obwohl die Studierenden ihr Problem sehen, scheinen sie jedoch kein Mittel zu finden, dieses zu lösen.

Häufigkeit der Selbsteinschätzung zum Vorbereitungsstand vor dem Studium

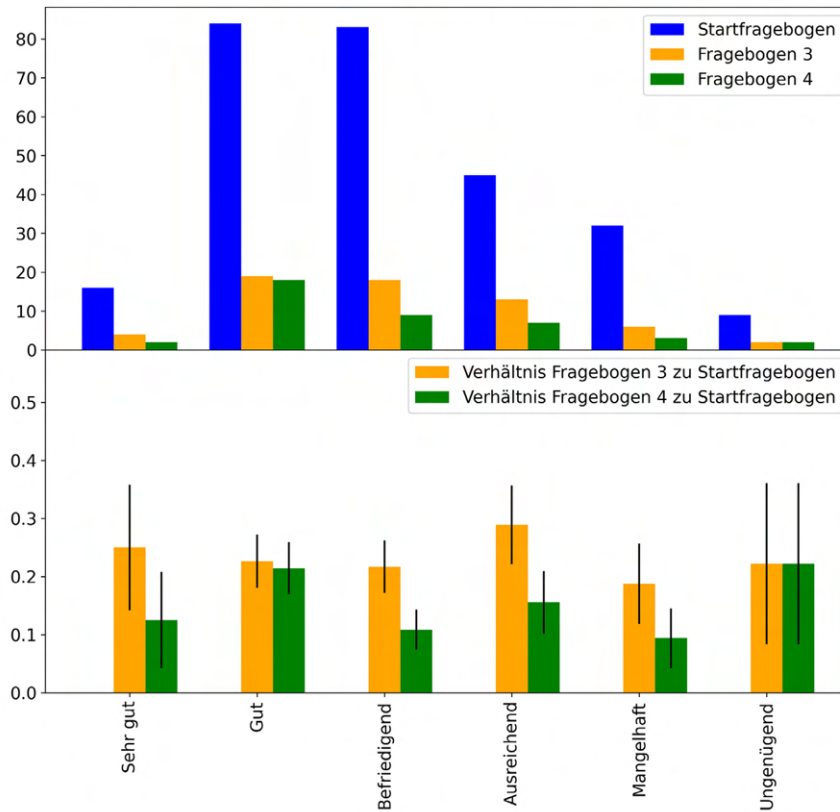


Abb. 4: Häufigkeit der Selbsteinschätzung zum Vorbereitungsstand für das Studium

5. GRENZEN DER UNTERSUCHUNG UND AUSBLICK

Als großes Problem der Studie zeigen sich die kleinen Stichprobengrößen. Dies gilt nicht nur für die Anzahl der beantworteten Fragebögen, sondern auch für die Beantwortung innerhalb eines Fragebogens. Zudem wurden systematische Fehlerquellen bisher noch nicht im Detail untersucht. Die Gruppe der Studienteilnehmenden beispielsweise ist nicht repräsentativ für die Erstsemesterstudierenden in einem MINT-Studiengang, so sind beim Item Geschlecht etwa 50 % der Studienteilnehmenden

weiblich, bei den MINT-Erstsemestern sind dies jedoch etwa 30 % (Destatis, 2024). Trotzdem liefern die Ergebnisse wertvolle Hinweise für die Weiterentwicklung von MINTFIT.

Parallel zur weiteren Analyse der vorhandenen Daten gibt es Überlegungen, die Wirksamkeitsstudie anzupassen, um differenzierte Informationen zur Einschätzung von MINTFIT zu erhalten. Hierbei sollte allerdings berücksichtigt werden, dass die bereits gewonnenen Daten in die angepasste Studie integriert werden können. Außerdem wäre eine Ergänzung durch

		Klassen- einteilung	Rückmeldung, ob MINTFIT hilfreich zur Vorbereitung war (Ende 1. Semester, Fragebogen 4)			Mittelwert Mathe- matik-Klausurnote (Anzahl der Antworten)
			Ja	Nein	Zustimmung	
Antworten insgesamt			21	10	68%	
Note der HZB	besser als 2,0	13	5	72%	2,6 (21)	
	schlechter oder gleich 2,0	8	5	62%	3,6 (17)	
Letzte Schul- Mathematiknote	besser als 11 Punkte	13	7	65%	2,7 (22)	
	schlechter oder gleich 11 Punkte	8	3	73%	3,5 (16)	
Zeitlicher Abstand zwischen HZB und Studium	weniger als 1 Jahr	12	7	63%	2,8 (22)	
	ungefähr 1 Jahr oder mehr	9	3	75%	3,3 (16)	
Zeitlicher Abstand z wischen letztem Mathematikunterricht und Studium	weniger als 1 Jahr	12	9	57%	2,9 (23)	
	ungefähr 1 Jahr oder mehr	9	1	90%	3,2 (15)	
Selbsteinschätzung zum Vorbereitungsstand auf Mathematikteile des Stu- diums (Startfragebogen)	sehr gut - gut	9	8	53%	2,6 (18)	
	befriedigend - ungenügend	12	2	86%	3,4 (20)	
Selbsteinschätzung zum Vorbereitungsstand auf Mathematikteile des Studiums (Fragebogen 3)	sehr gut - gut	5	5	50%	1,7 (13)	
	befriedigend - ungenügend	8	1	89%	4,1 (11)	
Selbsteinschätzung zum Vorbereitungsstand auf Mathematikteile des Studiums, rückblickend (Fragebogen 4)	sehr gut - gut	10	7	59%	2,1 (19)	
	befriedigend - ungenügend	11	3	79%	4,0 (19)	

Tab. 3:
Zusammenfassung
der Einschätzung
zu MINTFIT und
Mittelwerte der
Mathematik-
Klausurnoten
im 1. Semester

Interviews, wie im Jahr 2023, hilfreich (Barbas, Huelmann & Müller, 2024). Zudem könnte eine Aufteilung in Kontroll- und Experimentalgruppe, wie sie in den ersten beiden Kohorten erfolgt war, dann aber aufgehoben wurde, sinnvoll sein, um die Wirkung von MINTFIT von anderen Vorbereitungsangeboten zu separieren. Hierbei müsste eine ausreichende Studienbeteiligung, z. B. durch die Anbindung an einen Studiengang, sichergestellt werden.

6. WEITERENTWICKLUNG VON MINTFIT

Die Studie zeigt, dass MINTFIT die Zielgruppe erreicht, für die das Angebot entwickelt wurde, und von dieser als hilfreich bewertet wird. Dabei wird deutlich, welchen Beitrag die Selbstwirksamkeitserwartung leisten kann, um Studierenden frühzeitig passende Unterstützungsangebote zur Verfügung zu stellen. Inwiefern MINTFIT die Einschätzung der Selbstwirksamkeitserwartung beeinflusst, muss noch genauer untersucht werden. Bei der Entwicklung war jedoch genau dies das Ziel der Self-Assessment-Tests gewesen: eine Sensibilisierung für mögliche Lücken zu schaffen und mit Lernempfehlungen eine effektive, frühzeitige und zielgerichtete Aufarbeitung zu unterstützen, um das Vorwissen bereits zu Beginn des Studiums auf das geforderte Niveau zu heben. Die Studie zeigt jedoch, dass die Kurse häufiger als die Tests genutzt werden. Daher scheint es nötig, das Angebot anzupassen. Hierzu soll die Einstiegsseite so umgestaltet werden, dass der Testeinstieg mit einem einzigen Klick möglich wird. Durch eingestreute Pop-up-Fragen zu Studiengang, Studienmotivation u. a. soll die persönliche Relevanz für einen Testteilnehmenden gesteigert werden. Falls es gelingt, die so gewonnene Selbstwirksamkeitserwartung in eine Motivation zur Kursbearbeitung zu transformieren, könnten die Studienvoraussetzungen verbessert werden. Parallel könnte es hilfreich sein, begleitend zum 1. Studiensemester die

Selbstwirksamkeitserwartung zu erfassen und gezielte Unterstützungsangebote, z. B. in Form von individualisierten Online-tutorien anzubieten. Dies ginge allerdings über den derzeitigen Rahmen von MINTFIT Hamburg hinaus.

Acknowledgement

MINTFIT Hamburg ist ein Verbundprojekt der Hamburger MINT-Hochschulen Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, HafenCity Universität Hamburg, Technische Universität Hamburg, Universität Hamburg sowie dem Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf und wird gefördert von der Hamburger Behörde für Wissenschaft, Forschung, Gleichstellung und Bezirke.

Literatur

Barbas, H., Huelmann, T., & Müller, U. C. (2024). Nutzung und Nutzen des MINTFIT-Angebots: Ergebnisse einer Fragebogen- und Interviewstudie. *Wirtschaftspsychologie*, 26, 148–157. <https://doi.org/10.2440/004-0032>

Barbas, H., & Schramm, T. (2018). The Hamburg Online Math Test MINTFIT for prospective Students of STEM Degree Programs. *MSOR Connections*, 43–51.

Statistisches Bundesamt (Destatis). (2024, 9. Januar). BIP im Jahr 2023 um 0,3 % gesunken [Pressemitteilung]. https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2024/01/PD24_N003_213.html

Falk, S., & Marschall, M. (2021). Abbruch des Erststudiums bei MINT-Studierenden: Welche Rolle spielen Informations- und Unterstützungsangebote bei Studienbeginn? In M. Neugebauer, H.-D. Daniel, & A. Wolter (Hrsg.), *Studienerfolg und Studienabbruch* (S. 343–366). Springer VS. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-32892-4>

Heublein, U., Ebert, J., Hutzsch, C., Isleib, S., König, R., Richter, J., & Woisch, A. (2017). Zwischen Studierenerwartungen und Studienwirklichkeit, Ursachen des Studienabbruchs, beruflicher Verbleib der Studienabbrecherinnen und Studienabbrecher und Entwicklung der Studienabbruchquote an deutschen Hochschulen. *Forum Hochschule*, 1(2017). Deutsches Zentrum für Hochschul- und Wissenschaftsforschung (DZHW). Hannover.

Heublein, U., Hutzsch, C., & Schmelzer, R. (2022). Die Entwicklung der Studienabbruchquoten in Deutschland (DZHW Brief) [Brief]. Deutsches Zentrum für Hochschul- und Wissenschaftsforschung (DZHW). Hannover. https://www.dzhw.eu/pdf/pub_brief/dzhw_brief_05_2022.pdf

Heublein, U., & Schmelzer, R. (2018). Die Entwicklung der Studienabbruchquoten an den deutschen Hochschulen. Berechnungen auf Basis des Absolventenjahrgangs 2016 (DZHW Projektbericht) [Bericht]. Deutsches Zentrum für Hochschul- und Wissenschaftsforschung (DZHW). Hannover. https://www.dzhw.eu/pdf/21/studienabbruchquoten_absolventen_2016.pdf

Isphording, I. E., & Wozny, F. (2018). Ursachen des Studienabbruchs. Eine Analyse des Nationalen Bildungspanels (IZA Research Report No. 82). Forschungsinstitut zur Zukunft der Arbeit. https://docs.iza.org/report_pdfs/iza_report_82.pdf

Sitzmann, D. (2020). Fit ins Studium mit MINTFIT Hamburg – Unterstützungsangebote für ein erfolgreiches MINT-Studium und zur Senkung der Studienabbruchquote. In S. Kahmann & S. Ludwigs (Hrsg.), *So gelingt E-Learning – Reader zum Higher Education Summit 2019; Studienergebnisse und Praxisberichte zum Einsatz von E-Learning an deutschsprachigen Hochschulen* (S. 154–161). Pearson.

Weber, A., Daniel, A., Becker, K., & Bornkessel, P. (2018). Proximale Prädiktoren objektiver wie subjektiver Studierenerfolgsindikatoren. In P. Bornkessel (Hrsg.), *Erfolg im Studium. Konzeptionen, Befunde und Desiderate* (S. 59–107). wbv.

Angaben zur Autorin

Ute Carina Müller

ist seit 2021 Mitarbeiterin bei der Arbeitsstelle MINTFIT Hamburg (AMH) an der Technischen Universität Hamburg und hat die fachliche Leitung des Bereichs Tests/Kurse.

Schwerpunkte der bisherigen Tätigkeit: E-Learning-Projekte und Forschung zu Testverfahren, Hochenergie- und Beschleunigerphysik, Lehrtätigkeit

CHEMIE-VORKURS UND CHEMIE-CAFÉ: ANGEBOTE ZUR ERHÖHUNG DES STUDIENERFOLGS

Dominik Pentlehner, Cornelia Stettner
Technische Hochschule Rosenheim / Campus Burghausen

ZUSAMMENFASSUNG

Evaluationsergebnisse und Einschätzung der Lehrenden in chemienahen Studiengängen ergaben, dass sich die Gruppe der Studienanfänger sowohl bzgl. ihres theoretischen Vorwissens in Chemie als auch in Bezug auf ihre praktischen Fähigkeiten im Chemielabor heterogen zusammensetzt. Um dieser Heterogenität entgegenzuwirken und allgemein das Vorwissen zu erhöhen, wurden zwei freiwillige Angebote, ein Chemie-Vorkurs vor Studienbeginn sowie ein Chemie-Café während der Vorlesungszeit, eingeführt.

Beide Angebote haben einen vergleichsweise großen individuellen Gestaltungsraum und sind geeignet der Heterogenität der Gruppe zu begegnen und generell das Niveau zu steigern. Darauf deuten sowohl die meist geringere Zahl der Studienabbrecher als auch die positive Rückmeldung bei den Vorkursbesuchern hin, beim Chemie-Café ist es das Ergebnis von Gesprächen mit den Teilnehmern.

Keywords: Übergang Schule/Hochschule, Heterogenität, Vorkurse, Chemie

1. AUSGANGSLAGE

In vielen Studien und Analysen zur Ursache von Studienabbrüchen, besonders im MINT-Bereich, werden oft zu geringe Vorkenntnisse in den mathematischen und naturwissenschaftlichen Grundlagen genannt (Heublein et al., 2017; Neugebauer et al., 2019; Buschhüter et al., 2017; Kurz & Käß, 2019). In der Folge gibt es vielerorts und auch online ein breites Angebot wie Tutorials und Vorkurse, um diese Grundlagen zu erlernen und so beim Übergang von der Schule zur Hochschule zu unterstützen (Meiling, 2023; Pitsch et al., 2023). Zusammen mit dieser Gruppe von Studienanfängern beginnt das Studium aber – erfreulicherweise – auch eine Reihe von Personen mit sehr ausgeprägten Vorkenntnissen. Das teilweise niedrige Vorwissen der einen Gruppe verursacht daher neben den offensichtlichen fachlichen Schwierigkeiten zudem die Herausforderung für Lehrende mit einer heterogenen Gruppe umzugehen. Die Ursachen für die unterschiedlichen Vorkenntnisse sind vielfältig und individuell. Neben verschiedenen Schultypen und Schwerpunkten der einzelnen Schulen innerhalb eines Schultyps, führt auch die Durchlässigkeit des Bildungssystems zu einer Heterogenität der Gruppe (Junker et al., 2017; Breiwe et al., 2015; Meissner et al., 2017). Folglich müssen Hochschulen Wege finden mit beiden Herausforderungen, den teilweise niedrigen fachlichen Vorkenntnissen und der Heterogenität der Gruppe der Studienanfänger, umzugehen.

Nach unseren Erfahrungen aus dem Laborpraktikum und den theoretischen Lehrveranstaltungen der Chemie im ersten Semester, handelt es sich bei unseren Studienanfängern der

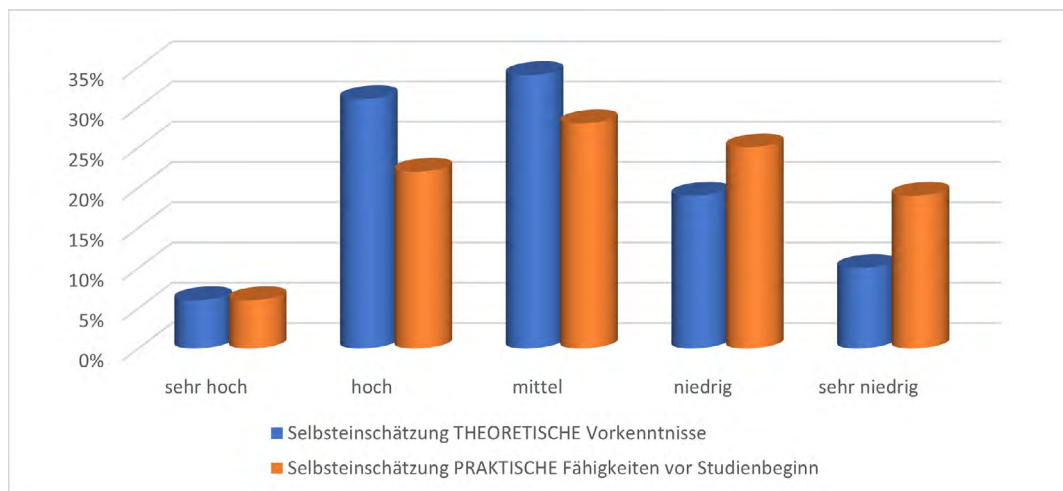


Abb. 1: Selbstschätzung der Studierenden auf Basis der Evaluationen im WiSe20/21 und WiSe21/22 für das Erstsemester Modul Chemie Grundlagen, das aus einem Laborpraktikum und seminaristischem Unterricht besteht. Knapp 30% gaben an, vor der Lehrveranstaltung über niedriges oder sehr niedriges theoretisches Wissen verfügt zu haben, bei den praktischen Fähigkeiten waren es sogar 45%.

chemienahen Bachelorstudiengänge Chemieingenieurwesen (CI), Umwelttechnologie (UWT) und Prozessautomatisierungstechnik (PAT) um eine bezüglich der Chemiekenntnisse sehr heterogene Gruppe. Besonders bei Anfängern in UWT oder PAT – in denen der Chemieanteil des Studiums bei der Studienwahl oft unterschätzt wird – finden sich tendenziell mehr Studierende mit nur geringen Vorkenntnissen. Generell schätzt ein großer Teil sein Vorwissen gering oder sehr gering ein (vgl. Abb. 1), dies deckt sich mit den Einschätzungen der Lehrenden.

Einige Studienanfänger sind bei Studienbeginn sogar zum ersten Mal in einem Chemielabor. Naturgemäß ist die chemische Vorbildung z.B. bei Absolventen eines neusprachlichen, musischen oder wirtschaftlichen Gymnasiums deutlich geringer ausgeprägt als etwa nach dem Besuch des technischen Zweiges einer Fachoberschule (FOS) oder eines naturwissenschaftlich-technischen Gymnasiums, wo auch praktisches Arbeiten im Chemieunterricht enthalten sein kann. Im Studiengang CI

sind jedoch auch einige Absolventen des Wirtschaftszweiges einer FOS, die zumindest ab der 11. Jahrgangsstufe keinen Chemieunterricht mehr hatten.

Aus diesem Grund haben wir uns entschieden, Angebote einzuführen, die der Heterogenität der Studienanfänger hinsichtlich ihrer chemischen Vorkenntnisse und Fähigkeiten entgegenwirken und allgemein das Niveau erhöhen, um die Studienabbrecherquote zu reduzieren. Die Zielgruppe sind daher Studienanfänger mit unterdurchschnittlichen Vorkenntnissen. Ein weiteres, generelles Anliegen ist, die Anzahl der Studienanfänger in MINT-Studiengängen durch das niederschwellige Angebot zu erhöhen: Grundsätzlich Interessierte sollen sich das Studium auch dann zutrauen, wenn sie bislang wenig chemische Vorkenntnisse und praktische Fähigkeiten haben. Aus dem im Durchschnitt angehobenen Niveau der chemischen Vorkenntnisse und Fähigkeiten wird zudem eine Erhöhung der Qualität des Studiums erwartet.

	Vormittag: Theorie	Nachmittag: Laborpraxis
Montag	Einfache Laborgeräte, Masse, Volumen	Sicherheitseinführung, Platzübernahme, einfache Versuche zu Masse und Volumen, Flammenfärbung
Dienstag	Stoffmenge, Avogadro-Konstante, stöchiometrisches Rechnen	Herstellung von Tetramin-Kupfersulfat
Mittwoch	Stöchiometrisches Rechnen	Versuch zur Stöchiometrie, einfache Gravimetrie
Donnerstag	Chemisches Gleichgewicht anhand Säure-Base-Reaktionen	Einfache Säure-Base-Titrationen, Bestimmung der Konzentration von Speiseessig
Freitag	Redoxreaktionen	Manganometrische Titration; Platzabgabe

Tab. 1: Aufbau und Inhalte des einwöchigen Chemie-Vorkurses. Theorie- und Praxisinhalte sind aufeinander abgestimmt

Da das praktische Arbeiten im Labor wesentlicher Teil des Studiums und auch oftmals des anschließenden Berufslebens ist, wird darauf besonderen Wert gelegt. Als Lehrformat wird daher ein freiwilliger Chemie-Vorkurs als Präsenzveranstaltung eine Woche vor Studienbeginn in einem Chemielabor angeboten. Ab dem Semesterstart gibt es zudem das Angebot eines „Chemie-Cafés“: In Analogie zu den an mehreren Hochschulen und Universitäten angebotenen Mathe-Cafés (Mathe-Café Jena; Mathe-Café Saarland) wird ein fester Termin von zwei Stunden im Stundenplan verankert, bei dem ein Tutor aus einem höheren Semester in lockerer Atmosphäre zur Verfügung steht, um beim Lösen konkreter Übungsaufgaben, dem Verfassen von Protokollen oder bei allgemeinen Fragen am Anfang des Studiums zu unterstützen.

2. VORKURS (KURZ) VOR STUDIENBEGINN

Der Chemie-Vorkurs besteht aus einem Theorieteil, der am Vormittag abgehalten wird, und einem dazu passenden Praxisteil am Nachmittag. Der Vorkurs zielt insbesondere auf Studierende ab, deren chemisches Vorwissen vergleichsweise niedrig ist und die möglicherweise noch nie in einem Chemielabor selbst

Versuche durchgeführt haben. Der Vorkurs soll dabei nicht das Laborpraktikum im Pflichtmodul Chemie Grundlagen aus dem ersten Semester ersetzen. Bei der Auswahl des Inhalts wird der Fokus daher auf Themen gesetzt, die sowohl für die Chemie als auch für verwandte Disziplinen wie Verfahrenstechnik zentral sind. Alle Themen werden zwar im Studium auch behandelt, jedoch in relativ hohem Tempo. Die kleine Gruppengröße von maximal 12 Studierenden im Vorkurs ermöglicht zudem, individuell auf die Gruppe und deren einzelne Mitglieder einzugehen, sowohl was die Themen angeht als auch den Schwierigkeitsgrad von Übungsaufgaben am Vormittag. Hat beispielsweise die gesamte Gruppe gute Kenntnisse beim Aufstellen von Redoxgleichungen, aber Schwierigkeiten mit pH-Berechnungen, so kann das Säure-Base Thema auch auf zwei Tage ausgeweitet werden. Die Betreuung des Kurses übernimmt eine Lehrkraft für Chemie zusammen mit Tutoren. Letztere sind Studierende aus höheren Semestern, die hier erste Erfahrungen in der Wissensvermittlung sammeln können.

Der einwöchige Vorkurs findet direkt vor Beginn des WiSe statt und konnte in den Jahren 2021 bis 2023 aufgrund einer Förderung durch den Fonds der Chemischen Industrie kostenlos angeboten werden. In diesen Jahren nahmen etwa 15 bis 25 % der

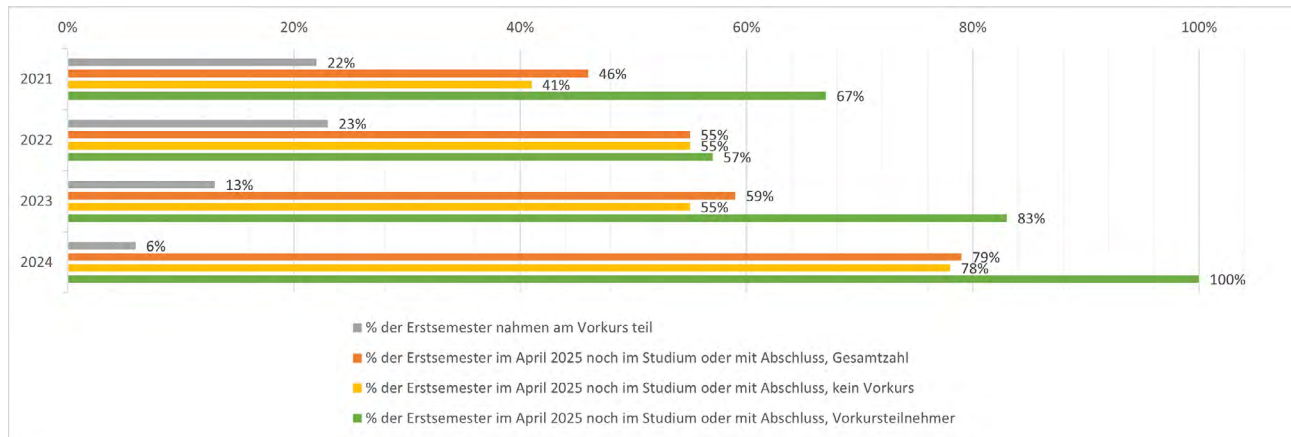


Abb. 2: Studienerfolg zu Beginn des SoSe25

etwa 40 Erstsemester daran teil. Seit 2024 wird der Vorkurs gebührenpflichtig durchgeführt und die Zahl der Teilnehmer ging auf knapp 6% der Studienanfänger zurück. Den kostenfreien Kurs belegten auch einzelne Teilnehmer mit teilweise guten Vorkenntnissen, während dies beim kostenpflichtigen Kurs nicht der Fall war. Teilnehmer mit sehr guten Vorkenntnissen nahmen nicht am Vorkurs teil.

Ergebnis Vorkurs

Den Vorkurs besuchten sowohl Personen mit gutem theoretischem Wissen und Interesse an der Praxis als auch solche, deren Hauptaugenmerk auf der Wiederholung der Theorie lag. Der Schwerpunkt lag klar auf der Vermittlung und Übung von Grundlagen, dadurch wurde es für theoretisch versierte Teilnehmer zeitweise uninteressant: Wenn für die Einen ausführlichere Erklärungen vonnöten waren, um die gestellten Aufgaben überhaupt bearbeiten zu können, hatten Andere die Aufgaben schnell gelöst und mussten warten. Zu einem gewissen Grad konnte dies durch einen zweiten, anspruchsvolleren Aufgabensatz vermieden und so der Heterogenität begegnet werden.

Ähnlich groß wie in der Theorie waren auch die Unterschiede in den praktischen Fähigkeiten der Studienanfänger. Auffällig war, dass die Selbsteinschätzung der Vorkursteilnehmer i.d.R. mit der durch die Lehrenden übereinstimmte. Meist wollten die Studierenden die Gerätschaften und den Umgang damit schon vor dem Praktikum im ersten Semester erlernen und üben. Wie auch im Studium profitierten im Vorkurs ungeübte Personen vom gemeinsamen Arbeiten mit versierten Studierenden. Die Heterogenität bei den praktischen Vorkenntnissen war daher kein Problem.

Im Rückblick fanden alle Vorkursteilnehmer den Kurs hilfreich und schätzten ihn als gute Vorbereitung auf das erste Semester ein. Jedoch nahmen bei weitem nicht alle Personen mit Nachholbedarf am Vorkurs teil, so dass im Erstsemesterpraktikum immer noch Unterstützung bei den Grundlagen nötig war.

Abb. 2 zeigt den Studienerfolg der verschiedenen Kohorten zu Beginn des SoSe 25, d. h. zum selben Stichtag. Im Jahr 2021, das aufgrund des größten Abstands zum Stichtag am aussagekräftigsten für den weiteren Studienerfolg ist, haben 41 Erstsemester das Studium begonnen. Davon haben 9 am Vorkurs

teilgenommen, 32 nicht. Von den 9 Vorkursteilnehmern sind 6 noch im Studium oder haben es erfolgreich abgeschlossen, von den 32 anderen trifft dies nur auf 13 zu. Auch in den anderen Jahren ist der Studienerfolg bei den Teilnehmern des Vorkurses meist signifikant höher als bei der Gesamtheit der Studierenden eines Jahrgangs. Ein qualitativ ähnliches Bild ergab die Auswertung der Bestehensquote des Pflichtmoduls Chemie Grundlagen im ersten Semester.

3. HILFSTELLUNG IM (FRÜHEN) STUDIUM: CHEMIE-CAFÉ

Aufgrund der großen Bandbreite der Vorkenntnisse der Studierenden am Anfang des Studiums wollten wir ein zusätzliches niederschwelliges Angebot schaffen, um individuelle Probleme und Verständnisschwierigkeiten in lockerer Atmosphäre mit Kommilitonen oder einer Person mit mehr Erfahrung – vom Lehrpersonal oder aus höheren Semestern – besprechen, diskutieren und lösen zu können. Das Chemie-Café ist damit kein Tutorium, denn die Themen werden von den Studierenden eingebracht und bearbeitet, der „Tutor“ gibt lediglich Tipps und Hilfestellungen. Auch Anschauungsmaterial wie Molekülbaukästen stehen zur Verfügung. Die Gestaltung als „Café“ wurde auch deshalb gewählt, da es zu diesem Zeitpunkt noch keine Mensa o. ä. am Standort Burghausen gab, also keinen „natürlichen“ Treffpunkt zum spontanen Austausch. Neben Raum und Tutor werden zusätzlich kostenlos Kaffee und Tee sowie kleine Mengen Süßware bereitgestellt. Das Chemie-Café ist für Studierende aller Semester offen und es können auch Themen aus anderen Modulen behandelt werden. Inhaltlich wurde es besonders für Fragestellungen aus Chemie und Verfahrenstechnik sowie zum Erfahrungsaustausch genutzt. Besonders Vorbereitung und Fragen zu den Praktikumsversuchen oder

zur Erstellung von Protokollen wurden thematisiert. Mathe und Physik waren kaum Thema, da hier jeweils ein Tutorium angeboten wird.

Das Café startete 2021 zum denkbar schlechtesten Zeitpunkt: im zweiten Corona Herbst, der den ersten massiven Anstieg der Infektionen brachte und in dem die Vorlesungen wieder online abgehalten werden mussten. Deshalb zeigten die Studierenden nur wenig Präsenz am Campus und auch das Chemie-Café musste im Verlauf des Semesters von einer Präsenz- in eine Online-Veranstaltung wechseln, die nur wenig Akzeptanz fand. Auch im nachfolgenden SoSe blieb der Andrang auf das Chemie-Café aus – erklärbar durch die noch immer geringe Präsenz aufgrund von Corona.

Im Anschluss daran erlebte das Chemie-Café eine starke Rückfrage im WiSe 22/23. Mit einem Masteranden als Ansprechperson ergab sich eine positive Lernatmosphäre bei weitgehend normalem Präsenzbetrieb am Campus. Das Chemie-Café bekam seine Chance als Fortführung des Vorkurses und war etabliert als informatives Ergänzungsangebot. Besucht wurde es in der gesamten Vorlesungszeit größtenteils von Studierenden aus dem ersten, aber auch aus höheren Semestern. Im anschließenden SoSe war die saisonale Nachfrage geringer, was nach Meinung des Tutors hauptsächlich an der Bildung von Lerngruppen lag.

Zum WiSe23/24 startete ein neuer Tutor, der gleichzeitig auch eine Praktikumsgruppe der Erstsemester im Grundlagenpraktikum betreute. Leider nutzten jetzt nur noch wenige Studierende aus dem ersten und einzelne aus dem dritten Semester, die gute Erfahrungen aus dem Jahr zuvor hatten, das Angebot. Auch im anschließenden SoSe wurde das Chemie-Café nochmals angeboten, es fanden sich aber wie auch schon im Jahr zuvor kaum noch Besucher ein.

Da die Förderung abgelaufen und die Resonanz im Vorjahr gering war, gab es im WiSe 24/25 kein Chemie-Café. Das Format wurde im ersten Semester jedoch vorgestellt und wäre bei entsprechender Nachfrage durchgeführt worden.

Ergebnis Chemie-Café

In der Anfangsphase waren sicherlich die äußeren Faktoren ausschlaggebend für den geringen Erfolg des Chemie-Cafés. Die Hochphase des Cafés im zweiten Jahr lässt sich mit der Freude an Präsenzangeboten und der Wahl des richtigen Tutors erklären. Im nachfolgenden Jahr war nach Aussage von Studierenden die Hemmschwelle vermeintlich einfache Fragen (zu Praktika) zu stellen aufgrund der Personalunion von Café-Tutor und Praktikumsbetreuer, der die schriftlichen Arbeiten im Praktikum beurteilt, deutlich höher. Eine andere Erklärung wäre, dass sich durch die Eröffnung der Mensa am Campus Burghausen zum WiSe 23/24 ein gemütlicher Ort zur Diskussion von Fragen ergeben hat. Allerdings ist davon auszugehen, dass es hier zu wenig Interaktion mit Studierenden höherer Semester kommt und dadurch keine qualifizierten Hilfestellungen zu Problemen bei den Erstsemestern ankommen. Im Gespräch mit den Teilnehmern des Chemie-Cafés und auch des Tutors wurde besonders die Individualität des Angebots positiv erwähnt.

Es wurden zwar keine Daten zum Einfluss des Chemie-Cafés auf die Prüfungsleistungen erhoben, aber angesichts der unterdurchschnittlichen Ergebnisse in den chemischen Fächern im WiSe 24/25 ohne Chemie-Café (verglichen mit den Vorjahren) liegt nahe, dass das Angebot einen positiven Einfluss auf den Studienerfolg hat, insbesondere da z. B. die Leistungen in Physik besser waren als in den Vorjahren.

4. LEHREN FÜR LEHRENDE

Vorbereitende und begleitende Angebote am Anfang des Studiums können einen Beitrag zum Gelingen des Studiums leisten. Das Ausmaß des Erfolges hängt dabei sehr stark von der Selbsteinschätzung und der Bereitschaft der Studierenden zu zusätzlichen Terminen ab. Während die Studierenden ihre Fähigkeiten meist gut einschätzen können, leiten sie daraus nicht immer die richtigen Entscheidungen ab: Einerseits besuchen „überqualifizierte“ Teilnehmer den Vorkurs, andererseits zeigen sich bei anderen Studierenden in Vorlesung und Praktikum Schwächen, die eine Teilnahme am Vorkurs fast zwingend erfordert hätten. Ein entsprechender Online-Test zur Einschätzung, ob der Vorkurs zu empfehlen ist, war zu Beginn des Projekts geplant, wurde jedoch aus verschiedenen Gründen (z. B. der geringen Nachfrage) nicht umgesetzt. Auch auf Basis der Erfahrungen im Projekt sollte ein solcher Einstufungstest jedoch – wenn möglich verpflichtend bei Immatrikulation – durchgeführt werden.

Beide Angebote, Vorkurs und Chemie-Café haben einen vergleichsweise großen individuellen Gestaltungsraum und sind daher geeignet, um der Heterogenität der Gruppe zu begegnen und generell das Niveau zu steigern. Darauf deuten sowohl die meist geringere Zahl der Studienabbrecher als auch die positive Rückmeldung bei den Vorkursbesuchern hin, beim Chemie-Café ist es das Ergebnis von Gesprächen mit den Teilnehmern. Um Fähigkeiten für das praktische Arbeiten in einem Chemielabor zu erlernen, ist ein Online-Format grundsätzlich nicht geeignet, aber auch ein Austauschformat, wie das Chemie-Café, ist online wenig erfolgreich. Wie zu erwarten, ist der Erfolg der Lehrangebote eng mit dem jeweiligen Lehrenden verknüpft.

5. AUSBLICK

Der Chemie-Vorkurs wurde nach dem Projektende als kostenpflichtiges Angebot verstetigt. Es scheint geboten, das Teilnehmerfeld auf Studierende mit Nachholbedarf einzugrenzen. Hierzu sollte künftig ein Einstufungstest – wenn möglich verpflichtend bei Immatrikulation – durchgeführt werden. Das Chemie-Café pausierte im WiSe24/25 und wird vermutlich zum WiSe25/26 wieder eingeführt – nach Möglichkeit mit einem Tutor aus einem höheren Semester ohne Bezug zu Praktikumsleistungen. Nach Meinung von Studierenden könnte auch ein größerer Abstand (14-tägig, monatlich) die Attraktivität des Chemie-Cafés steigern.

Danksagung

Das vorgestellte Angebot wurde in einem Projekt 2021-2023 vom Fond der Chemischen Industrie (FCI) gefördert und von der TH Rosenheim verstetigt.

Literatur

Breiwe, R., Liegmann, A. & Otto, S. (2015). Von Heterogenität zu Diversität: Anschlussmöglichkeiten aus dem Kontext Schule für ungleichheitssensible Hochschullehre. In K. Rheinländer (Hrsg.) Ungleichheitssensible Hochschullehre. Positionen, Voraussetzungen, Perspektiven. (S. 237-256) Springer VS, Wiesbaden

Buschhüter, D., Spoden, Chr. & Borowski, A. (2017). Physics knowledge of first semester physics students in Germany. A comparison of 1978 and 2013 cohorts. In International Journal of Science Education, 39 (9), p. 1109 – 1132. <https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1318457>

Heublein, U., Ebert, J., Hutzsch, Chr., Isleib, S., König, R., Richter, J. & Woisch, A. (2017). Motive und Ursachen des Studienabbruchs an baden-württembergischen Hochschulen und beruflicher Verbleib der Studienabbrecherinnen und Studienabbrecher. Deutsches Zentrum für Hochschul- und Wissenschaftsforschung GmbH (DZHW), Projektbericht 6/2017. https://www.dzhw.eu/pdf/21/BaWue_Bericht_gesamt.pdf

Junker, E., Schäfle, C. & Stanzel, S. (2017). Teil 2: Die Heterogenität der Studienanfänger in den Ingenieurstudiengängen: Messungen mit dem „Force Concept Inventory“. Didaktik-Nachrichten, 13.

Kurz, G. & Käß, H. (2019). Physikkenntnisse von Studienanfängern des Maschinenbaus – eine Fallstudie an der Hochschule Esslingen. PhyDid B, Didaktik der Physik, 1(2019), 189 – 195. <https://ojs.dpg-physik.de/index.php/physik-b/article/view/928/1055>

Mathe-Café Jena. (o.J.). Mathe-Café der Universität Jena. <https://fsrmathe.fmi.uni-jena.de/mathecafe>

Mathe-Café Saarland. (o.J.). Mathe-Café der Hochschule für Technik und Wirtschaft des Saarlandes. <https://www.htwsaar.de/mind/studierende/mathe-cafe>

Meiling, S. (2023). Der MINTFIT-Chemiekurs – Entwicklung und Nutzung. In H. Dölling, C. Schäfle, S. Kürsten, M. Hunger, J. Hirtt & P. Riegler (Hrsg.) Tagungsband MINT Symposium 2023: MINT-Lehre gemeinsam gestalten – Lehre erforschen, Wissen teilen (S. 82-89). BayZiel

B. Meissner, C. Walter, & B. Zinger (Hrsg.) (2017) Tagungsband zum 3. Symposium zur Hochschullehre in den MINT-Fächern (S. 16-251). BayZiel

Neugebauer, M., Heublein, U. & Daniel, A. (2019). Studienabbruch in Deutschland. Ausmaß, Ursachen, Folgen, Präventionsmöglichkeiten. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft 22 (5), 1025 - 1046. DOI: [10.1007/s11618-019-00904-1](https://doi.org/10.1007/s11618-019-00904-1)

Pitsch, S., Höfert, C., Reichenberger, V., Schieborn, D., Hehl, K., Schlosser, A.-M. & Klein P. (2023). Online-Portal „MINTFabrik“. In H. Dölling, C. Schäfle, S. Kürsten, M. Hunger, J. Hirtt & P. Riegler (Hrsg.) Tagungsband MINT Symposium 2023: MINT-Lehre gemeinsam gestalten – Lehre erforschen, Wissen teilen (S. 57-62). BayZiel

Angaben zur Autorin und zum Autor

Prof. Dr. Dominik Pentlechner

Chemiestudium und Promotion an der Universität Regensburg, Postdoc an der University of Aarhus, Dänemark; Entwickler bei Osram OLED. Seit 2016 Professor für Angewandte Chemie am Campus Burghausen der TH Rosenheim.

Dr. Cornelia Stettner

Biologiestudium und Promotion an der TU München, Wissenschaftliche Mitarbeiterin bei Südwest-Saat und ICON-Genetics AG, Lehrkraft an Fachschule für regenerative Energien; Seit 2018 Lehrkraft Chemie am Campus Burghausen der TH Rosenheim mit Schwerpunkt in den chemischen Praktika im ersten und zweiten Semester

ZWEI JAHRE MINTFABRIK – EIN ERFAHRUNGSBERICHT

Stephan Pitsch, Susanne Eck, Karin Hehl, Christian Höfert, Volker Reichenberger, Dirk Schieborn
Hochschule Reutlingen
Peter Klein
Let's Make Sense Tübingen

ZUSAMMENFASSUNG

Die Mintfabrik wurde im Oktober 2023 als neues Online-Lehr-Lern-Portal veröffentlicht (Pitsch et al., 2023). Die Entwicklung erfolgte in einer Kooperation der HAW Reutlingen mit der Tübinger Firma *Let's make sense*. Grundidee war es, die bereits vorhandenen Onlinekurse und Lernmanagementsysteme sinnvoll zu ergänzen und ein Portal bereitzustellen, das kostenlos, öffentlich zugänglich, und sehr einfach und flexibel einsetzbar ist. In den letzten zwei Jahren wurde die Mintfabrik stetig weiterentwickelt und auf verschiedene Art und Weise genutzt. In diesem Erfahrungsbericht stellen die Autoren und Autorinnen dar, für welche Szenarien sich die Mintfabrik als besonders gut oder eher weniger geeignet herausgestellt hat, und wie das Tool von Studierenden aufgenommen wurde. Die Ergebnisse einer Erstevaluierung der Mintfabrik im Frühjahr 2025 werden vorgestellt. Berichtet wird auch über bisher entstandene Kooperationen und die Erfahrungen mit dem Projektmanagement.

Keywords: Lehr-Lern-Portal, MINT, Mathematik, Physik, Grundlagen

1. EINLEITUNG – WAS BIETET DIE MINTFABRIK?

Das Lehr-Lern-Portal Mintfabrik ist ein flexibles Werkzeug zur Unterstützung bei der Lehre und im Selbststudium. Zentraler Inhalt sind sogenannte Lernbausteine (Abb. 1) aus den Themengebieten Mathematik, Physik, Informatik, Data Science und Statistik, d. h. einzelne Aufgaben, VisuApps (= interaktive Visualisierungen), Videos und Erklärungen. Der Zugriff erfolgt sehr schnell über eine komfortable Suche oder die Themen-Navigation. Lehrende können aus mehreren Lernbausteinen Mikroкурse erstellen, die sich gezielt einer Hochschule, einem Studiengang und Semester zuordnen lassen. Für Studierende gibt es die Möglichkeit, zu erledigende Lernbausteine auf eine ToDo-Liste zu setzen.

Der Bereich Grundlagenwerkstatt bietet eine spezielle Auswahl von Aufgaben mit Inhalten, die für ein MINT-Studium vorausgesetzt werden. Die Themen orientieren sich an den COSH-Mindestanforderungskatalogen (COSH, 2021, 2022). Eine besondere Bedeutung kommt in der Mintfabrik dem Aufgabenpool zu. Beim Lösen von statischen Aufgaben erhalten Studierende Hilfestellungen durch vordefinierte Tipps. Das Ergebnis wird entweder automatisch geprüft, oder manuell mit der Musterlösung verglichen. Außerdem sind Multiple Choice Fragen möglich. Dynamische Aufgaben können beliebig oft mit neuen Werten und in verschiedenen Varianten bearbeitet werden. Die Eingabe von Lösungen erfolgt entweder handschriftlich mit Schrifterkennung oder über einen adaptiven Editor, dessen Tastenangebot sich nach den Musterlösungen richtet. Der Arbeitsbereich gibt einen Überblick über den Bearbeitungsstand

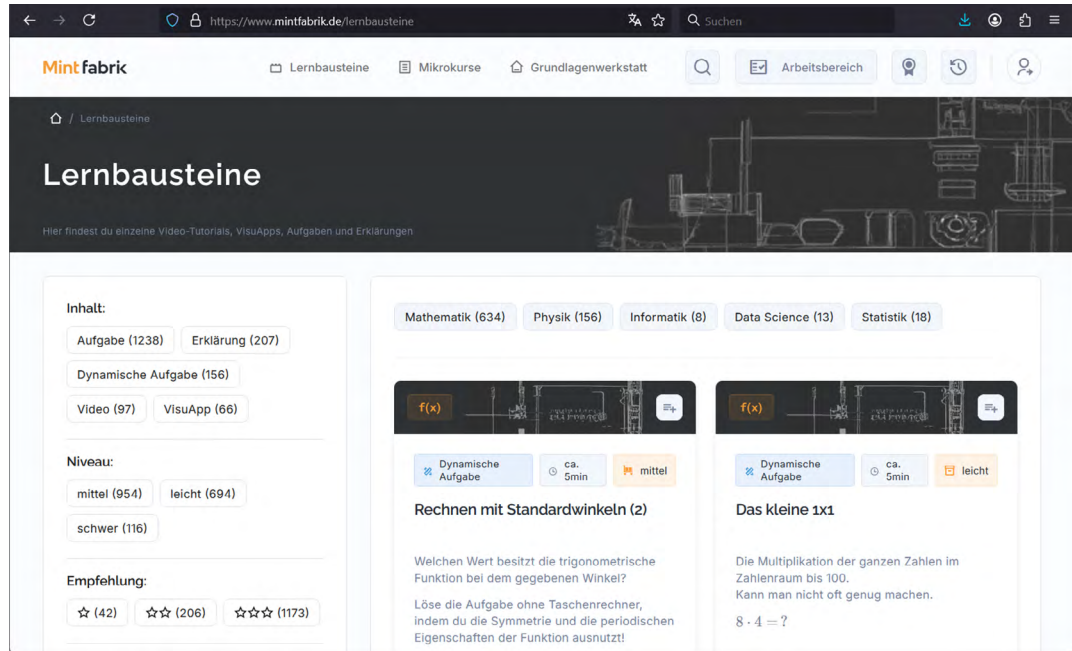


Abb. 1: Lehr-Lern-Portal Mintfabrik, Bereich Lernbausteine

© Hochschule Reutlingen

der aktiven Mikrokursen und ToDo-Listen. Lehrende können sich auf Anfrage die notwendigen Rechte vom Entwicklungsteam erteilen lassen, sehr einfach selbst Lernbausteine über entsprechende Eingabemasken implementieren und so den Content an die eigenen Bedürfnisse anpassen.

2. ERFAHRUNGEN IM PRAKTISCHEN EINSATZ

In diesem Teil stellen wir vor, wie wir die Mintfabrik in bereits bestehende Lehrveranstaltungen integrieren konnten, welche neuen Lehrformate speziell im Zusammenhang mit der Mintfabrik entwickelt wurden und wie sich das Portal in diesen Szenarien bewährt hat.

Punktuelle Nutzung in Lehrveranstaltungen

Im Rahmen einer Mathematik-Vorlesung (2. Semester Wirtschaftsingenieurwesen) wurde die Mintfabrik für regelmäßige Warmups eingesetzt. Die Studierenden bekamen zu Beginn der Lehrveranstaltung den Auftrag, z. B. eine dynamische Aufgabe für einen kurzen Zeitraum zu bearbeiten und ein bestimmtes methodisches Vorgehen möglichst oft zu wiederholen. Im weiteren Verlauf kam die Mintfabrik in Gruppenarbeitsphasen zum Einsatz: hier sollten die Studierenden eine Aufgabe in ca. 15-20 Minuten zusammen lösen, um ein Thema zu vertiefen. Die Entwicklungsziele der Mintfabrik wurden gerade für solche punktuellen Einsätze voll erreicht: der Direktaufruf einzelner Lernbausteine per ID-Nummer oder Stichwortsuche und ohne Login ermöglicht einen sehr schnellen Zugriff, und innerhalb

von wenigen Sekunden konnten alle Studierenden über ein beliebiges Endgerät mit der Bearbeitung beginnen. Die Eingabe der Lösungen per Schrifterkennung funktionierte insgesamt sehr zuverlässig, lediglich in Einzelfällen wurden Eingaben erst nach mehrmaligen Versuchen erkannt. Bei der automatischen Prüfung von Lösungen nach Eingabe über den Texteditor gab es immer wieder Probleme, dank der häufigen Nutzung und Tests im Live-Einsatz konnten aber die meisten Ursachen beseitigt werden.

Events zur Prüfungsvorbereitung

Bei der Mathenacht treffen sich Studierende traditionell einmal pro Semester, um Alt-Klausuren zu rechnen. Die Idee war nun, die Mintfabrik als Plattform für dieses Event zu nutzen und die Klausuren in Form von Mikrokursen anzubieten. Die Mehrheit der Studierenden fand die Mintfabrik zwar gut, für diesen Zweck jedoch aus folgenden Gründen nicht geeignet: der Hauptnutzen der Mathenacht besteht aus Sicht der Studierenden in der Simulation einer Prüfungssituation durch die Bearbeitung einer echten Klausur, die so wie das Original haptisch in Papierform oder als pdf-Datei vorliegt. Der Prüfungscharakter ging offensichtlich durch den Zugang über die Mintfabrik verloren. Außerdem ist es in dem Online-Portal zwar möglich, auch längere Lösungswege handschriftlich in einem Notizbereich einzutragen, jedoch können diese Aufschriebe nicht abgespeichert werden, was bei der Mathenacht vermisst wurde. Das ebenfalls zur Prüfungsvorbereitung entwickelte Event Xphysics wurde im Januar 2025 erstmalig durchgeführt: Grundidee ist das Angebot von "Challenges", d. h. Mikrokurse mit Aufgaben aus prüfungsrelevanten Themengebieten in den Rubriken "Fun" (leicht), "Adventure" (mittel) und "Extreme" (schwer). Die Teilnehmenden wählen je nach Selbsteinschätzung eine passende Challenge aus. Es zeigte sich in der Evaluierung, dass die Mintfabrik zu diesem

Format viel besser passt als zur Mathenacht. Der zur Verfügung stehende Zeitrahmen von 2-3 Stunden war jedoch viel zu kurz, die Bearbeitungszeit wurde deshalb auf eine Woche verlängert. In dieser Zeit konnten die meisten Teams ihre Challenge erfolgreich abschließen. Die Kombination aus "Kickoff" und mehrtägiger Laufzeit soll für die nächste Runde beibehalten werden.

Motivation durch Auszeichnungen

Ziel der Mintfabrik war es von Anfang an, die Schwelle zum selbständigen Lernen zu senken. Das bedeutet jedoch nicht nur, Hürden zu senken, sondern auch Anreize zu setzen für den mühevollen ersten Schritt. Auf vielen kommerziellen Lernportalen wird der positive Einfluss von Gamification-Komponenten wie z. B. Auszeichnungen auf die Motivation (Meng et al., 2024) genutzt. Dieses Konzept wird derzeit auch in der Mintfabrik etabliert. Studierende können sich in einer Galerie ansehen, welche der gerade aktiven Auszeichnungen sie bereits erworben haben und welche noch nicht. Neben dem spielerischen Anreiz für Lernaktivitäten bieten die Auszeichnungen jedoch auch die Möglichkeit, Leistungen von Studierenden zu überprüfen. Eine Auszeichnung kann z. B. so definiert sein, dass mind. 70% aller Aufgaben in einem Hausaufgabenpaket richtig gelöst werden müssen. Alle zu dieser Auszeichnung gehörenden Aktivitäten werden zusammen mit einer anonymen ID gespeichert, die vom Endgerät erzeugt wird. Als Leistungsnachweis tragen die Studierenden diese ID in eine personalisierte Liste ein.

Semesterbegleitende Projektarbeiten

Studierende können ein neu erlerntes Thema anderen Studierenden oft besser erklären als Lehrende, da sie näher am Wissensstand der Fragenden sind und die mit dem Lernerlebnis

verbundenen Schwierigkeiten kennen. Zur systematischen Nutzung dieser Nähe gibt es in der Mintfabrik die Rubrik Studis unter sich. Hier erstellen Studierende im Rahmen einer Projektarbeit zuerst Kurzvideos mit Tipps zur Lösung einer Aufgabe und erklären diese dann ausführlich in einem längeren Video. Die Studierenden dürfen dabei die Form der Erklärung frei wählen und bieten dadurch unterschiedliche Zugänge zu den Lösungen. Ein beabsichtigter Nebeneffekt ist es, dass die Studierenden sich in das Thema der Aufgabe einarbeiten und den Stoff so durchdringen, dass sie in der Lage sind, die Aufgabe nicht nur zu lösen, sondern auch die einzelnen Schritte zu erläutern. Selbstverständlich fallen die Erläuterungen der Studierenden nicht immer so aus, wie Lehrende sie wählen würden. Aber für Studierende ist es oft nützlicher, erst eine kurze Erläuterung zu erhalten mit der sie Handlungsfähigkeit erlangen, um dann später eine ausführlichere Darstellung verstehen zu können.

Mikrokurse als Unterstützung im Selbststudium

Studierende fühlen sich oft durch das Überangebot von Informationen und Lernmaterialien überfordert – einer von vielen Gründen für den Studienabbruch (Heublein et al., 2007). Mikrokurse können hier helfen den Fokus auf die wesentlichen Inhalte zu lenken. Für die Grundlagenvorlesung Physik wurden zu bestimmten Themen Mikrokurse erstellt, die jeweils eine Erklärung, eine VisuApp und zwei bis drei Übungsaufgaben enthalten. Direkt-Links zu diesen Mikrokursen wurden in die Vorlesungsunterlagen integriert. Damit bekommen Studierende Unterstützung bei der Auswahl von relevanten Lehrmaterialien. Eine weitere Anwendung für Mikrokurse ergab sich in Verbindung mit einem neuen Hausaufgaben-System einer Mathematik-Vorlesung: um zur regelmäßigen Mitarbeit während des Semesters zu motivieren, werden aktuell Mikrokurse mit

jeweils 4-5 Übungsaufgaben erstellt, die jede Woche neu als Hausaufgabe mit zwei Wochen Bearbeitungszeit freigeschaltet werden. Werden 70% der Aufgaben richtig gelöst, erhalten die Studierenden pro Mikrokurs eine Auszeichnung und Bonuspunkte, die in der Klausur angerechnet werden. Rückmeldungen von den Studierenden zeigen, dass diese Angebote eine hohe Wertschätzung erfahren, und laut Webseitenstatistik wird die Mintfabrik seit Einführung dieser Angebote deutlich regelmäßiger genutzt als vorher.

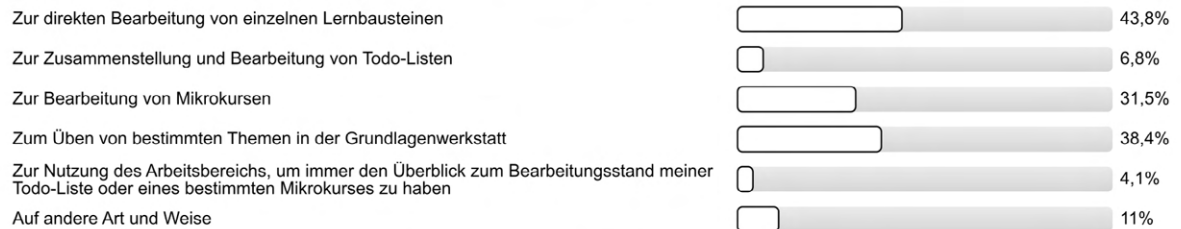
Vorbereitung auf das Studium

In den Präsenzvorkursen für Mathematik und Physik werden den Teilnehmenden jeweils ein Skript und eine Aufgabensammlung zur Verfügung gestellt. Diese wurde durch Lernbausteine aus der Mintfabrik erweitert, insbesondere durch Aufgaben mit Lösungshinweisen, deren Umfang von einzelnen Tipps bis zu einer Schritt-für-Schritt Anleitung variiert. Über Links in diesen Tipps können ergänzend zum Skript auch Erklärungen oder Videos genutzt werden. So haben Teilnehmende die Möglichkeit zu entscheiden, wie viel Hilfe sie in Anspruch nehmen wollen. Das entlastet das Lehrpersonal besonders bei größeren Kursgruppen. Kurz nach Vorlesungsbeginn gibt es in fast allen Reutlinger Bachelor-Studiengängen einen verbindlichen und zum COSH-Katalog konformen Zulassungstest, dessen Bestehen Voraussetzung für die Teilnahme an der Mathematik 1 Prüfung ist. Um Studierenden bei Nicht-Bestehen die Möglichkeit zu geben, sich optimal auf den Wiederholungstest vorzubereiten, wurde die Grundlagenwerkstatt in der Mintfabrik mit zusätzlichen Trainingsaufgaben zu testrelevanten Inhalten erweitert.

Ich habe über folgende Wege von der Mintfabrik gehört:



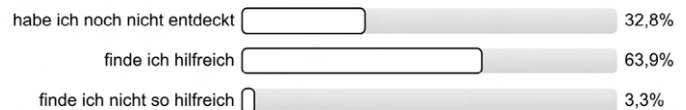
Ich habe die Mintfabrik schon auf folgende Art und Weise verwendet:



Folgende Arten von Lernbausteinen bearbeite ich besonders häufig:



Die bei vielen Aufgaben angebotenen Tipps zur Lösung ...



Ich finde die Mintfabrik für mein Studium / meine Lehre insgesamt...

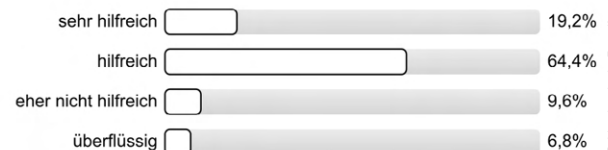


Abb. 2: Auswahl von Evaluierungsfragen (n = 85 Personen, Mehrfachantworten möglich)

3. EVALUIERUNG

Bei der Erstevaluierung im Januar 2025 ging es zunächst um die Funktionalität, die Anwendungsweise, die Verbreitung und den Gesamteindruck der Mintfabrik. Es nahmen insgesamt 132 Personen an der Befragung teil, wovon 85 Personen die Mintfabrik bekannt war. Diese Gruppe bekam weitere Fragen, von denen eine Auswahl in Abb. 2 dargestellt ist.

Die Mintfabrik wurde über Rundmails, Newsletter und die Hochschulwebseite beworben. Die große Mehrheit der Studierenden gab jedoch an, vor allem durch Hinweise in Vorlesungen, Empfehlungen oder Einzelevents von der Mintfabrik gehört zu haben. Die Einbindung in die Lehre und Empfehlungen sind offenbar die effektivsten Faktoren für die Steigerung des Bekanntheitsgrades. Ein wichtiges Entwicklungsziel der Mintfabrik war eine möglichst schnelle Erreichbarkeit der Inhalte, d. h. der Direktzugriff auf einzelne Lernbausteine und Mikrourse. Diese Funktion wurde zusammen mit der Grundlagenwerkstatt am häufigsten genutzt. Überraschend war, dass ToDo-Listen und der Arbeitsbereich kaum verwendet wurden. Diesen Features war bei der Entwicklung eine hohe Bedeutung beigemessen worden. Ein Grund für die Entstehung der Mintfabrik war der von Studierenden häufig geäußerte Wunsch nach mehr Übungsaufgaben. Dass dieser Lernbausteintyp mit Abstand am häufigsten bearbeitet wurde, bestätigt diesen Bedarf. Insgesamt wurde die Mintfabrik mehrheitlich als hilfreiches Unterstützungsangebot eingestuft.

4. KOOPERATIONEN

Über eine Kooperation mit dem MINT-Kolleg Baden-Württemberg und dem KIT Karlsruhe war es möglich, die Lektionen der Online-Brückenkurse für Mathematik und Physik einfach per

Link als externe Erklärungen in die Mintfabrik zu integrieren, Synergien zu nutzen und so die Angebote optimal zu vernetzen. Mit der Hochschule für Umwelt Nürtingen-Geislingen fand sich beim letzten MINT Symposium 2023 ein Kooperationspartner, der die Mintfabrik als Plattform für das dortige Einstiegstutorium Mathematik verwendet und sich aktiv am Ausbau der Inhalte beteiligt. Aktuell gibt es in der Mintfabrik noch keine Konverter für den Import von Aufgabensammlungen, was die Gewinnung von neuen Kooperationspartnern erschwert. Es gehört deshalb zu den wichtigsten Entwicklungszielen, für Aufgaben im LaTeX- oder xml-Format einen Import zu ermöglichen.

5. QUALITÄTSSICHERUNG

Gerade zu Beginn erfolgte eine sehr schnelle technische Weiterentwicklung der Mitfabrik. Neu umgesetzte Funktionen wurden zunächst nur vom Entwicklungsteam getestet. Gutes und wichtiges Feedback kam später durch Workshops und den praktischen Einsatz. Gleichzeitig wurde eine Vielzahl von Lernbausteinen generiert, zuerst vor allem Aufgaben aus dem Fundus der Autoren und Autorinnen. Es zeigte sich schnell, dass für ein fehlerfreies und einheitliches Erscheinungsbild der Inhalte eine verlässliche Qualitätssicherung (QS) unabdingbar ist. Durchgeführt wurde die QS bisher nur durch das Entwicklungsteam. Da das Implementieren neuer Inhalte häufig Vorrang vor der QS genießt, hat der Prozess in der Vergangenheit aber nur schleppend funktioniert. Mit fortschreitendem Ausbau der Kooperationen sollen auch externe Lehrkräfte auf freiwilliger Basis in die QS miteinbezogen werden und die Zuordnung von Verantwortlichkeiten direkt in der Mintfabrik erfolgen.

6. PROJEKTMANAGEMENT

Nach der gelungenen Erstveröffentlichung der Mintfabrik im Herbst 2023 war klar, dass der Betrieb des Portals weiterhin einen hohen Einsatz bei der Contenterweiterung, Qualitätssicherung, Integration der Mintfabrik in die Lehre, Entwicklung von neuen Funktionalitäten, Serverpflege, Werbung und Finanzierung erfordert. Es war ein Glücksfall für das Projekt, dass sich ein sehr gut harmonisierendes Team zusammengefunden hat, das auch die erforderlichen Kompetenzen für diese Aufgaben einbringt. Alle zwei Wochen werden in einem Jour-Fix die Nutzungsstatistiken beobachtet, Fortschritte bei der Weiterentwicklung vorgestellt und neue Ideen diskutiert. Für die Motivation der Beteiligten sind diese Treffen von immenser Bedeutung. Gemeinsam die Erfahrungen aus gelungenen Aktionen zu rekapitulieren ist für uns eine Kompensation für die investierte Zeit und Ansporn, die Mintfabrik zu verbessern. Eingeschränkt wird der Fortschritt leider von sehr limitierten Ressourcen.

FAZIT

Wie intensiv ein Werkzeug wie die Mintfabrik genutzt wird oder nicht, hängt in erster Linie davon ab, wie gut es von uns Lehrenden in die alltägliche Lehre integriert wird. Das zeigen unsere Erfahrungen sehr deutlich. Die Mintfabrik ist weder ein weiteres Lernmanagementsystem noch ein Brückenkurs oder Schreibtool, sondern bietet einen vielseitigen und erweiterbaren Pool von einzelnen Lernbausteinen, die schnell erreicht und bearbeitet werden können, sowie die für das Lösen von Aufgaben notwendigen Funktionen. Wir empfehlen interessierten Lehrenden deshalb, die Mintfabrik zum Kennenlernen als Quelle für punktuelle Interaktionen während Lehrveranstaltungen einzusetzen, oder bereits vorhandene Lernbausteine oder

Mikrokurse auszuwählen und den Studierenden entsprechende Links für das Selbststudium zur Verfügung zu stellen. Falls der Wunsch nach einer fortgeschritteneren Nutzung und der Implementierung von eigenen Lernbausteinen besteht, bieten wir auf Anfrage Schulungen an.

Danksagung

Das Projekt wurde vom Land Baden-Württemberg aus Mitteln für das Programm zur Abmilderung pandemiebedingter Lernrückstände finanziert.

Literatur

COSH - Cooperation Schule-Hochschule. (2021). Mindestanforderungskatalog Mathematik. <https://cosh-mathe.de/materialien/>

COSH - Cooperation Schule-Hochschule. (2022). Mindestanforderungskatalog Physik. <https://cosh-physik.de/materialien/>

Heublein, U., Hutzsch, C., Schreiber, J., Sommer, D., & Besuch, G. (2007). Ursachen des Studienabbruchs in Bachelor- und in herkömmlichen Studiengängen. Ergebnisse einer bundesweiten Befragung von Exmatrikulierten des Studienjahres, 8(2).

Meng, C., Zhao, M., Pan, Z., Pan, Q., & Bonk, C. (2024). Investigating the impact of gamification components on online learners' engagement. *Smart Learning Environments*, 11(47).

Pitsch, S., Höfert, C., Reichenberger, V., Schieborn, D., Hehl, K., Schlosser, A. M., & Klein, P. (2023). Online-Portal „Mintfabrik“. In H. Dölling, C. Schäfle, S. Kürsten, M. Hunger, J. Hirtt & P. Riegler (Hrsg.), Tagungsband MINT Symposium 2023: MINT-Lehre gemeinsam gestalten – Lehre erforschen, Wissen teilen (S. 175-182). BayZiel.

Angaben zu den Autorinnen und Autoren

Reutlinger Lehrzentrum Grundlagen (RLG)

Das RLG ist eine Einrichtung an der Hochschule Reutlingen, die im Grundlagenbereich Unterstützungsangebote für Studierende entwickelt. Folgende Mitglieder des RLG sind verantwortlich für die konzeptuelle und inhaltliche Entwicklung der Mintfabrik: Stephan Pitsch (Prof., Projektleitung), Christian Höfert (Prof.), Volker Reichenberger (Prof.), Dirk Schieborn (Prof.), Karin Hehl (Akad. Mitarbeiterin), Susanne Eck (Akad. Mitarbeiterin).

Peter Klein

Geschäftsführer der Firma *Let's make sense GmbH* in Tübingen (Entwicklung von Web-Anwendungen) und verantwortlich für Software-Entwicklung und Programmierung der Mintfabrik.

DIDAKTISCHE IMPULSE DURCH INSTRUCTIONAL DESIGN FÜR ZUKÜNFTIGE LEHR- UND LERNRÄUME

Manuel Glondys; OTH Regensburg
Amelie Zauner; TU München

ZUSAMMENFASSUNG

Dieser Beitrag behandelt das in der deutschen Hochschullandschaft relativ neue Berufsfeld des Instructional Designs, einem lern- und kognitionspsychologisch orientierten Ansatz, der auf eine optimale Erstellung von Lehr- und Lernräumen abzielt und eine wertvolle Ressource für den MINT-Bereich sein kann. Neben einer Darstellung der Genese dieses Berufszweigs wird auch aufgezeigt, warum das Instructional Design in einer hochtechnologisierten Hochschullandschaft immer mehr an Bedeutung gewinnt. Um dieses Konzept an bayerischen Hochschulen zu etablieren, fördert die Virtuelle Hochschule Bayern (vhb) im Rahmen des Pilotprojekts „Instructional Designer@vhb“ 20 Stellen, die durch ihre Expertise und Know-how die Lehrenden bei der Erstellung virtueller Lehr- und Lernräume innerhalb der Förderlinien der vhb unterstützen und beraten sollen.

Keywords: Instructional Design; MINT Lehr-Lernräume; Virtuelle Hochschule Bayern

1. AUSGANGSPUNKT

Entwicklungen wie Digitalisierung und Globalisierung regen Diskussionen darüber an, wie Lehren und Lernen in Zukunft an Hochschulen gestaltet sein kann (Wissenschaftsrat, 2022). Überdies fordert der Fachkräftemangel insbesondere im MINT-Bereich von Hochschulen eine Reaktion, um auf Dauer auf dem globalen Markt konkurrenzfähig zu bleiben. Die Hochschulen stehen in diesem Zusammenhang vor der Herausforderung, ihre Lehrmethoden und -inhalte zu überdenken und weiterzuentwickeln. Dabei ist zu beobachten, dass in Studiengängen mit MINT-Bezug die Auswirkungen der gesellschaftlichen Entwicklungen besonders spürbar sind, da technologische Innovationen sowohl die curricularen Anforderungen als auch die Lernformen beeinflussen. Im Bereich der Künstlichen Intelligenz erkennt man deutlich, wie schnell diese auf den Hochschulkontext einwirkt und wie grundlegend sie die Hochschullehre beeinflusst (Wannebacher & Bodmann, 2021; Watanabe, Schmohl & Schelling, 2023; Pentucci, Fabbri & Laici, 2024).

Im Sinne der Beschäftigungsbefähigung stellt sich für Hochschulen dazu die Herausforderung, Studierenden Kompetenzen zu vermitteln, die in einer rasch wandelnden Arbeitswelt notwendig sind, um den fachlichen Anforderungen gerecht zu werden. Im Sinne der Chancengleichheit müssen Bildungseinrichtungen auch pragmatische Aspekte berücksichtigen, etwa dass es für Studierende zunehmend schwieriger wird, bezahlbaren Wohnraum in der Nähe ihrer Hochschule zu finden, oder dass weitere außerhochschulische Verpflichtungen wie Erwerbstätigkeit oder Care-Arbeit parallel zum

Hochschulstudium zu leisten sind. Lehr-Lernkonzepte, die zeitliche und örtliche Flexibilität ermöglichen, gewinnen daher zunehmend an Bedeutung und das nicht erst seit der Pandemie (Stützer & Kravčík, 2023).

Ein Lösungsansatz ist die Einrichtung ergänzender virtueller Lehr-Lernräume. Der Wissenschaftsrat (2022) empfiehlt hierfür „digitale Lehrangebote einzusetzen, um das selbstbestimmte, individuelle und kollaborative Lernen zu fördern.“ Laut der Autorengruppe der Bildungsberichterstattung (2020) lässt sich beobachten, dass das Interesse der Studierenden an digitalen Lehrangeboten grundsätzlich zunimmt. Lehrende schätzen die Bedingungen hierfür an den deutschen Hochschulen als sehr gut ein und befürworten die Einbindung digitaler Lehre, sofern diese einen Mehrwert bietet. Sie schildern allerdings auch, dass in der Anwendung Unsicherheiten herrschen und sie sich daher Unterstützung wünschen, beispielsweise in Form von Weiterbildungen. Auch der Wissenschaftsrat (2022) sieht Weiterbildungsangebote für Lehrende als die Basis für einen breiten Ausbau der digitalen Lehre an.

Die Virtuelle Hochschule Bayern (vhb) schafft entsprechende Strukturen für solche Lehr- und Lernräume seit bereits 25 Jahren. Im Studienjahr 2023/2024 haben z. B. 17,3 % der Studierenden einer bayerischen Trägerhochschule einen in ihr Curriculum integrierten CLASSIC vhb-Kurs belegt (vhb, 2024).

Die vhb ist keine physische Hochschule, sondern ein Zusammenschluss von 36 bayerischen Hochschulen, darunter 13 Universitäten, 19 Hochschulen für angewandte Wissenschaften und vier Kunsthochschulen. Sie fördert die Entwicklung und hochschulübergreifende Nutzung von Online-Lehrangeboten und unterstützt ihre Mitgliedshochschulen dabei, digitale Lehr- und Lernangebote bereitzustellen. Jede Trägerhochschule der vhb wird in der Mitgliederversammlung durch ein Mitglied

der Hochschulleitung oder eine/n vhb-Beauftragte/n vertreten. Diese Beauftragten fungieren an ihrer Hochschule als Ansprechpersonen für Lehrende bei Fragen zur vhb und stehen in direktem Kontakt mit der Geschäftsstelle. Das Kursangebot der vhb wird von den einzelnen Trägerhochschulen entwickelt, die dafür eine finanzielle Förderung erhalten (vhb, 2024).

Um Lehrende hinsichtlich der Erstellung von digitalen Lernangeboten nun auch didaktisch zu unterstützen, greift die vhb in einem großangelegten Pilotprojekt „Instructional Designer@vhb“ auf den Ansatz des Instructional Designs zurück, der nachfolgend beschrieben wird.

2. UNTERSTÜTZUNG IN DER VIRTUELLEN LEHRE DURCH DAS INSTRUCTIONAL DESIGN

Der Instructional-Design-Ansatz ist im nordamerikanischen Raum bereits seit Jahrzehnten verankert und hat inzwischen auch den deutschsprachigen Raum erreicht. Damit etabliert sich hierzulande das „neue [...] Berufsbild“ (Prill & Tovar, 2020) des Instructional Designers, wodurch Fachlehrende in der (medien-)didaktischen Erstellung ihrer virtuellen Lernangebote kompetente Unterstützung erfahren (ebd.).

Das Instructional Design ist lern- bzw. kognitionspsychologisch begründet. Es zielt darauf ab, auf Basis dieser Grundsätze Lehr- und Lernräume im virtuellen Raum nach den Bedürfnissen der Lernenden zu gestalten. Zu ihren Aufgaben zählt somit primär die didaktische und mediendidaktische Gestaltung von virtuellen Lehr- und Lernräumen unter Beachtung entsprechender lern- und kognitionspsychologischer Erkenntnisse. Im Fokus steht, den Studierenden ein effektives Lernen im virtuellen Kontext zu ermöglichen. Instructional Designer helfen Lehrenden

dabei, Fachinhalte so aufzubereiten, dass die festgelegten Lernziele erreicht und die Lernmotivation hochgehalten werden. Ausgangspunkt hierfür ist eine genaue Zielgruppenanalyse, die der Planung des Lehrangebots vorausgeht. Während der Erstellung des Lehrangebots helfen Monitoring-Prozesse, die vorab definierten Lernziele didaktisch lernförderlich aufzubauen. Instructional Designer wägen aufgrund ihrer Expertise ab, mit welchen Methoden und Tools es gelingen kann, diese Lernziele zu erreichen (Schellhammer, 2017).

Ihr Aufgabenfeld liegt an der Schnittstelle verschiedener Disziplinen und umfasst daher zahlreiche Tätigkeiten (Prill & To-var, 2020): Zum einen entwickeln sie Lehr- und Lernräume, entwerfen Lernkonzepte und dazu passende Materialien. Zum anderen zählt dazu aber auch die Unterstützung und Beratung Lehrender in (medien-)didaktischen Fragestellungen. Neben der Beratung gehört zum Aufgabenbereich des Instructional Designers auch die Weiterbildung von Lehrenden, beispielsweise durch Workshops zu didaktischen Fragestellungen, zum Umgang mit Tools oder dem Erstellen von Lernmaterialien wie z. B. Lehrvideos. Häufig an mediendidaktischen Hochschulinrichtungen angesiedelt dienen sie als Verbindungsglied zwischen verschiedenen relevanten Stakeholdern für die virtuelle Lehre, wie der Medienproduktion oder Personen, die das Learning Management System (LMS) bereitstellen und betreuen. Des Weiteren zählt zu den Aufgaben die Evaluation von virtuellen Lehrangeboten sowie Lerntechnologien, um Innovationen in den Ausbau der virtuellen Lehr- und Lernräume kontinuierlich einfließen lassen zu können (Obexer & Giardina, 2016).

Sie nutzen bei ihrer Arbeit Instructional System Designs (ISD), also didaktische Ansätze, die ihre Tätigkeit von der Planungs- bis zur Entwicklungsphase systematisch aufgliedern. Inzwischen existieren hunderte solcher Modelle, deren Unterschiede häufig nur in kleineren Verschiebungen der

Schwerpunkte liegen (Iffenthaler, 2014), wobei die Basis der meisten dieser ISDs das ADDIE-Modell bildet (Chen, 2011). Dabei analysieren sie als Lernarchitekten zunächst die Zielgruppe und erforderliche Ressourcen (Analyse). In der ersten Phase (Design) werden in enger Abstimmung mit Lehrenden didaktische Prinzipien wie Constructive Alignment umgesetzt (Biggs, 1996). Anschließend erfolgt die Entwicklung des Lehrmaterials (Development), bevor die Konzepte umgesetzt (Implementation) und abschließend einer Prüfung unterzogen werden (Evaluation). Die darin identifizierten Schwachstellen werden im weiteren Zuge der Evaluation als Grundlage für die Überarbeitung des Lehrangebots genutzt (Niegemann, 2019). Das Berufsfeld des Instructional Designs ist stark vom gesellschaftlich-technologischen Wandel geprägt, weshalb statische Modelle für ihre Arbeit oft unzureichend sind (Chen, 2011; Niegemann, 2020). Flexible Ansätze wie ABC Learning Design (Young & Perović, 2016) ermöglichen eine anpassbare Kursentwicklung. Instructional Designer fungieren somit als Multiplikatoren innovativer Hochschullehre und unterstützen Lehrpersonen im besten Fall in der Gestaltung optimaler digitaler Lehrangebote.

3. DAS PROJEKT "INSTRUCTIONAL DESIGNER@VHB"

Um Expertise und Wissen bayernweit zu bündeln und zu vernetzen, hat die vhb ab 01.08.2024 das vorerst auf zwei Jahre befristete Pilotprojekt „Instructional Designer@vhb“ ins Leben gerufen, das mit insgesamt 20 Projektstellen das Instructional Design an den Trägerhochschulen etablieren soll. Die Projektmitarbeitenden haben „als Impulsgeber und Multiplikatoren für innovative didaktische Konzepte“ (vhb, 2024) das Ziel, Lehrende bei ihrer Tätigkeit zu unterstützen, indem sie die Sichtbarkeit der vhb an ihren Hochschulen steigern und

Abb. 1: Die drei förderfähigen Formate der vhb (CLASSIC vhb, OPEN vhb und SMART vhb) im Überblick



hochschulübergreifende Online-Lehre ausbauen. Sie dienen als erste Anlaufstelle, wenn es darum geht, Lehrende an ihren Hochschulen zum vhb-spezifischen Portfolio zu beraten. Die vhb ermöglicht Lehrenden, gelungene hochschulübergreifende Online-Lehrkonzepte finanziell fördern zu lassen. Zu den förderbaren Formaten gehören CLASSIC- und OPEN vhb-Kurse sowie SMART vhb-Einheiten. Zusätzlich bietet die vhb mit OER@vhb eine Plattform zur freien Bereitstellung offener Bildungsressourcen.

4. DIE FÖRDERBAREN FORMATE DER VHB

CLASSIC vhb-Kurse sind curricular verankerte Online-Kurse, die ECTS-fähig sind. Sie werden über das Learning Management System (LMS) der jeweiligen Trägerhochschule angeboten und stehen Studierenden aus ganz Bayern zur Verfügung. Die Idee hinter diesen Kursen ist, ergänzend zum Kerncurriculum der Hochschule zeit- und ortsunabhängiges Studieren zu ermöglichen. CLASSIC vhb-Kurse werden durch Online-Tutoren betreut, um die Kommunikation und Interaktion in einem reinen Online-Kurs zu gewährleisten (vhb, 2024; Blumentritt et al., 2019). Diese digitale Präsenz und der kommunikative Charakter innerhalb der CLASSIC vhb-Kurse schafft Nähe im asynchronen Raum (Strasser, Motzet & Stahl, 2023), die KI zum aktuellen Zeitpunkt noch nicht adäquat erzeugen kann (Pentucci et al., 2024).

OPEN vhb-Kurse dagegen werden nicht betreut und sind als reine Online-Selbstlernkurse konzipiert. Sie richten sich im Sinne des lebenslangen Lernens an eine breite Öffentlichkeit, die an Hochschulwissen interessiert ist, zum Beispiel Studienanfänger sowie Personen im Rahmen der persönlichen Weiterbildung. Hierin zeigt sich, dass eine genaue Zielgruppenanalyse sowie ein gut durchdachtes didaktisches Konzept die Grundlage für gelungene OPEN vhb-Kurse bieten, da die Inhalte selbst-erklärend und klar strukturiert sein müssen (vhb, 2024).

Eine weitere förderfähige Linie stellen SMART vhb-Lerneinheiten dar, also 45-minütige in sich abgeschlossene Lerneinheiten zu einem spezifischen Thema. Diese sind im Repositorium der vhb hinterlegt und können von Lehrenden im Sinne des Blended Learning (Troussas, Krouska & Sgouropoulou, 2025) kostenlos in ihre Lehrveranstaltung integriert werden. Studierende haben ebenso die Möglichkeit, auf SMART vhb-Einheiten zurückzugreifen, z. B. um Inhalte zu wiederholen oder zu vertiefen.

Abschließend sei erwähnt, dass die vhb im Bereich der Open Educational Resources Infrastrukturen geschaffen hat, die einen „freien Zugang zu hochwertigen Lehr- und Lernmaterialien“ (vhb, 2024) ermöglichen. Lehrende können ihre Materialien im OER-Repositorium veröffentlichen und im Sinne der Bildungsgerechtigkeit bereitstellen. Dieses Format ist nicht förderfähig.

Auch im MINT-Kontext gibt es bereits vielfältige Angebote zu den einzelnen Förderschienen der vhb. Aus dem Themenkomplex des 3D-Drucks sei als best practice im Bereich der CLASSIC vhb-Kurse hier u. a. die „Einführung in den 3D Druck“ der HAW Weihenstephan-Triesdorf und HAW Landshut (Prof. Dr. Thomas Lötzbeyer und Prof. Dr. Norbert Babel) zu nennen. Zu diesem Thema haben sie zusätzlich den OPEN vhb-Kurs „3D Druck – Warum? Wofür? Wie?“ (Virtuelle Hochschule Bayern, 2025a) konzipiert, der sich an eine breitere Öffentlichkeit richtet und damit eine weitere Perspektive auf das Thema 3D-Druck bietet. Im SMART vhb-Bereich gibt es bereits einige Lerneinheiten zum Thema 3D Druck, u. a. „Technische Visualisierung. 3D-Druck und druckfertiges 3D-Modell“ (Virtuelle Hochschule Bayern, 2025b) von Prof. Joerg Maxzin und Benedikt Krieger von der TH Deggendorf. Aus unserer Sicht zeichnen sich die hier exemplarisch genannten vhb-Formate durch mediendidaktische Innovation aus und sind gute Beispiele dafür, wie Online-Lehre gelingen und motivierend umgesetzt werden kann.

5. AUSBLICK: LEHR- UND LERNRÄUME DER VHB IM MINT-KONTEXT

Innovative und zeit- und ortsunabhängige Studienangebote können in Zeiten des Fachkräftemangels, insbesondere in der MINT-Branche, ein Lösungsansatz sein. Der MINT-Herbstreport 2024 gibt an, „dass die Zahl der Studienanfängerinnen und -anfänger in den MINT-Fächern zurückgeht“ (Anger, Betz & Plünnecke, 2024). Davon seien insbesondere die Ingenieurwissenschaften und die Informatik betroffen. Mögliche Antworten auf diese zunehmende Problematik könnten – laut MINT-Report – die Steigerung der MINT-Studienanfängerzahlen sein

sowie eine „Erhöhung der Weltoffenheit“, also ein Bewusstsein dafür, dass hochqualifizierte Zuwanderung eine Chance ist, die die Bundesrepublik nicht verstreichen lassen darf.

Die vhb bietet mit ihren Förderschienen vielfältige Möglichkeiten, um den MINT-Bereich in Bayern direkt und indirekt zu stärken: Im CLASSIC vhb-Bereich gewährleisten asynchrone Online-Kurse die orts- und zeitunabhängige Studierbarkeit und gestalten so den Studienstandort Bayern attraktiver. Durch SMART vhb-Lerneinheiten aus dem MINT-Bereich können Lehrende durch Flipped-classroom-Konzepte im Präsenzkontext den Fokus auf praxisorientierte Lehre richten und den fachlichen Input in das Selbststudium auslagern.

Die Autorengruppe des Arbeitskreises MINT (Instructional Designer@vhb) plant einen OPEN vhb-Kurs, der sich an Studieninteressierte richtet und die Attraktivität der MINT-Studiengänge hervorheben soll. Im OPEN vhb-Bereich gibt es bereits zudem Deutsch-als-Fremdsprache-Kurse (vhb, 2024). Dieses Portfolio soll noch stärker ausgebaut werden, um Fachkräften die Möglichkeit zu bieten, ihre Sprachkenntnisse zu vertiefen, mit dem Ziel, die Fachkräfte auch dauerhaft in der Region zu halten.

In allen diesen Bereichen sind die Instructional Designer des vhb-Pilotprojekts als Brückenbauer bestrebt, hauptamtliches Hochschulpersonal in der Konzeption und Durchführung des Lehrangebots zu unterstützen, da diese systembedingt ihre Zeit für Lehre häufig zugunsten der Forschung einsetzen müssen (Sontheimer, 2024). Der Ausbau gelungener Online-Konzepte ist eine Herausforderung unserer Zeit, die nur durch eine enge Verzahnung von Forschung und Didaktik gelingen kann. Instructional Designer stellen hierfür ein wichtiges Bindeglied dar, um die Lücke zwischen Forschung und Lehre zu schließen.

Literatur

Anger, C., Betz, J. & Plünnecke, A. (2024). MINT-Förderung: Der Schlüssel zu Innovation und Wachstum. https://www.iwkoeln.de/fileadmin/user_upload/Studien/Gutachten/PDF/2024/MINT-HerbstReport_Barrierefrei.pdf

Autorengruppe Bildungsberichterstattung. (2020). Bildung in Deutschland 2020: Ein indikatorengestützter Bericht mit einer Analyse zu Bildung in einer digitalisierten Welt. Bildung in Deutschland: Bd. 2020. wbv. <https://doi.org/10.3278/6001820gw>

Biggs, J. (1996). Enhancing teaching through constructive alignment. *Higher Education*, 32(3), 347–364. <https://doi.org/10.1007/BF00138871>

Blumentritt, M., Markgraf, D., Olderog, T. & Schwinger, D. (2019). Digitale Transformation des Studiums: Eine empirische Erhebung zu den Erwartungen der Studierenden einer privaten Hochschule. In R. Fürst (Hrsg.), *AKAD university edition. Gestaltung und Management der digitalen Transformation: Ökonomische, kulturelle, gesellschaftliche und technologische Perspektiven* (S. 179–203). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-658-24493-4_11

Chen, I. (2011). Instructional Design Methodologies. In M. Spector, D. Merrill, J. Elen & M. J. Bishop (Hrsg.), *Handbook of Research on Instructional Systems and Technology* (S. 80–94). IGI Global.

Ifenthaler, D. (Hrsg.). *Technologiebasiertes Instruktionsdesign [Sonderheft]. bwpat – Berufs- und Wirtschaftspädagogik – online, Profil 5*, 2017. https://www.bwpat.de/profil5/ifenthaler_profil5.pdf

Niegemann, H. (2020). Instructional Design. In H. Niegemann & A. Weinberger (Hrsg.), *Handbuch Bildungstechnologie* (S. 95–151). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-54368-9_7

Obexer, R. & Giardina, N. (2016). What is a learning designer? Support roles and structures for collaborative E-Learning implementation. Waxmann. <https://doi.org/10.25656/01:15787>

Pentucci, M., Fabbri, M. & Laici, C. (2024). Artificial Intelligence in Higher Education: A Research Pathway with ChatGPT for Learning Design, Feedback, and Professional Development. *EDUCATION SCIENCES AND SOCIETY* 2 (9), 118–141. <https://doi.org/10.3280/ess2-2024oa18772>

Prill, A. & Tovar, C. (Hrsg.). *Instructional Designer – neues Berufsbild für Innovation in der Hochschullehre [Sonderheft]. DUZ SPOTLIGHT. Gute Praxis International*. <https://www.che.de/download/duz-spotlight-instructional-designer/?wpdmdl=14470&refresh=67ed399c55a021743600028>

Schellhammer, B. (2017). *Wie lernen Erwachsene (heute)? Eine transdisziplinäre Einführung in die Erwachsenenbildung*. Beltz.

Sontheimer, S. (2024). Im Widerspruch zur Forschung: Lehre als Berufung begreifen durch agile Hochschuldidaktik und digitale Tools. In J. Noller, C. Beitz-Radzio, M. Förg, S. E. Johst, D. Kugelman, S. Sontheimer & S. Westerholz (Hrsg.), *Perspektiven der Hochschuldidaktik. Lehre und Forschung* (S. 129–148). Springer Fachmedien. https://doi.org/10.1007/978-3-658-45556-9_9

Strasser, A., Motzet, R. & Stahl, K. (2025). Kompetenz- und Bedarfsoptimierte Lehrstrategie. In U. Fahr & P. Riegler (Hrsg.), *Diversität und Bildung im digitalen Zeitalter. Digital gestützte Lehre* (S. 45–71). Springer Fachmedien. https://doi.org/10.1007/978-3-658-45215-5_3

Stützer, C. M., & Kravčík, M. (2023). Künstliche Intelligenz in der Hochschulbildung: Bildungssoziologische Perspektiven und Herausforderungen. In C. de Witt, C. Gloerfeld & S. E. Wrede (Hrsg.), *Künstliche Intelligenz in der Bildung* (S. 219–239). Springer VS.

Troussas, C., Krouska, A. & Sgouropoulou, C. (2025). *Human-Computer Interaction and Augmented Intelligence* (Bd. 34). Springer Nature. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-84453-9>

vhb. (2024). Hochschulübergreifende Online-Lehre in Bayern: Studienjahr 2023/2024. https://www.vhb.org/fileadmin/download/presse/2024-12-16_Broschuere_2023-2024_web.pdf

Virtuelle Hochschule Bayern. (2025a). 3D Druck – Warum? Wofür? Wie? Abgerufen am 3. April 2025, von <https://open.vhb.org/blocks/occoursemetaselect/detailpage.php?id=241>

Virtuelle Hochschule Bayern. (2025b). Technische Visualisierung – 3D-Druck und druckfertiges 3D-Modell. Abgerufen am 3. April 2025, von <https://smart.vhb.org/edu-sharing/components/render/422552e6-d815-4333-831e-3f7992b268b6>

Wannemacher, K. & Bodmann, L. (2021). Künstliche Intelligenz an den Hochschulen: Potenziale und Herausforderungen in Forschung, Studium und Lehre sowie Curriculumentwicklung. Arbeitspapier Nr. 59. Hochschulforum Digitalisierung.

Watanabe, A., Schmohl, T. & Schelling, K. (2023). Akzeptanzforschung zum Einsatz Künstlicher Intelligenz in der Hochschulbildung: Eine kritische Bestandsaufnahme. In C. de Witt, C. Gloerfeld & S. E. Wrede (Hrsg.), *Künstliche Intelligenz in der Bildung* (S. 263–289). Springer VS.

Wissenschaftsrat. (2022). Empfehlungen für eine zukunftsfähige Ausgestaltung von Studium und Lehre. <https://doi.org/10.57674/q1f4-q978>

Young, C. & Perović, N. (2016). Rapid and Creative Course Design: As Easy as ABC? *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 228, 390–395. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.07.058>

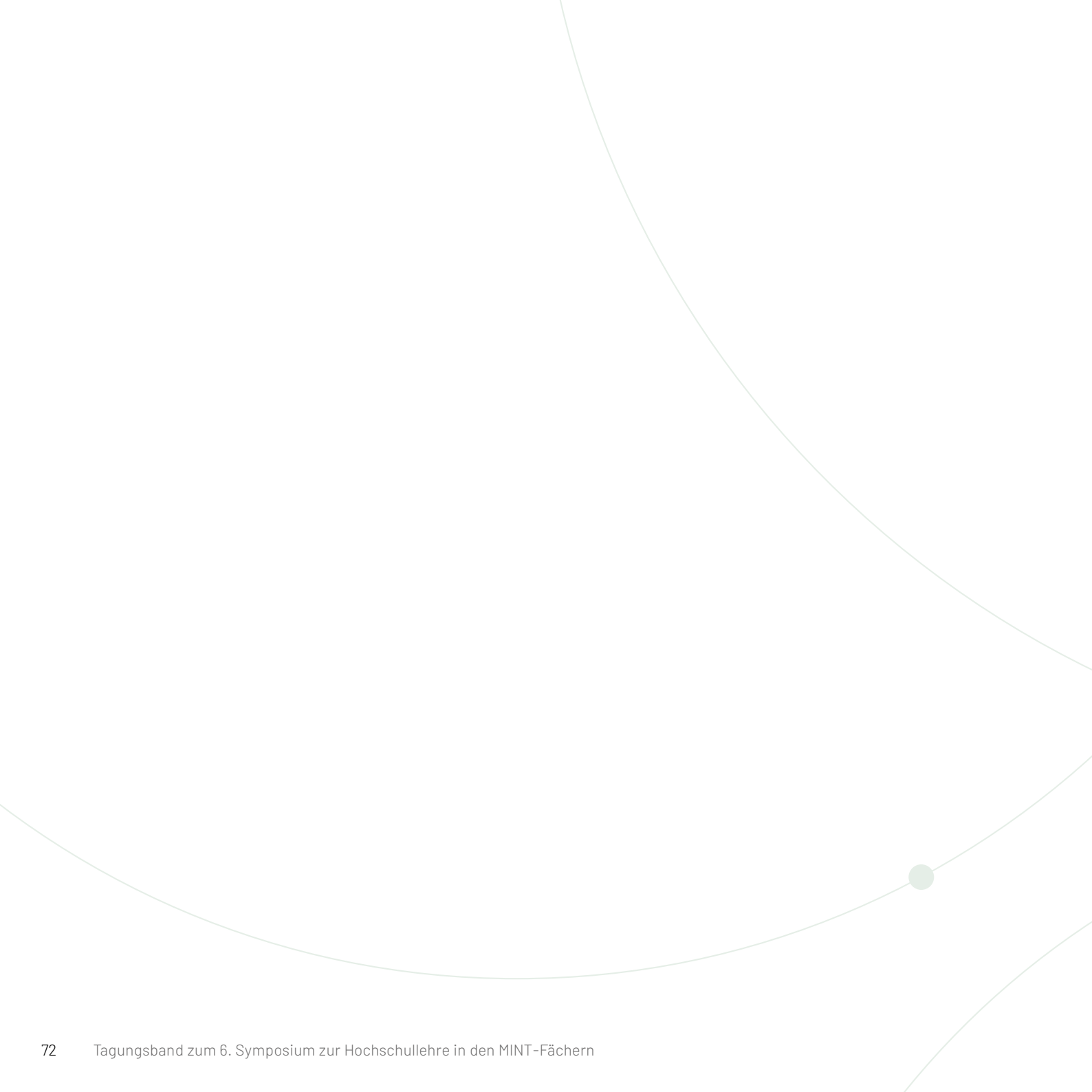
Angaben zur Autorin und zum Autor

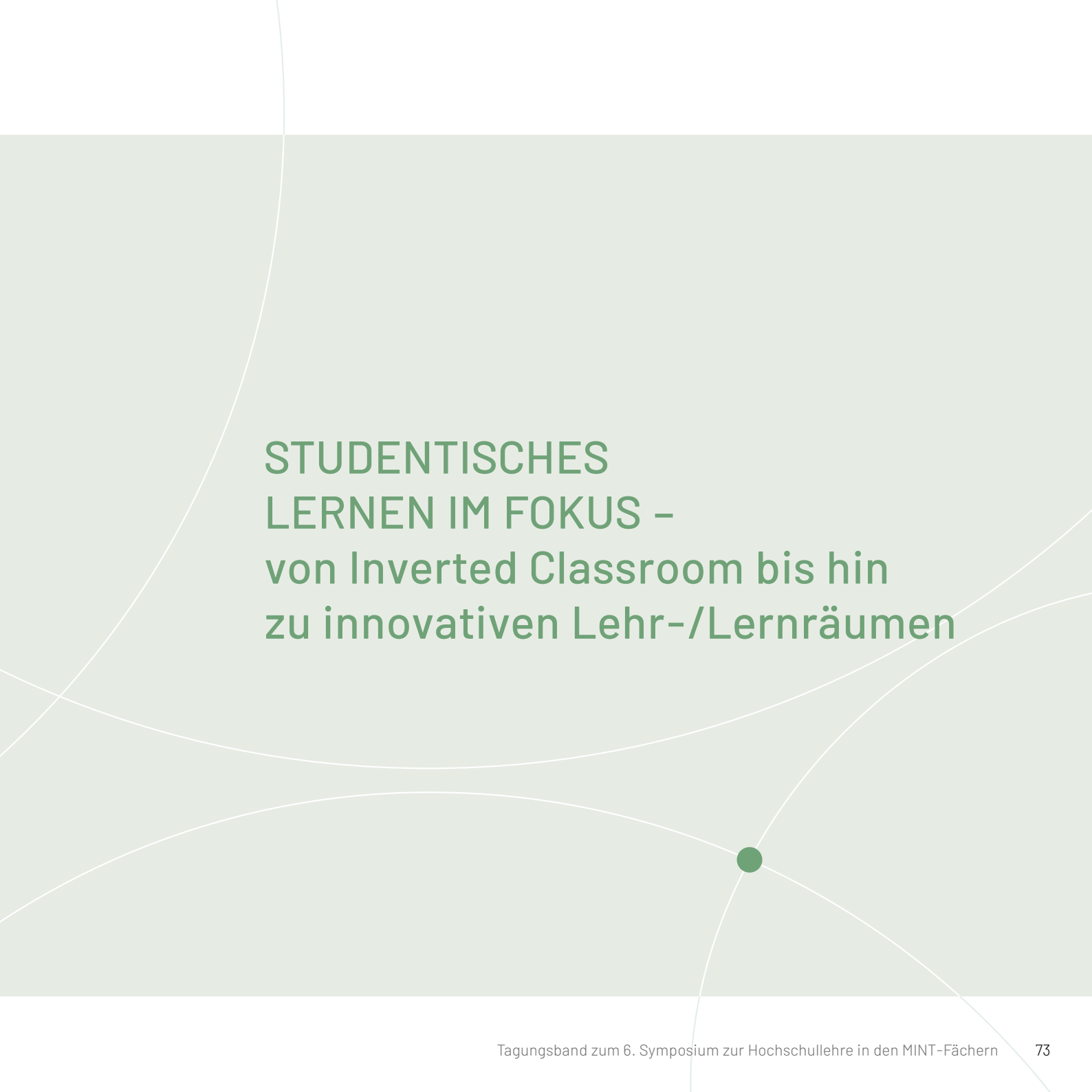
Manuel Glondys

studierte Deutsche Philologie mit Nebenfach Latein (B.A.) und Germanistik (M.A.). Er ist Lehrbeauftragter an der Universität Regensburg und an der OTH Regensburg im von der Virtuellen Hochschule Bayern geförderten Projekt „Instructional Designer@vhb“ an der Servicestelle Lehre und Didaktik tätig.

Amelie Zauner

studierte Soziale Arbeit (B.A.) und Sozial- und Bildungswissenschaften (M.A.). Sie arbeitet in der zentralen wissenschaftlichen Einrichtung Pro Lehre | Medien und Didaktik an der Technischen Universität München, die dem Institute for LifeLong Learning angegliedert ist. Dort ist sie für das Projekt „Instructional Designer@vhb“ zuständig, das von der Virtuellen Hochschule Bayern gefördert wird.





STUDENTISCHES LERNEN IM FOKUS – von Inverted Classroom bis hin zu innovativen Lehr-/Lernräumen

INVERTED CLASSROOM IN DER EINFÜHRUNGSVERANSTALTUNG PROGRAMMIERUNG

Ulrich von Zadow, Natalie Kiesler
Technische Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm



ZUSAMMENFASSUNG

Die Lehrveranstaltung Programmierung für Informatik-Studierende wurde an der TH Nürnberg, wie an vielen Hochschulen, bisher als klassische Vorlesungs-Übungs-Kombination realisiert. Nach einer hohen Durchfallquote im Wintersemester 2023/24 wurde im Wintersemester 2024/25 für eine Kohorte ein experimentelles, auf dem Inverted Classroom-Ansatz basierendes Lehrkonzept implementiert. Hierbei bereiten sich die Studierenden durch Literaturarbeit auf die Veranstaltungen vor, in denen vorwiegend aktivierende Lehr-/Lernformen genutzt werden. Die Veranstaltung wurde durch eine Reihe von Datenerhebungen (Teaching Analysis Poll, zwei Umfragen, Lehrtagebuch) begleitet, um das Lernverhalten der Studierenden, beobachtbare Hürden, und Good Practices für zukünftige Veranstaltungen abzuleiten. Das Konzept wurde insgesamt positiv bewertet, wobei sich auch viele Verbesserungsmöglichkeiten im Detail abzeichneten. Im Artikel dokumentieren wir die Ergebnisse der Erhebungen und diskutieren die Implikationen.

Keywords: Flipped Classroom, Einführungsveranstaltungen, Programmierung, Informatik

1. EINLEITUNG

Das Erlernen von Programmieren ist kognitiv anspruchsvoll und stellt eine zentrale Hürde in Informatikstudiengängen dar (Du Boulay, 1986; Gomes & Mendes, 2007; Kiesler, 2022; Luxton-Reilly, 2016; Luxton-Reilly et al., 2018; Whalley et al., 2007; Xingalos, 2016). Dies spiegelt sich u. a. seit Jahren in hohen Abbruch- und Durchfallquoten wider (Heublein & Wolter, 2011; Heublein, 2017; Heublein et al., 2018; Heublein et al., 2020; Neugebauer et al., 2019). Die TH Nürnberg ist hier keine Ausnahme. Die Veranstaltung ‚Prozedurales Programmieren‘ wird im ersten Semester der Informatik-Studiengänge seit längerem als klassische Vorlesungs-Übungs-Kombination gelehrt. Programmieraufgaben, die im Laufe des Semesters als Hausaufgabe gelöst werden, bilden die Zulassungsvoraussetzung zur Klausur, in der Programmieraufgaben auf Papier bearbeitet werden.

Im Wintersemester 23/24 hatte Generative AI hinreichend Bekanntheit erlangt, sodass Hausaufgaben damit gelöst werden konnten. Dies korrelierte mit sehr hohen Durchfallquoten (Kiesler et al., 2024) und führte dazu, dass im darauf folgenden Wintersemester mit der Kohorte von 67 Studierenden der Medieninformatik (Dozent Prof. Dr. von Zadow, zwei Übungsgruppen) ein experimentelles, auf dem Inverted Classroom-Ansatz basierendes, Lernkonzept gewählt wurde. Die klassische Vorlesung entfällt; Studierende bereiten sich durch Literaturarbeit selbstständig auf die Übungseinheiten vor. Diese werden für aktivierende Lehr-/Lernformen (u. a. Quizfragen und Programmieraufgaben) genutzt.

Wir sind der Frage, wie sich das neue Konzept in der Praxis bewährt, mit Hilfe von zwei Umfragen und einer Teaching Analysis Poll (Franz-Özdemir et al., 2019) nachgegangen. Zusätzlich wurde ein Kurstagebuch geführt. Konkret wurde die Untersuchung durch folgende Leitfragen bestimmt:

- 1. Lernverhalten:** Welches Lernverhalten zeigen die Studierenden? Wie subjektiv erfolgreich sind sie damit?
- 2. Hürden:** Wie wirkt sich das Konzept auf klassische Hürden der Programmierausbildung (z. B. Debugging, IDE benutzen) aus?
- 3. Lessons Learned:** Welche Good Practices ergeben sich? Wie könnte das Konzept weiter verbessert werden?

In diesem Artikel beschreiben wir zunächst das eingesetzte Lehr-Lernkonzept (Abschnitt 2). In den Abschnitten 3 und 4 widmen wir uns der Forschungsmethodik sowie den Ergebnissen. Abschließend diskutieren wir die Resultate und setzen sie in Relation zu den Forschungsfragen.

2. LEHR-/LERNKONZEPT

Der Inverted Classroom hat in den vergangenen Jahren an Popularität gewonnen (Strelan et al., 2020). Dieses Lehrkonzept ist dadurch gekennzeichnet, dass die Phase der reinen Wissensvermittlung (an Hochschulen üblicherweise als Vorlesung realisiert) außerhalb der gemeinsamen Präsenzzeit – beispielsweise über zur Verfügung gestellte Videos – stattfindet (Sams, 2012). Die synchrone Unterrichtszeit wird genutzt, um das Wissen anzuwenden und zu vertiefen. Diese Aufteilung schafft deutlich mehr Zeit für aktiven Unterricht und individuelle Förderung; die Lehrperson übernimmt die Rolle eines Coaches, anstatt Inhalte zu präsentieren (Lage et al. 2000). Eine Herausforderung des Modells ist der hohe Vorbereitungsanfall für die Lehrkraft. Zudem ist der Erfolg davon abhängig, dass die Lernenden tatsächlich vorbereiten.

Im vorliegenden Kurs wurde das Semester zweigeteilt. In der ersten neunwöchigen Phase wurden die grundlegenden Konzepte des Moduls vermittelt und geübt. Die verbleibende Zeit wurde für vertiefende praktische Übungen genutzt. Das Lehrkonzept für die erste Phase (Semesterwochen 1-9) sah vor, dass sich die Studierenden durch Literaturarbeit auf die Übung (zwei Doppelstunden pro Woche) vorbereiten. Neben eigenen Texten wurde hierbei ein Buch zu C# als Quelle genutzt. In der ersten Doppelstunde wurde i.d.R. ein Multiple-Choice-Quiz zu den erlernten Konzepten durchgeführt, während in der zweiten Doppelstunde Programmieraufgaben gestellt wurden. Wir zielten hierbei auf eine natürliche Progression: Die Literaturarbeit legt das Fundament, die Quizze sichern das grundlegende Verständnis der Konzepte, und die Programmieraufgaben dienen der Vertiefung durch Anwendung und Transferleistungen.

Wichtig ist hierbei, dass das Quiz nicht als Prüfung konzipiert ist, sondern auf Verständnis abzielt. Es wird dementsprechend nicht benotet und im Think-Pair-Share-Format (Spannagel und Spannagel 2013) durchgeführt. Hierbei lösen die Studierenden im ersten Schritt alle Aufgaben allein (Think), im zweiten Schritt einigen sie sich in Paaren auf Antworten (Pair). Die Lehrkraft unterstützt in beiden Phasen, wenn sich Lücken zeigen. Fragen, die für viele schwierig waren, werden abschließend an der Tafel erklärt (Share). Das Verständnis wird hierbei also zunächst durch die eigenständige Beschäftigung mit dem Thema, anschließend durch Diskussionen und gegenseitiges Erklären, und bei Bedarf durch Unterstützung der Lehrperson gefördert.

Die Programmieraufgaben in der zweiten Doppelstunde dienen der praktischen Anwendung und Vertiefung der Konzepte. Im Gegensatz zu den Quizzen werden die Aufgaben i. A. am Ende der Übung abgegeben und anschließend benotet. Das Erreichen einer Mindestpunktzahl ist Zulassungsvoraussetzung für die Klausur. Zusätzlich wurde in der 6. Woche ein einstündiger

Workshop zu Lernstrategien abgehalten, in denen die Studierenden in Kleingruppen ihre bisherigen Erfahrungen reflektieren sollten.

In der zweiten Phase des Semesters (Semesterwochen 10-14) wurden etwas größere Programmieraufgaben gestellt, deren Abgabe nicht verpflichtend war. Ziele waren die Vertiefung grundlegender Programmierkonzepte, das Schließen von Wissenslücken, sowie Transferleistungen. Da sich zu diesem Zeitpunkt schon die sehr unterschiedlichen Wissensstände der Studierenden gezeigt hatten, wurde eine relativ große Auswahl an Aufgaben mit verschiedenen Schwierigkeitsgraden zur Verfügung gestellt.

Das Ziel des vorgestellten Lehrkonzeptes war es, die bekannten Vorteile der Inverted Classroom-Methodik auf unsere Veranstaltung zu übertragen. Dies erschien uns insbesondere deshalb erfolgversprechend, da es sich in wesentlichen Anteilen um das Erlernen von prozeduralem Wissen handelt und daher ein Fokus auf praktische Übungen und individuelles Feedback sinnvoll schien (Scott, 2003).

3. METHODEN

Daten zu der Veranstaltung wurden durch ein Teaching Analysis Poll und zwei Umfragen sowie durch ein Kurstagebuch erhoben.

Teaching Analysis Poll

In Semesterwoche 9 wurde mit einer der zwei Übungsgruppen (18 Teilnehmende) ein Teaching Analysis Poll (TAP) (Franz-Özdemir et al., 2019) durchgeführt. Moderiert von einer neutralen Person (in unserem Fall eine Mitarbeiterin der hochschulinternen Einrichtung für Lehr- und Kompetenzentwicklung) und in

Abwesenheit der Lehrperson wurden in Kleingruppen unterstützende und hinderliche Faktoren für den Lernprozess sowie Verbesserungsvorschläge diskutiert. Die Ergebnisse wurden anonymisiert an die Lehrperson zurückgemeldet.

Umfragen

Im Verlauf des Semesters wurden zwei Umfragen zur Evaluation des Kurses durchgeführt. Beide Umfragen erfolgten anonym und unter Einholung eines Informed Consent der Teilnehmenden. Die Datenerhebungen fanden in den 10. und 13. Wochen des Semesters jeweils während der regulären Präsenzveranstaltungen statt. Beide Umfragen enthielten Fragen zur Selbsteinschätzung des Wissensstandes sowie zu den praktischen Fertigkeiten der Studierenden. Die Antworten wurden auf einer vierstufigen Likert-Skala erfasst. Zusätzlich bestand für die Teilnehmenden die Möglichkeit, offene Kommentare abzugeben. Die zweite Umfrage umfasste zusätzlich Fragen zur Nutzung von Lernressourcen, zur Einschätzungen der Studierenden zu den Quizzes und Praktikumsaufgaben, sowie zum vorhandenen Vorwissen der Studierenden.

Kurstagebuch

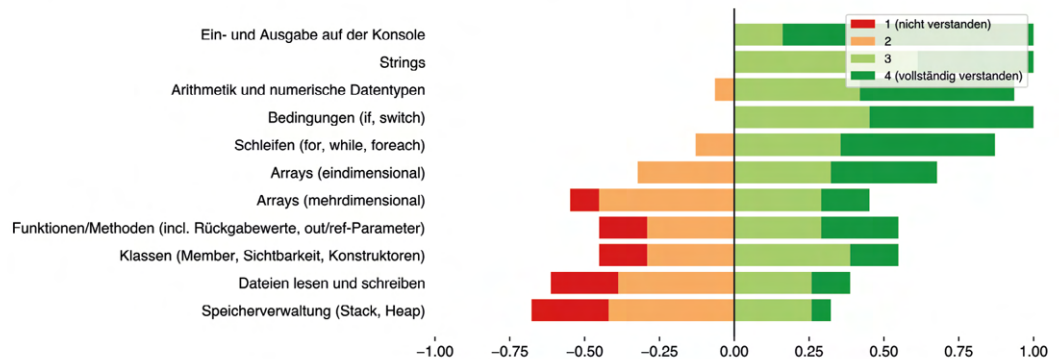
Im Rahmen des Kurses wurde von der Lehrperson ein Kurstagebuch geführt, in dem nach jeder Übung die Eindrücke dokumentiert wurden. Dazu gehörten auch umfassende Aufzeichnungen während der Übung zu Lernstrategien in Semesterwoche 6.

4. ERGEBNISSE

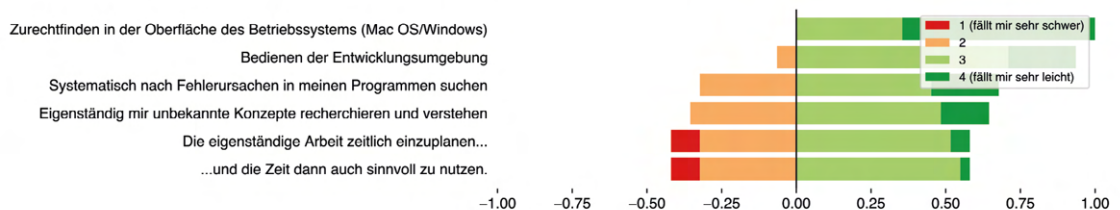
Im Folgenden dokumentieren wir die Ergebnisse der Datenerhebungen.

Abb. 1:
Ergebnisse
Umfrage 1

Betrachten Sie die folgenden Themen und schätzen Sie ab, wie gut Sie die Konzepte verstanden haben. Beantworten Sie auf einer Skala von 1 bis 4 (1=Kein Verständnis, 4=Sehr gutes Verständnis).



Schätzen Sie Ihre praktischen Fertigkeiten ein und geben Sie auf einer Skala von 1 bis 4 an, wie schwer bzw. leicht Ihnen folgende Tätigkeiten fallen:



Teaching Analysis Poll

Die Ergebnisse des Teaching Analysis Polls erwiesen sich aus formativer Sicht als sehr wertvoll. Teile der Befunde sind allerdings für die Einschätzung der Veranstaltung nur bedingt von Interesse, sodass wir hier eine verkürzte Darstellung wählen. Insbesondere der Einsatz von Quizzes als Lernmethode, die Möglichkeiten zur Zusammenarbeit mit Kommilitonen, sowie die individuelle Unterstützung durch die Lehrkraft wurden

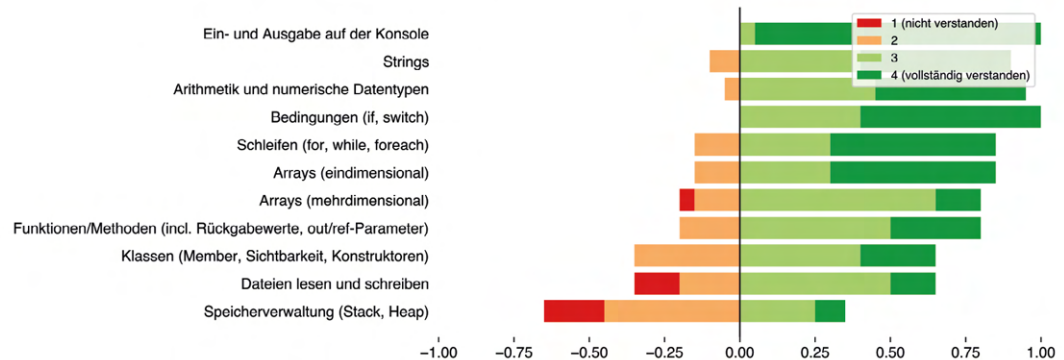
positiv bewertet. Gleichzeitig wurde das eingesetzte Buch deutlich kritisiert. Zudem wurde berichtet, dass für die erste Iteration des Quizzes oft nicht genug Zeit zur Verfügung stand.

Umfrage 1

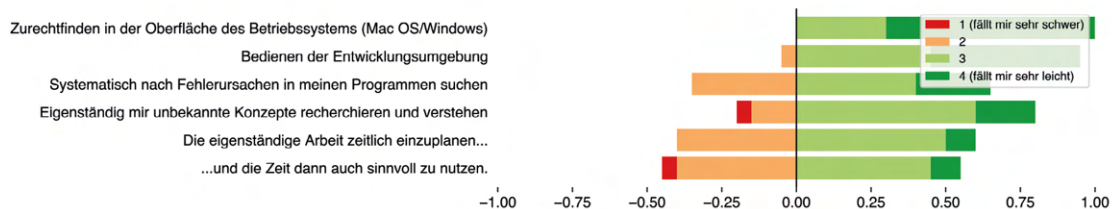
Die Ergebnisse der ersten Umfrage, an der 32 Studierende teilnahmen, sind in Abb. 1 dargestellt. Da die Umfragen direkt in den Übungen durchgeführt wurden, ist mit Verzerrungen (Bias)

Abb. 2:
Ergebnisse
Umfrage 2 –
Wissensstand
und praktische
Fertigkeiten

Betrachten Sie die folgenden Themen und schätzen Sie ab, wie gut Sie die Konzepte verstanden haben. Beantworten Sie auf einer Skala von 1 bis 4 (1=Kein Verständnis, 4=Sehr gutes Verständnis).



Schätzen Sie Ihre praktischen Fertigkeiten ein und geben Sie auf einer Skala von 1 bis 4 an, wie schwer bzw. leicht Ihnen folgende Tätigkeiten fallen:



zu rechnen. Die gewonnenen Daten sollten daher nicht überbewertet werden. Aus diesem Grund wurde auch auf eine statistische Auswertung verzichtet.

Hinsichtlich des Wissensstands zeigte sich, dass die meisten Teilnehmer die grundlegenden Konzepte bis einschließlich der Schleifen zu diesem Zeitpunkt verstanden hatten. Gleichzeitig wurde eine sehr große Bandbreite im Verständnis sowie bezüglich der Fertigkeiten im Bereich der Lerntechniken deutlich. Ein

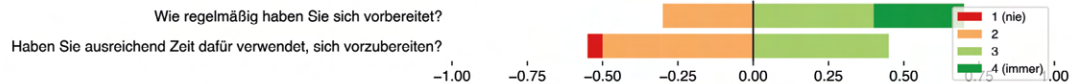
erheblicher Anteil der Studierenden gab an, Schwierigkeiten bei der eigenständigen Recherche sowie in der Zeitplanung und -nutzung zu haben.

Umfrage 2

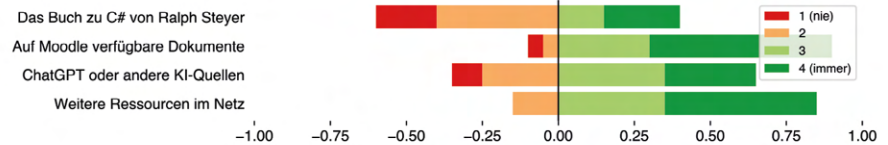
An der zweiten Umfrage nahmen 20 Studierende teil. Auch hier gilt: Aufgrund der Durchführung in der Übung ist mit einem Bias in den Antworten zu rechnen.

Abb. 3:
Ergebnisse
Umfrage 2 –
Hausaufgaben
und Quellen

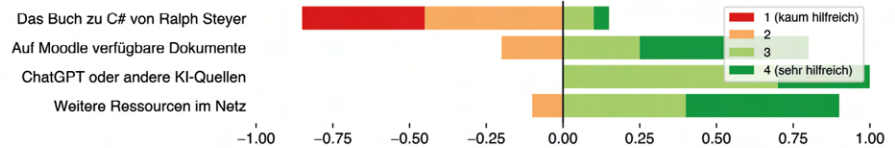
Betrachten Sie die Einarbeitung in Themen der Programmierung, die Sie als Hausaufgaben bekommen haben.



Wie oft haben Sie folgende Quellen genutzt?



Wie hilfreich waren folgende Quellen?



Hinsichtlich des Wissensstands und der praktischen Fertigkeiten ergaben sich ähnliche (wenn auch etwas verbesserte) Befunde verglichen mit der ersten Umfrage (Abb. 2). Die Angaben zur Qualität der von den Studierenden geleisteten Vorbereitungsarbeiten sind insgesamt leicht positiv. Als Quelle wird das Buch wieder negativ bewertet, während andere Wissensquellen (durch den Dozenten geschriebene Dokumente, ChatGPT, weitere Netzressourcen) deutlich besser abschneiden (Abb. 3). Insbesondere ChatGPT wird häufig genutzt und als sehr hilfreich eingeschätzt. Die Quizze wurden durchgängig positiv bewertet. Bemerkenswert dabei ist, dass die Einschätzungen zur Bearbeitungszeit eine große Bandbreite umfassen und – im

Gegensatz zu den Ergebnissen des Teaching Analysis Polls – nicht einheitlich als zu knapp empfunden wurden. Der Schwierigkeitsgrad der Programmieraufgaben wird als angemessen beurteilt, wobei einige die Bearbeitungszeit als deutlich zu kurz einschätzten (Abb. 4).

Kurstagebuch

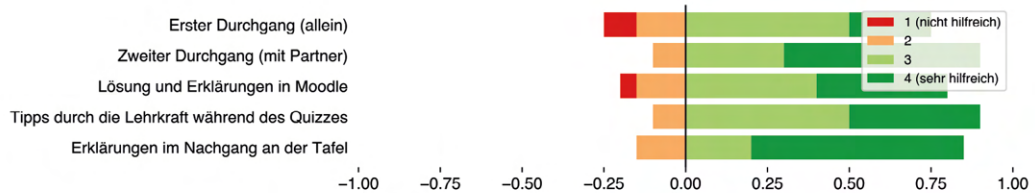
Im Kurstagebuch wurden zahlreiche Erkenntnisse zu Methoden und Aufgaben dokumentiert, die eher formativ von Interesse sind. Für die Forschungsfragen interessant sind im einzelnen folgende Ergebnisse. Beobachtungen zum Lernfortschritt ergaben, dass einige Studierende schon zu Beginn des Semesters

Abb. 4:
Ergebnisse
Umfrage 2 –
Aktivitäten
im Kurs

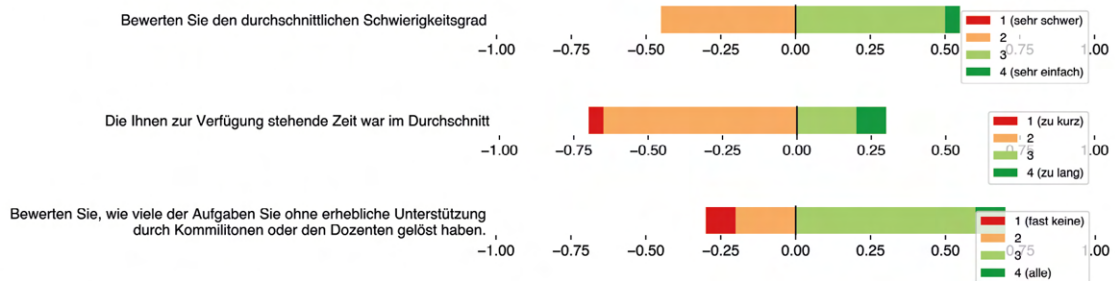
Betrachten Sie die Quizze, die wir in der ersten Hälfte des Semesters regelmäßig durchgeführt haben.



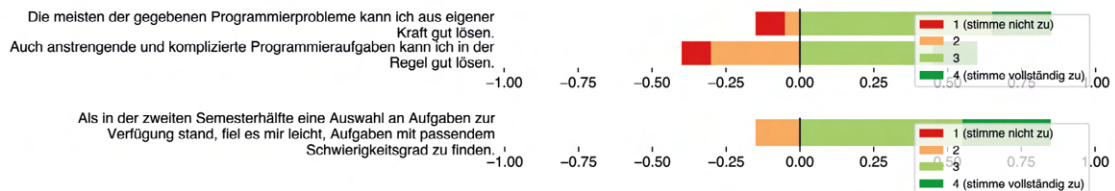
Die Quizze waren in mehrere Phasen unterteilt. Bewerten Sie, wie hilfreich die einzelnen Phasen für das Verständnis der Konzepte waren.



Betrachten Sie die Pflichtaufgaben für das Programmierpraktikum



Stimmen Sie den folgenden Aussagen zu?



mit dem Tempo überfordert waren. Gegen Mitte Dezember zeigte sich dies in einer großen Bandbreite an Kompetenzen: Während einige noch Schwierigkeiten bei den einfachsten Aufgaben hatten, konnten andere bereits komplexere Projekte erfolgreich bearbeiten. Mehrfach wurde beobachtet, dass Studierende zwar die Grundkonzepte verstanden hatten, aber Schwierigkeiten dabei hatten, diese zu Lösungen zu synthetisieren (z. B.: Ein Studierender erkennt korrekt, dass für eine Lösung sowohl eine if-Bedingung als auch eine for-Schleife nötig sind, setzt die Bedingung aber außerhalb statt innerhalb der Schleife).

Der Workshop zu Lernstrategien brachte weitere Erkenntnisse. Z. B. wurde das Buch ein weiteres Mal negativ bewertet. ChatGPT wird von nahezu allen Studierenden als Lernressource herangezogen. Dabei nannten viele das Stellen von Verständnisfragen sowie das Erklären von Codezeilen als wirksame Strategien, während das Generieren von Fragen und das Überprüfen von Antworten nur vereinzelt (dann allerdings positiv) erwähnt wurden.

5. DISKUSSION

Insgesamt wird das Konzept positiv bewertet, wenngleich auf Detailebene noch Verbesserungspotenziale bestehen (Kommentar in Umfrage 1: ‚Kurs hat in der Struktur viel Potential, muss aber noch verbessert werden.‘). Offensichtlich scheint vor allem, dass das Buch vollständig durch eigene, auf das Curriculum abgestimmte, Texte ersetzt werden sollte. Im Folgenden werden die Leitfragen anhand der erhobenen Ergebnisse diskutiert.

Lernverhalten

Sowohl das Kurstagebuch als auch die Umfrageergebnisse deuten darauf hin, dass die Studierenden in der Regel relativ

gut vorbereitet waren. Gleichzeitig sind die nicht sehr guten Ergebnisse der Umfragen im Bereich eigenständige Recherche sowie Zeitplanung und -nutzung ein Hinweis darauf, dass eine gezielte Förderung dieser Kompetenzen im Kurs hilfreich sein dürfte. Vor dem Hintergrund bestehender Vorarbeiten überrascht dies wenig (Kiesler, 2022).

Ebenfalls wenig überraschend scheint sich Generative AI als Assistenztool durchzusetzen. ChatGPT wird laut Umfrage von einer überwältigenden Mehrheit der Studierenden genutzt. Gleichzeitig scheinen Studierende hier bereits Kompetenzen aufzubauen: In den Veranstaltungen wurde recht differenziert über die Möglichkeiten und Grenzen diskutiert. Dies steht in Einklang mit anderen Erhebungen (Scholl & Kieser, 2024; Prather et al., 2023).

Hürden

Die wichtigste Erkenntnis im Bereich der Hürden ist, dass sich bereits früh im Kurs eine deutliche Kluft zwischen den leistungsstärksten und weniger erfolgreichen Studierenden abzeichnet. Ein zentraler Schwierigkeitsfaktor könnte darin liegen, dass Lernende gleichzeitig sowohl die Syntax als auch die Semantik von Programmiersprachen erfassen müssen – gerade am Anfang des Studiums eine erhebliche Herausforderung (Du Boulay, 1986). Visual Programming Languages wie Scratch können hierfür einen Lösungsansatz bieten, da sie die syntaktische Komplexität zunächst eliminieren (Bentrad & Meslati, 2011; Kiesler, 2016; Malan & Leitner, 2007; Zhang et al., 2013). In jedem Fall scheint es sinnvoll, in den ersten Wochen den kognitiven Anspruch zu reduzieren.

Good Practices

Aus den Ergebnissen lassen sich folgende Lessons Learned ableiten. Die Quizze werden in der genutzten Form (think-pair-share) sehr positiv bewertet. Zusätzlich sind sie wahrscheinlich mitverantwortlich dafür, dass die Studierenden sich relativ gut

vorbereiten. Das Konzept ist deshalb möglicherweise auch in anderen ähnlichen Kontexten sinnvoll einsetzbar. Die Datenerhebungen waren hilfreich dabei, Konzepte und Fertigkeiten, mit denen viele Studierende Schwierigkeiten hatten, zu identifizieren, sodass Lehrende einschreiten und unterstützen konnten. Weiterhin ließen sich konkrete Ansatzpunkte für Verbesserungen daraus ableiten. Insofern können die Erhebungsmethoden im nächsten Durchlauf erneut verwendet werden.

6. AUSBLICK

Die dargelegten Erfahrungen und Erkenntnisse bilden aus unserer Sicht eine sehr gute Basis für folgende Iterationen. Aufgrund der Ergebnisse planen wir, das grundlegende Konzept (Literaturarbeit, Quizze, Übungsaufgaben) beizubehalten. Gleichzeitig konnten wir auf Basis der Daten eine Reihe von konkreten Verbesserungsmöglichkeiten erarbeiten, die in die Lehre einfließen werden. Ein eigenes Skript steht hierbei in vorderster Stelle. Zusätzlich scheint es wichtig, die ersten Wochen weniger anspruchsvoll zu gestalten.

Danksagung

Die Autoren danken den Dozenten und Lehrkräften des Moduls Prozedurale Programmierung, Prof. Dr. Jens Albrecht, Birgit Kraft, Prof. Dr. Ingo Scholz, Prof. Dr. Friedhelm Stappert und Thomas Ulrich für Unterstützung und sehr hilfreiche Diskussionen. Insbesondere Birgit Kraft sei für ihre Unterstützung bei der Vorbereitung und technischen Realisierung gedankt. Weiter bedanken wir uns bei Frau Marina Leipold von der Lehr- und Kompetenzentwicklung der TH Nürnberg für die Durchführung des Teaching Analysis Poll.

Literatur

Bentrad, S., & Meslati, D. (2011). Visual programming and program visualization: Towards an ideal visual software engineering system. In Proceedings of the International Conference in Communication and Information Technology (ACEEE 2011) (pp. 43–49).

Bergmann, J., & Sams, A. (2012). Flip your classroom: Reach every student in every class every day. International Society for Technology in Education. ISBN 9781564843159

Du Boulay, B. (1986). Some difficulties of learning to program. Journal of Educational Computing Research, 2(1), 57–73. <https://doi.org/10.2190/3LFX-9RRF-67T8-UVK9>

Franz-Özdemir, M., Reimann, J., Wessel, K. (2019). Teaching Analysis Poll (TAP)–Konzept und Umsetzung einer aktuellen Methode an der Schnittstelle von Evaluation und Lehrentwicklung. In Neues Handbuch Hochschullehre, 2019, S. 1–28.

Gomes, A., & Mendes, A. (2007). Learning to program: Difficulties and solutions. In Proceedings of the International Conference on Engineering Education (ICEE 2007) (pp. 283–287).

Heublein, U., & Wolter, A. (2011). Studienabbruch in Deutschland: Definition, Häufigkeit, Ursachen, Maßnahmen. Zeitschrift für Pädagogik, 57(2), 214–236.

Heublein, U., Richter, J., Schmelzer, R., & Sommer, D. (2017). Zwischen Studiererwartungen und Studienwirklichkeit. Forum Hochschule, 1, 134–136.

- Heublein, U., Schmelzer, R., & Sommer, D. (2018). Die Entwicklung der Studienabbruchquote an den deutschen Hochschulen (Techn. Ber. Hannover). Deutsches Zentrum für Hochschul- und Wissenschaftsforschung (DZHW).
- Heublein, U., Richter, J., & Schmelzer, R. (2020). Die Entwicklung der Studienabbruchquoten in Deutschland. DZHW Brief, 3(2020). <https://doi.org/10.34878/2020.03.dzhw-brief>
- Kiesler, N. (2016). Ein Bild sagt mehr als tausend Worte – Interaktive Visualisierungen in webbasierten Programmieraufgaben. In DeLFI 2016 – Die 14. E-Learning Fachtagung Informatik. Gesellschaft für Informatik e. V.
- Kiesler, N. (2022). Kompetenzförderung in der Programmierausbildung durch Modellierung von Kompetenzen und informativem Feedback (Dissertation, Johann Wolfgang Goethe-Universität, Frankfurt am Main).
- Kiesler, N., Scholz, I., Albrecht, J., Stappert, F., & Wienkop, U. (2024). Novice learners of programming and generative AI: Prior knowledge matters. In Proceedings of the 24th Koli Calling International Conference on Computing Education Research (Koli Calling '24) (Article 51, pp. 1–2). Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3699538.3699580>
- Luxton-Reilly, A. (2016). Learning to program is easy. In Proceedings of the 2016 ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education (ITiCSE '16) (pp. 284–289). Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/2899415.2899432>
- Luxton-Reilly, A., Simon, Albluwi, I., Becker, B. A., Giannakos, M., Kumar, A. N., Ott, L., Paterson, J., Scott, M. J., Sheard, J., & Szabo, C. (2018). Introductory programming: A systematic literature review. In Proceedings of the 2018 ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education (ITiCSE) (pp. 55–106). Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3293881.3295779>
- Malan, D. J., & Leitner, H. H. (2007). Scratch for budding computer scientists. In Proceedings of the 38th SIGCSE Technical Symposium on Computer Science Education (pp. 223–227). Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/1227310.1227388>
- Neugebauer, M., Heublein, U., & Daniel, A. (2019). Studienabbruch in Deutschland: Ausmaß, Ursachen, Folgen, Präventionsmöglichkeiten. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 22(5), 1025–1046.
- Prather, J., Denny, P., Leinonen, J., Becker, B., Albluwi, I., Craig, M., Keuning, H., Kiesler, N., Kohn, T., Luxton-Reilly, A., MacNeil, S., Petersen, A., Pettit, R., Reeves, B., & Savelka, J. (2023). The Robots Are Here: Navigating the Generative AI Revolution in Computing Education. In Proceedings of the 2023 Working Group Reports on Innovation and Technology in Computer Science Education (ITiCSE-WGR '23). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 108–159. <https://doi.org/10.1145/3623762.3633499>
- Sams, A. (2012). Der „Flipped“ Classroom. In Das Inverted Classroom Model. Begleitband zur ersten deutschen ICM-Konferenz (pp. 13–23). Berlin: Oldenbourg Wissenschaftsverlag

Scholl, A., & Kiesler, N. (2024). How Novice Programmers Use and Experience ChatGPT when Solving Programming Exercises in an Introductory Course. In 2024 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE), Washington, DC, USA, 2024, pp. 1-9, <https://doi.org/10.1109/FIE61694.2024.10893442>

Scott, T. (2003). Bloom's taxonomy applied to testing in computer science classes. *Journal of Computing Sciences in Colleges* 19(1), S. 267-274.

Spannagel, C., & Spannagel, J. (2013). Designing in-class activities in the inverted classroom model. In J. Handke, N. Kiesler, & L. Wiemeyer (Eds.), *The inverted classroom model: The 2nd German ICM-Conference-Proceedings* (pp. 113-119). Oldenbourg Wissenschaftsverlag.

Strelan, P.; Osborn, A. & Palmer, E. (2020). The flipped classroom: A meta-analysis of effects on analysis of effects on student performance across disciplines and education levels. *Educational Research Review*, 30, 100314. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2020.100314>

Whalley, J., Clear, T. & Lister, R. (2007). The Many Ways of the BRACElet Project. <http://hdl.handle.net/10453/5747>

Xinogalos, S. (2016). Designing and deploying programming courses: Strategies, tools, difficulties and pedagogy. *Education and Information Technologies*, 21, 559-588. <https://doi.org/10.1007/s10639-014-9341-9>

Zhang, Y., Surisetty, S., & Scaffidi, C. (2013). Assisting comprehension of animation programs through interactive code visualization. *Journal of Visual Languages and Computing*, 24, 313-326.

Lage, M. J., Platt, G. J., & Treglia, M. (2000). Inverting the classroom: A gateway to creating an inclusive learning environment. *The Journal of Economic Education*, 31(1), 32.

Angaben zur Autorin und zum Autor

Ulrich von Zadow

Professor für Medieninformatik an der TH Nürnberg. Zuvor Studium der Informatik sowie langjährige Tätigkeit als Softwareentwickler und -entwicklungsleiter in der Exponatentwicklung für Museen und Ausstellungen. Anschließend Promotion im Bereich Mensch-Maschine Interaktion an der TU Dresden und Professur an der CODE University, Berlin. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7916-7433>

Natalie Kiesler

ist Professorin für Lehren und Lernen an Hochschulen an der Fakultät Informatik der TH Nürnberg. Ihre Forschungsschwerpunkte umfassen Programmierkompetenz, Lernumgebungen und (menschliches sowie KI-generiertes) Feedback in der universitären Ausbildung. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6843-2729>

STUDIERENDE, LEHRENDE, THIRD SPACE – DURCH EIN TAP EINE LEHRVERANSTALTUNG GEMEINSAM VERBESSERN

Beate Curdes
Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

ZUSAMMENFASSUNG

Wenn Lehrende eine Lehrveranstaltung didaktisch-methodisch umgestalten, sind sie an einem zeitnahen Feedback ihrer Studierenden interessiert, um auf Schwierigkeiten noch im laufenden Semester reagieren zu können. Die qualitative Evaluationsmethode Teaching Analysis Poll (TAP) bietet Lehrenden und Studierenden die Möglichkeit, in einer konkreten Lehrveranstaltung in einen Austausch auf Augenhöhe über die Lernprozesse zu treten. Unterstützung erhalten sie dabei durch die TAP-Moderation, d. h. durch geschulte Mitarbeitende aus dem Third Space, die den Prozess begleiten. Die Beteiligten profitieren von einem TAP auf unterschiedliche Weise.

An der Universität Oldenburg (UOL) konnten in mehreren TAPs Erkenntnisse zum Einsatz aktivierender und partizipativer Lehrmethoden gewonnen werden, etwa zu Problemen in der Kommunikation und Transparenz in Bezug auf die Prüfungsleistung, die in die Konzeption von MINT-spezifischen hochschuldidaktischen Weiterbildungsangeboten einfließen werden.

Keywords: Teaching Analysis Poll, qualitative Lehrevaluation, Hochschuldidaktik

1. LERNPROZESS DER STUDIERENDEN IM FOKUS

Standardisierte quantitative Verfahren zur Lehrevaluation (meist unter Einsatz standardisierter Fragebögen) nehmen eine in Teilen lehrendenzentrierte Perspektive ein, denn der Fokus liegt hier auf der Bewertung der Vermittlungskompetenz und der Persönlichkeit der Lehrperson (Franz-Özdemir et al., 2019, S. 2). Ein Teaching Analysis Poll (TAP) ist dagegen ein qualitatives Verfahren, in dem das Lernen der Studierenden im Mittelpunkt steht. Die Agierenden in einem TAP sind Studierende, Lehrende und Mitarbeitende aus dem Third Space, die die TAP-Moderation übernehmen. Ein TAP baut immer auf drei standardisierten Fragen auf, unabhängig davon, ob Lehrende konkrete Fragen zu bestimmten Aspekten ihrer Lehrveranstaltung haben. Die TAP-Fragen

- Was fördert Ihr Lernen in dieser Veranstaltung am meisten?
 - Was erschwert Ihr Lernen?
 - Welche konkreten Verbesserungsvorschläge haben Sie?
- sind sehr offen angelegt. Eine besondere Stärke der Methode ist es daher, dass der Reflexionsprozess der Studierenden nicht durch eine von diesem Standard abweichende Fragestellung in eine bestimmte Richtung gelenkt wird.

Auch der Ablauf eines TAPs ist standardisiert. Jedes TAP besteht aus drei aufeinander aufbauenden Gesprächssequenzen: In der ersten Sequenz bearbeiten und diskutieren die Studierenden, angeleitet und begleitet durch die TAP-Moderation, in Kleingruppen die drei standardisierten, offenen TAP-Fragen. Die Lehrenden sind dabei nicht anwesend. Mit der ersten Frage „Was fördert Ihr Lernen in dieser Veranstaltung am meisten?“

wird in den Kleingruppen ein Austausch und eine Reflexion über die positiven Aspekte im konkreten Lernprozess angestoßen. Aufbauend auf diesen Erkenntnissen werden im nächsten Schritt anhand der Frage „Was erschwert Ihr Lernen?“ diejenigen Aspekte identifiziert, die gutes Lernen behindern. In der Diskussion über die Frage „Welche konkreten Verbesserungsvorschläge haben Sie?“ suchen die Studierenden nach Lösungsansätzen, wie diesen Lernhindernissen begegnet werden kann. Die TAP-Moderation sammelt und strukturiert in einer Plenumsdiskussion die Ergebnisse der Kleingruppenarbeit. Die Rückmeldungen der Studierenden werden in Paraphrasen möglichst kurz und prägnant notiert. Die TAP-Moderation fragt im Anschluss die Zustimmungswerte zu den einzelnen Aussagen für die gesamte Gruppe ab.

Im anschließenden Feedback-Gespräch erläutert die TAP-Moderation den Lehrenden die Ergebnisse der TAP-Sitzung, in der Stärken und Schwächen der Lehrveranstaltung aus der Sicht der Studierenden herausgearbeitet und von den Studierenden konkrete Verbesserungsvorschläge im Hinblick auf die identifizierten Lernhindernisse gemacht wurden. Die TAP-Moderation nimmt zunächst keine Bewertung dieser Ergebnisse vor. Auf Wunsch der Lehrenden kann eine hochschuldidaktische Beratung erfolgen.

In der dritten Gesprächssequenz besprechen die Lehrenden die Ergebnisse des TAPs mit ihren Studierenden. Bei diesem Gespräch ist die TAP-Moderation nicht anwesend. Dieses Gespräch „fördert einen Perspektivwechsel auf beiden Seiten und trägt so dazu bei, anfängliche Abwehrreaktionen zu überwinden“ (Frank et al., 2011, S. 313). Gemeinsam können Lehrende und Studierende dann nach Lösungen suchen, wie konkrete Lernhindernisse beseitigt werden können.

2. LEHRENDE, STUDIERENDE UND MITARBEITENDE PROFITIEREN UNTERSCHIEDLICH

Ein TAP bietet Lehrenden, Studierenden und Mitarbeitenden aus dem Third Space die Möglichkeit, das Lehren und Lernen in einer konkreten Lehrveranstaltung gemeinsam zu analysieren, zu reflektieren und auf der Basis der Gesprächsergebnisse zu verbessern. Die drei Gruppen profitieren vom TAP-Prozess auf unterschiedliche Weise.

Die Studierenden erleben sich in einem TAP als Expert:innen für den eigenen Lernprozess. Sie setzen sich in der Regel in den moderierten Gesprächen mit den Mitarbeitenden des Third Space und in der Kleingruppenarbeit sehr konstruktiv mit dem eigenen Lernverhalten auseinander und sind auch bereit, über eigene Schwächen und Versäumnisse zu reflektieren. Ihnen gelingt es sehr gut, die für sie persönlich lernförderlichen Aspekte der konkreten Lehrveranstaltung zu identifizieren. Sie analysieren die bereitgestellten Lernmaterialien und Lehrmethoden sachorientiert und objektiv und identifizieren die lernhinderlichen Aspekte für die sie nach praxisnahen und an ihre Bedürfnisse angepassten Lösungsmöglichkeiten suchen.

Die Lehrenden haben im Feedbackgespräch mit der TAP-Moderation erfahren, welche Lernhindernisse ihre Studierenden wahrnehmen und wo sie die Ursachen dafür sehen. Diese Rückmeldungen der Studierenden sind wertvoll, um zu erkennen, ob die eingesetzten Lehrmethoden den studentischen Lernprozess in der beabsichtigten Weise unterstützen. Ergebnisse einer Lehrendenbefragung zum Einsatz von TAP und den damit gemachten Erfahrungen schildern Brust et al. (2023, S. 174-176). In dem abschließenden Gespräch mit den Studierenden können die Lehrenden ihre didaktischen und methodischen Ansätze transparent machen und kommunizieren,

warum sie bestimmte Methoden einsetzen. Auf dieser Basis können sie gemeinsam mit den Studierenden noch im laufenden Semester an Verbesserungen arbeiten.

Die Mitarbeitenden des Third Space erhalten bei einem TAP Einblicke in konkrete Einsatzszenarien für aktivierende und partizipative Lehr-Lernmethoden und deren Akzeptanz durch die Studierenden. Sie können die Wirksamkeit der eingesetzten Methoden in unterschiedlichen Studiengängen, Lehrveranstaltungsformaten oder Gruppengrößen beobachten. Diese in den TAPs gewonnenen Einsichten sind sehr wertvoll für die hochschuldidaktische Beratungstätigkeit und die Konzeption von Weiterbildungsangeboten. Eine ausführliche Beschreibung der Methode und eine Darstellung der Aufgaben und der Rolle der TAP-Moderation findet sich bei Franz-Özdemir et al. (2019).

3. ERFAHRUNGEN MIT TAP IN MINT-LEHRVERANSTALTUNGEN

An der UOL werden TAPs zusätzlich zur quantitativen Lehrvaluation angeboten. Die Moderationsteams setzen sich aus Mitarbeitenden der Arbeitsbereiche Hochschuldidaktik und Interne Evaluation zusammen. Die Durchführung eines klassischen TAPs ist in Präsenzlehrveranstaltungen, synchronen Online- und hybriden Veranstaltungen mit bis zu 30 Teilnehmenden möglich. Das TAP wird in einer regulären Seminarsitzung oder zu einem Vorlesungstermin durchgeführt. Die Lehrperson verlässt dazu den Veranstaltungsraum. Für große Lehrveranstaltung besteht an der UOL die Möglichkeit, ein sogenanntes bigTAP durchzuführen. Hier wird der Durchführung in der Lehrveranstaltung eine Online-Befragung der Studierenden vorgeschaltet (siehe dazu Franz-Özdemir et al., 2019, S. 23-24).

Da die Lehrenden sich an der UOL aktiv und freiwillig für die Durchführung eines TAPs in einer ihrer Lehrveranstaltungen entscheiden, besteht grundsätzlich eine Bereitschaft, das eigene Lehrverhalten zu reflektieren. Häufig melden sich Lehrende, die in ihrer Lehrveranstaltung erstmalig aktivierende und partizipative Methoden einsetzen und nun noch während des laufenden Semesters herausfinden möchten, ob und wie ihre Studierenden von der Methode und den eingesetzten Materialien profitieren. Ein TAP stellt einen geschützten Raum dar, in dem Lehrende und Studierende in einem Austausch auf Augenhöhe an der Verbesserung einer konkreten Lehrveranstaltung arbeiten. Die Ergebnisse werden nicht veröffentlicht und von der TAP-Moderation gegenüber Lehrenden und Studierenden vertraulich behandelt. Aus diesem Grund ist es nicht möglich, über ein einzelnes TAP aus einer konkreten Lehrveranstaltung zu berichten.

Die hier vorgestellten Erfahrungen stammen aus Lehrveranstaltungen, die im Hinblick auf die in den TAPs gemachten Beobachtungen und den daraus abgeleiteten Handlungsempfehlungen starke Gemeinsamkeiten aufweisen. Es handelte sich um Grundlagenlehrveranstaltungen aus dem MINT-Bereich als Nebenfach (z. B. Mathematik, Statistik o. ä.), sowohl in MINT-Studiengängen als auch in Studiengängen, die nicht zum MINT-Spektrum gehören. Mit der didaktisch-methodischen Umstellung reagierten die Lehrenden auf Probleme wie die heterogenen Fachkenntnisse der Studierenden oder eine zunehmende Tendenz, die Prüfungsleistung aufzuschieben. Zum Teil wurden auch Ergebnisse der quantitativen Lehrvaluationen vorhergehender Semester einbezogen. Die durch die TAPs evaluierten Lehrveranstaltungen wurden als Inverted Classroom gestaltet. Es fanden keine klassischen Vorlesungen mehr statt. Stattdessen erfolgte die Wissensvermittlung z. B. über Lernvideos. Die Kontaktzeit in den Präsenzveranstaltungen wurde zur Besprechung von Beispielen und Problemen sowie zur Arbeit

an Übungsaufgaben genutzt. Diese Präsenzphasen waren als Übungsgruppen mit weniger als 30 Studierenden organisiert. Die TAPs fanden jeweils in einer dieser Übungsgruppen statt. Ein bigTAP wurde nicht eingesetzt.

In den TAP-Sitzungen mit den Studierenden ergaben sich sowohl in der Bewertung der lernförderlichen wie der lernhinderlichen Aspekte und bei den Verbesserungsvorschlägen ähnliche Ergebnisse. Die Studierenden befürworteten mit großer Mehrheit den Einsatz aktivierender und partizipativer Lehr-Lernmethoden. Große Wertschätzung erhielten auch das Bemühen der Lehrenden um eine lernförderliche Atmosphäre und die Qualität des für die asynchronen Selbstlernphasen bereitgestellten Materials. Außerdem fiel eine hohe Bereitschaft der Studierenden auf, den eigenen Lernprozess kritisch zu reflektieren.

Gleichzeitig äußerten nicht wenige Studierende Sorgen über die eigenen unzureichenden fachlichen Vorkenntnisse in dem subjektiv als schwer empfundenen Nebenfach und die Befürchtung, die Prüfung am Ende des Semesters nicht zu bestehen. Unter diesen Voraussetzungen löste die neue und ungewöhnliche Lehr-Lernmethode zusätzlich Verunsicherung aus. Konkret wurden die folgenden lernhinderlichen Aspekte genannt:

- Die Studierenden empfanden es als herausfordernd, den Lernprozess in den Selbstlernphasen eigenverantwortlich zu gestalten, z. B. das Zeitmanagement oder die Lernmotivation.
- Sie fühlten sich mit dem Umfang des angebotenen Materials überfordert und gaben an, deshalb in den Präsenzphasen unzureichend vorbereitet zu sein.
- Sie äußerten Unsicherheiten in der Beurteilung des eigenen Lernfortschritts.

Bei der Frage nach den Verbesserungsmöglichkeiten wurden folgende Wünsche geäußert:

- eine klarere Struktur und Zeitplanung für die Selbstlernphasen,
- eine stärkere Transparenz im Hinblick darauf, welche Inhalte prüfungsrelevant sind,
- eine gemeinsame Ergebnissicherung am Ende jeder Lerneinheit (auch hier war der Prüfungsbezug wichtig).

Im Feedbackgespräch mit der TAP-Moderation schilderten die Lehrenden ihre Beobachtungen des studentischen Lernverhaltens derart, dass viele Studierende in den asynchronen Selbstlernphasen die vorgesehenen Inhalte nicht oder unvollständig bearbeiteten, entsprechend nicht auf die Präsenzphasen vorbereitet waren und nicht sinnvoll mitarbeiten konnten. Diese Beobachtung deckt sich mit der Beschreibung der Studierenden zu den Lernhindernissen. Hier wurde den Lehrenden die Kombination ihres Inverted Classroom mit der Methode Just in Time Teaching (JiTT) empfohlen, um eine bessere zeitliche und inhaltliche Verzahnung der asynchronen Selbstlernphasen mit den Präsenzphasen zu erreichen (siehe dazu z. B. Kautz, 2016, S.24–26). Außerdem können mit dieser Methode Lernschwierigkeiten zeitnah identifiziert und in den Präsenzphasen adressiert werden. Zusätzlich wurde die Methode Peer Instruction für den Einsatz in den Präsenzveranstaltungen vorgeschlagen, um das qualitative Verständnis zu fördern und Fehlvorstellungen zu überwinden (Kautz, 2016, S.17–24). Mit Just in Time Teaching und Peer Instruction wurden zwei Lehr-Lern-Methoden empfohlen, deren Wirksamkeit in der MINT-Lehre nachgewiesen ist (Kautz, 2016, Mazur, 2017).

Alle Lehrenden beschrieben übereinstimmend, die Leistungsanforderungen zu Beginn des Semesters transparent kommuniziert zu haben. Vermutlich spielen die Sorgen vieler Studierender um mangelnde Fachkenntnisse und die Angst vor der

Prüfung bei den geäußerten Unsicherheiten in Bezug auf die Prüfungsleistung eine große Rolle. Diese Sorgen waren den meisten Lehrenden nicht in vollem Umfang bewusst. Das anschließende Gespräch mit der Studierendengruppe nutzten die Lehrenden daher, um ihre didaktischen und methodischen Konzepte klarer zu kommunizieren.

4. FAZIT

Die Umstellung einer Lehrveranstaltung von einem klassischen Konzept mit Vorlesung und Übung auf den Einsatz aktivierender und partizipativer Methoden verläuft nicht immer ohne Reibungsverluste. Gerade wenn Studierende die Arbeit mit solchen Methoden noch nicht gewohnt sind, ergeben sich viele Unsicherheiten. Ein TAP ist ein wertvolles Instrument, mit dessen Hilfe Lehrende und Studierende den Lehr- und Lernprozess in einer konkreten Lehrveranstaltung im Hinblick auf ihr Lehrhandeln bzw. ihr Lernverhalten kritisch reflektieren können. Die durch die TAP-Moderation begleiteten ersten beiden Gesprächssequenzen ermöglichen Lehrenden und Studierenden einen Perspektivwechsel. Im abschließenden Austausch auf Augenhöhe erfahren sie gegenseitige Wertschätzung. Auf dieser Basis können konkrete Lernhindernisse ausfindig gemacht und überwunden werden. Dabei können Hochschuldidaktiker:innen beratend unterstützen. Die Hochschuldidaktiker:innen selbst profitieren von den TAPs, denn sie können die Wirkung hochschuldidaktischer Methoden in der Praxis beobachten und diese wertvollen Erfahrungen für ihre Arbeit in der Weiterbildung und Beratung nutzen.

Literatur

Brust, L., Eisenberg, M., Kähler, K., Kanzinger, A., Klages, B., Schumann, M., Schwerin, K. & Timmann, A. (2023). Teaching Analysis Poll-Verfahren in Deutschland und transformatives Lernen: eine Annäherung. *Das Hochschulwesen*, 71(5+6), 172-178

Frank, A., Fröhlich, M. & Lahm, S. (2011). Zwischenauswertung im Semester: Lehrveranstaltungen gemeinsam verändern. *Zeitschrift für Hochschulentwicklung*, 6(3), 310-318. <https://doi.org/10.3217/zfhe-6-03/25>

Franz-Özdemir, M., Reimann, J. & Wessel, K. (2019). Teaching Analysis Poll (TAP) – Konzept und Umsetzung einer aktuellen Methode an der Schnittstelle von Evaluation und Lehrentwicklung. In B. Berendt, A. Fleischmann, G. Salmhoff, N. Schaper, B. Szczyrby, M. Wiemer & K. Wildt (Hrsg.), *Neues Handbuch Hochschullehre* (I 1.17, S. 37-64). Franz Steiner Verlag

Kautz, C. (2016). Wissenskonstruktion: durch aktivierende Lehre nachhaltiges Verständnis in MINT-Fächern fördern. (Schriften zur Didaktik in den Ingenieurwissenschaften Nr. 4.) <https://doi.org/10.15480/882.1388>

Mazur, E. (2017). *Peer Instruction - Interaktive Lehre praktisch umgesetzt*. Springer Spektrum. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-54377-1>

Angaben zur Autorin

Beate Curdes

Studium der Physik (Diplom) in Aachen und Oldenburg, Lehramtsstudium Mathematik und Physik, Promotion in Mathematikdidaktik mit Genderbezug; von 2005 bis 2016 Gast- und Vertretungsprofessorin an der Jade Hochschule in Wilhelmshaven; von 2017 bis 2021 Professorin für Didaktik der Naturwissenschaften am Institut für Studienerfolg und Didaktik (ISD) der Hochschule Bochum; seit 2022 Referentin für Gender und Diversity in der Hochschuldidaktik im Referat Studium und Lehre der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg.

BRIDGING THE GAPS FOR GEN Z: WORAUF ES IM STUDIENGANG SYSTEMS ENGINEERING WIRKLICH ANKOMMT

Katharina Bucher, Thomas Kirchmeier, Constantin Wanninger, Felix Reich, Martin Schwer
Technische Hochschule Augsburg

ZUSAMMENFASSUNG

Die Generation Z stellt MINT-Studiengänge vor neue Herausforderungen. Die Hochschullehre muss sich der Lern- und Lebenswelt anpassen, um Studierende auf komplexe Berufsfelder vorzubereiten und dem Fachkräftemangel zu begegnen. Digital Natives erwarten eine flexible, technologiegestützte Ausbildung. Anhand von Charakteristika der Gen Z werden lernförderliche Implikationen abgeleitet und die Gestaltung des Bachelorstudiengangs Systems Engineering dargestellt. Zentrale Elemente sind personalisierte Lernwege, Multimedialität, Community-Building und Feedback. Durch hybride Lehre wird eine Balance zwischen orts- und zeitunabhängigen Learning on demand und individuellem Coaching geschaffen. Interdisziplinarität, ein hoher Praxisbezug, projektbasiertes Lernen und damit verbundene Selbstwirksamkeitserfahrungen fördern die persönliche Kompetenzentwicklung. Der Beitrag gibt praktische Anhaltspunkte für die Entwicklung und Anpassung der Hochschullehre und greift Herausforderungen auf.

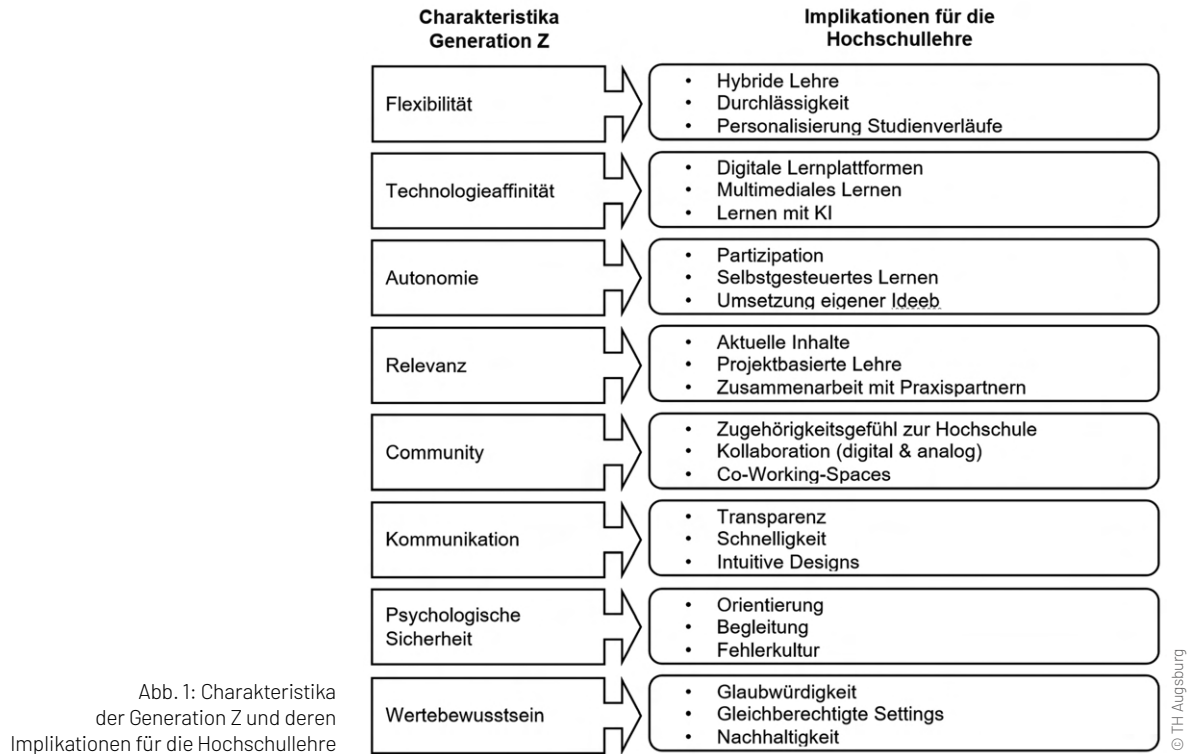
Keywords: Generation Z, Systems Engineering, Flipped Classroom, Gamification, Project-based Learning

1. EINLEITUNG

Die heutigen Studierenden, geboren zwischen 1995 und 2010, sind überwiegend der Generation Z zugeordnet. Generationszuordnungen markieren dabei keine festen Determinanten individueller Eigenschaften (Rudolph et al., 2021), sondern spiegeln kollektive Erfahrungen und gesellschaftliche Rahmenbedingungen wider, die das Lernen und Lehren in Hochschulkontexten beeinflussen (Mohr et al., 2017). In der hochschuldidaktischen Diskussion wird zunehmend die Frage aufgeworfen, wie Lehrformate an veränderte Lernpräferenzen angepasst werden können, ohne dabei pädagogische Grundprinzipien aus dem Blick zu verlieren. Insbesondere im MINT-Bereich, der Schlüssel für Innovation und wirtschaftliche Entwicklung ist, gilt es, die Lehre zukunftsorientiert aufzusetzen, so dass sie einerseits der Lebensrealität einer digital geprägten Studierendengeneration Rechnung trägt, und gleichzeitig bewährte didaktische Prinzipien beibehält. Hochschulen sind keine reinen Serviceeinrichtungen zur Erfüllung studentischer Erwartungen, sondern Bildungsräume, die ihr Wirken generationsübergreifend auf das Ziel ausrichten, Hochschullehre lernwirksam zu organisieren.

Am Beispiel des Studiengangs Systems Engineering¹ wird konkretisiert, wie die Berücksichtigung generationstypischer

¹ Beim Bachelor Systems Engineering (B.Eng.) handelt es sich um ein Verbundprojekt der Technischen Hochschule Augsburg, der Hochschule Kempten und der Hochschule Neu-Ulm. Systems Engineering fokussiert eine interdisziplinäre Ingenieurausbildung zur Befähigung der systematischen Entwicklung von Produkten, Dienstleistungen und automatisierten Produktionsanlagen.



Merkmale – etwa der Wunsch nach Flexibilität und digitaler Lehre – mit didaktischer Klarheit, fachlicher Tiefe und strukturiertem Kompetenzaufbau verbunden werden kann. Ziel ist es, einen Beitrag zur Weiterentwicklung klassischer Hochschullehre zu leisten, der nicht auf Anpassung allein setzt, sondern auf eine differenzierte Integration relevanter Tendenzen.

2. CHARAKTERISTIKA DER GENERATION Z UND IMPLIKATIONEN FÜR DIE HOCHSCHULLEHRE

Basierend auf den Arbeiten von Anders Parment (2023), Klaus Hurrelmann und Erik Albrecht (2021) und den Shell Jugendstudien (2019, 2024) werden acht Charakteristika der Gen Z beschrieben und Implikationen für die Hochschullehre abgeleitet (Abb. 1).

Flexibilität: Die Gen Z legt in Arbeitskontexten großen Wert auf individuelle Zeiteinteilung und meidet örtliche Festlegungspflichten. Sie strebt eine Balance zwischen Arbeit und Freizeit

an, die gleichermaßen auf Bildungsformate übertragbar ist. Hybride Lehre, eine Kombination aus Online- und Präsenzveranstaltungen, werden bevorzugt. Zudem besteht Interesse an individualisierten Studienwegen und Wahlmöglichkeiten bei Kursen, die persönlichen Präferenzen Rechnung tragen (Pollnow et al., 2021).

Technologieaffinität: Als erste Generation, die vollständig mit Internet und Smartphones aufgewachsen ist, zeichnet sich die Gen Z durch eine ausgeprägte Technologieaffinität aus. Die ständige Konnektivität durch Messenger-Dienste, SocialMedia, E-Commerce sowie der Konsum von Audio und Video „on Demand“ über Streaming-Dienste und digitale Plattformen gehören zum Alltag. Auch Gaming spielt eine bedeutende Rolle im Freizeitverhalten. Willmers et al. (2023) zeigen, dass im Hinblick auf die Informationsverarbeitung eine Verkürzung der Aufmerksamkeitsspanne und eine höhere Selektivität zu beobachten ist. Diese Veränderung fordert traditionelle Lehrmethoden heraus, so dass Lerninhalte zunehmend in kompakter und visuell ansprechender Form bereitgestellt werden. Die Integration von interaktiven Elementen, Simulationen und Videos trägt dazu bei, dass Studierende besser in ihrer Lebenswirklichkeit erreicht werden (Princes et al., 2024). Eine didaktische Reduktion komplexer Inhalte auf wesentliche Kernaspekte sowie die Anwendung von Gamification-Strategien können ebenfalls unterstützen (Hauge et al., 2020).

Autonomie: Der Wunsch nach Mitbestimmung ist ein zentrales Merkmal der Gen Z (Pollnow et al., 2021). Der Autonomieanforderung kann im Bildungskontext in der selektiven Priorisierung von relevant und motivierend empfundenen Inhalten begegnet werden. Bevorzugt sind Lernumgebungen zu schaffen, die den Studierenden Freiräume für individuelle Entscheidungen geben und ihre Selbstwirksamkeit in eigenverantwortlich gesteuerten Prozessen unterstützen. Hochschulen sollten Methoden

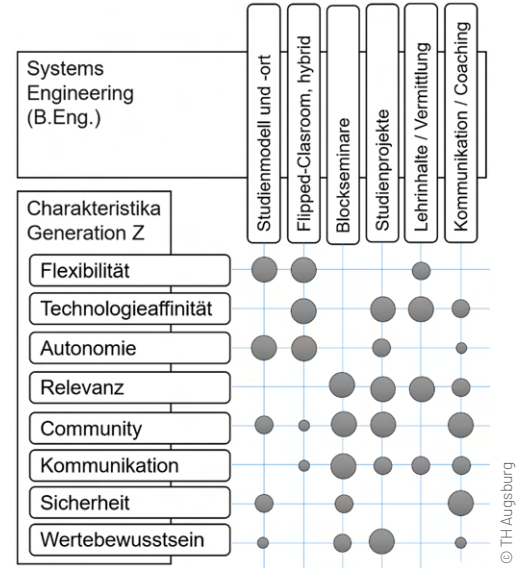
der aktiven Partizipation erproben. Zudem fördern projektbasierte Lehrmethoden eigenständiges Arbeiten (Mohr et al, 2017).

Relevanz: Berufliche Perspektiven sind für die Generation Z bedeutsam. Sie bevorzugen anwendungsnahe Bildungsinhalte. Theorie wird dann als relevant erachtet, wenn sie in einen praktischen Kontext eingebettet ist (Mohr et al, 2017). Hochschulen müssen sicherstellen, dass die Lehre aktuell ist und sich an den Anforderungen der Arbeitswelt orientiert. Fallstudien, Projektarbeiten und Kooperationen mit Praxispartnern sollten verstärkt in die Curricula integriert werden. Darüber hinaus gewinnt die Netzbildung innerhalb und außerhalb der Hochschule an Bedeutung, da Studierende Kontakte knüpfen und ihre Karrierewege planen.

Community-Bedürfnis: Soziale Vernetzung und die Zusammenarbeit mit Gleichgesinnten spielen eine zentrale Rolle. Digitale Plattformen und soziale Medien dienen nicht nur der privaten Interaktion, sondern auch dem Wissensaustausch und der gemeinschaftlichen Problemlösung. Teamarbeit wird als wichtiger Faktor in der Bildungs- und Arbeitswelt angesehen (Rue, 2018). Hochschulen sollten daher Räume für kollaboratives Arbeiten schaffen, sowohl in physischer als auch in digitaler Form. Interaktive Lehrmethoden wie Gruppenarbeiten, Peer-Learning und hybride Co-Working-Spaces können den sozialen Austausch fördern.

Kommunikation: Die Gen Z bevorzugt digitale Kanäle und direkte Kommunikation. Ein weiterer Aspekt ist die Feedback-Kultur: Rückmeldungen werden als essenziell für die persönliche Weiterentwicklung betrachtet. Gleichzeitig zeigt sich eine geringere Loyalität gegenüber traditionellen Institutionen und Unternehmen, wenn diese den Ansprüchen an Offenheit und Entwicklungsmöglichkeiten nicht entsprechen. Hochschulen stehen hier vor der Herausforderung, mit der Erwartung an

Abb. 2: Überlagerung der Merkmale des Studiengangs Systems Engineering auf die Charakteristika der Generation Z.



sofortige Verfügbarkeit und schnelle Reaktionszeiten Schritt zu halten. Eine gut organisierte, digitale Studienverwaltung mit intuitiv zugänglicher Informationsbereitstellung ist essenziell (List et al., 2023). Eine Kultur der kontinuierlichen, konstruktiven Leistungsrückmeldung sollte ebenfalls in die Lehre integriert werden.

Psychologische Sicherheit: Die Gen Z wird stark von Unsicherheiten und Krisenmeldungen geprägt, was zu einem Bedürfnis nach Orientierung und Stabilität führt. So erwartet die Gen Z klare Perspektiven und Planbarkeit. Leistungsdruck und digitale Präsenz führen teilweise zu psychischen Belastungen. Hochschulen sollten deshalb ein unterstützendes Umfeld schaffen. Transparente Erwartungshaltungen, Wertschätzung, konstruktive Fehlerkultur und persönliche Betreuung und Beratungsangebote können dazu beitragen, die psychologische Sicherheit der Studierenden zu stärken (Rue, 2018).

Wertebewusstsein: Die Generation Z ist stark sensibilisiert für Themen wie soziale Gerechtigkeit, Diversität und Nachhaltigkeit (Willmers et al., 2023). Hochschulen sollten diese Themen daher nicht nur in ihre Curricula integrieren, sondern auch in ihrer institutionellen Praxis glaubwürdig vertreten. Die Schaffung einer inklusiven Lernumgebung, die Diversität wertschätzt und aktiv fördert, ist ein entscheidender Faktor für die Attraktivität von Bildungseinrichtungen. Die Vermittlung ethischer und gesellschaftsrelevanter Inhalte kann nicht nur die akademische Qualifikation der Studierenden bereichern, sondern sie auch dazu befähigen, als verantwortungsbewusste Akteure in der Gesellschaft zu agieren (Rue, 2018).

3. UMSETZUNG DER ANFORDERUNGEN IM STUDIENGANG SYSTEMS ENGINEERING

Der Bachelor Systems Engineering versucht die abgeleiteten Anforderungen der Generation Z zielgerichtet im Sinne der Lernförderlichkeit aufzugreifen. Abbildung 2 zeigt, welche Gestaltungselemente zur Erfüllung welcher Bedarfe einen Beitrag leisten wie nachfolgend kurz beschrieben.

Studienmodelle & Standortwahl

Konzipiert als Teilzeitstudiengang wird eine berufsbegleitende, regionale Ingenieursausbildung ermöglicht. Dies adressiert neben Abiturienten vor allem Fachkräfte mit Berufserfahrung. Um während des Studiums eine hohe Integration im Unternehmen zu gewährleisten, wurde ein starrer, fast überlappungsfreier Modulplan bestimmt. Dieser sieht eine feste Studienzeit von zwei Tagen pro Woche vor und stellt drei Werktage für die Tätigkeit im Unternehmen frei. Aufgrund des Modulplans lassen

Abb. 3: Darstellung Studienverlaufspläne für das erste Semester.

		Module im 1. Semester	Vorlesungstage	ECTS
	Teilzeit	Informatik 1 Projekt 1 Mathe 1 Physik Tutorium	Donnerstag Freitag	20 CP
	Vollzeit	Werkstoffe Mechanik	Montag Dienstag	+ 10 CP
Intensiv		Konstruktion Projekt 3	Montag	+ 10 CP

© TH Augsburg

sich weitere Studienverläufe flexibel anbieten (Abb. 3). In Vollzeit besuchen die Studierenden zwei weitere Module an einem dritten Tag der Woche. In der Intensivvariante belegen die Studierenden bis zu 8 Module pro Semester an vier Tagen.

Die Modelle sind an die jeweilige Lebenssituation der Studierenden anpassbar und bieten neben einem hohen Autonomiegrad bezüglich Arbeitsumfang und Wohnort auch die Sicherheit weiterhin ihrem Freundeskreis, Vereinen und ihrer privaten Community treu zu bleiben. Denn neben der Zeitkomponente besteht im Studiengang auch die räumliche Wahl zwischen fünf Standorten (Memmingen, Leipheim, Nördlingen, Augsburg, Landsberg am Lech). Auch, wenn der hohe Grad an Online-Lehre einem regionalen Lehrangebot zunächst zu widersprechen scheint, so bilden regionale Hochschulzentren einen wichtigen Bezugspunkt für sozialen Austausch und gemeinsames Lernen.

Flipped Classroom

Zur Realisierung der Flexibilitätserfordernisse ist in der Studien- und Prüfungsordnung das Flipped Classroom-Prinzip für

alle Lernmodule verbindlich verankert. Nach Al-Samarraie et al. (2020) wird dadurch die Lerneffizienz gesteigert. Anstelle verpflichtender Präsenzvorlesungen werden Lehrvideos und variantenreiche Transferaufgaben auf der Lernplattform Moodle bereitgestellt, welche die Studierenden eigenverantwortlich bearbeiten. Bis zu 50% der Inhalte werden asynchron gelernt. Die Besprechung der Übungsaufgaben erfolgt synchron mit den Dozierenden in einem hybriden Setting. Studierende haben die Wahl vor Ort oder online teilzunehmen. Dadurch können die Übungsstunden von vier Modulen pro Semester an einem Tag abgehalten werden. Der zweite Studientag steht zum Selbststudium und zur Vorbereitung der nächsten Übungen zur Verfügung. Studierende können im Semester bis auf wenige Ausnahmen (Prüfungen, Präsenzworkshops, Exkursionen) autonom entscheiden, wann, wo und wie sie lernen.

Blockseminare

Damit die virtuelle Zusammenarbeit zwischen den extramuralen Standorten gelingt, werden mehrtägig verpflichtende Blockseminare jeweils zu Semesterbeginn abgehalten und die Relevanz von Peer Learning erlebbar gemacht. Die Studierenden

lernen kohortenübergreifend Kommilitonen kennen. Der Fokus der Workshops liegt in der Vermittlung von Selbst-, Sozial- und Methodenkompetenzen (u. a. Präsentation, Konfliktfähigkeit, Projektmanagement). Durch praktische Übungen in Präsenz wird das Gemeinschaftsgefühl gestärkt und die Bildung von Lerngruppen unterstützt.

Semesterbegleitende Studienprojekte

Acht curricular verankerte Studienprojekte erfüllen mehrere Bedarfe gleichzeitig. Das didaktische Ziel liegt im direkten Transfer von jeweils drei theoretischen Lehrmodulen in eine realitätsnahe Aufgabenstellung, die je Semester thematisch variiert, Fragestellungen aus Unternehmen aufgreift und damit von den Studierenden als sehr relevant eingestuft wird. Die Aufgabe ist stets interdisziplinär gestaltet, damit sich Studierende konzeptionell im Rahmen definierter Budgets entfalten, Selbstwirksamkeitserfahrungen sammeln und den Projektfortschritt autonom gestalten. Dazu stehen nach erfolgter Sicherheitsunterweisung Labore und Werkstätten 24/7 zur Verfügung. Die eingesetzten Methoden sind technologieorientiert und Fragen der Nachhaltigkeit integriert (z. B. Energieerzeugung, Indoor-Farming) oder Bildung (Entwicklung von MINT-Lehrkoffern). Neben einem höheren Engagement und kreativer Problemlösung steigert der Projekterfolg auch das Selbstvertrauen der Studierenden (Evendy et al., 2023).

Lehrinhalte

Eine ständige Aktualisierung der Studien- und Prüfungsordnung gewährleistet die Relevanz der Inhalte, bspw. werden neue Schwerpunkte im Bereich der mobilen Robotik angeboten. Zudem wird nachhaltiges Lernen anstelle der kurzfristigen Reproduktion von Faktenwissen gefördert. Vor dem Hintergrund der verbreiteten Problematik eines rein auf

Prüfungen fokussierten Lernverhaltens – oft beschrieben als „Bulimie-Lernen“ – wird gezielt auf didaktische Gegenstrategien gesetzt. Dazu gehören der Einsatz von Gamification-Elementen, etwa eine virtuelle Spielumgebung mit versteckten Hilfen zur Prüfungsvorbereitung im Modul Secure Industrial Systems, sowie über eine eigens konfiguriertes Bonussysteme mittels einer GitLab-Cl, das via umfangreicher Unittests kontinuierliches Engagement während des Semesters belohnt. Auch werden innovative Prüfungsformate mit KI, Portfolioansätze, sowie der kontrollierte Einsatz von Cheat Sheets erprobt, um Konzeptverständnis und Problemlösefähigkeiten zu bewerten. Diese Maßnahmen zielen auf eine höhere kognitive Aktivierung und eine hohe Übertragbarkeit der Kompetenzen in die Berufspraxis ab.

Kommunikation & Coaching

Um den Bedarfen nach unmittelbarer Kommunikation gerecht zu werden, wurde ein studiengangseigener, DSGVO-konformer Messengerdienst aufgesetzt. Dieser wird additiv zu Moodle und der Campus App (List et al., 2023) eingesetzt und ermöglicht neben Information (z. B. Termine) informellen Austausch und kurze Antwortzeiten. Auch wird im Studiengang überwiegend ein „kollegiales Du“ gepflegt. Dozierende machen die Erfahrung, dass sich die Hemmschwelle für Fragen dadurch reduziert und zielgerichtete Interaktionen in der Projektbetreuung sowie verhaltensbezogenes Feedback auf Augenhöhe gelingt. Dies wird von den Studierenden als unterstützend wahrgenommen und hilft psychologische Sicherheit aufzubauen. Die Anrede ist jedoch nicht entscheidend. Coaching ergibt sich viel mehr aus der gemeinsam verbrachten Zeit, in Präsenz und online, und dem Rollenverständnis der Lehrenden.

4. FAZIT

Die didaktisch nachhaltige Weiterentwicklung der Hochschullehre ist ein bidirektionaler Prozess, der studentische Erwartungen immer unter der Prämisse der Lernförderlichkeit aufgreift und ausbalanciert. Flexible Anpassungen und das Selbstverständnis einer lernenden Institution sind unerlässlich. Die Konkurrenz durch Privatanbieter nimmt zu, was den Wettbewerb um Studierende verschärft. Zu den Limitationen dieses Beitrags gehört, dass eine systematische Wirkungsmessung fehlt. Die Effektivität der Maßnahmen und ihr interdependentes Zusammenspiel wurden noch nicht evidenzbasiert untersucht. Evaluationen und Rückmeldungen der Studierenden fungieren als erste Indikatoren. Mit der Generation Alpha rücken bereits nächste Anforderungen in den Fokus. Hochschulen müssen frühzeitig Erwartungen antizipieren und pädagogisch zielgerichtete Konzepte entwickeln.

Literatur

Al-Samarraie, H., Shamsuddin, A. & Alzahrani, A. I. (2020). A flipped classroom model in higher education: A review of the evidence across disciplines. *Educational Technology Research and Development*, 68(3), 1017-1051. <https://doi.org/10.1007/s11423-019-09718-8>

Albert, M., Quenzel, G. & de Moll, F. (2024). *Jugend 2024*. 19. Shell Jugendstudie. Beltz.

Albert, M., Quenzel, G. & Hurrelmann, K. (2019). *Jugend 2019*. 18. Shell Jugendstudie. Beltz.

Hauge, J. B., Söbke, H., Bröker, T., Lim, T., Luccini, A. M., Kornevs, M. & Meijer, S. (2021). Current Competencies of Game Facilitators and Their Potential Optimization in Higher Education: Multimethod Study. *JMIR Serious Games*, 9(2), e25481. <https://doi.org/10.2196/25481>

Evenddy, S., Sutrisno, Nurhaeda, G. & Syafrizal, S. (2023). Exploring the Benefits and Challenges of Project-Based Learning in Higher Education. *PPSDP International Journal of Education*, 458-469. <https://doi.org/10.59175/pjied.v2i2.148>

Hurrelmann, K. & Albrecht, E. (2021). *Gen Z- Between Climate Crisis and Coronavirus Pandemic*. Routledge.

List, C., Wagner, L., Fasel, B., Neubert, D., Prochaska, A. & Kipp, M. (2023). Next-Level Lernen und Lehren: Die Campus-App der TH Augsburg. Tagungsband MINT Symposium 2023: MINT-Lehre gemeinsam gestalten – Lehre erforschen, Wissen teilen, 255-264. BayZiel

Mohr, K. & Mohr, E. (2017). Understanding Generation Z Students to Promote a Contemporary Learning Environment. *Journal on Empowering Teaching Excellence*, 1(1). <https://doi.org/10.15142/T3M05T>

Parment, A. (2023). *Die Generation Z - Die Hoffnungsträgergeneration in der neuen Arbeitswelt*. SpringerGabler. https://doi.org/10.1007/978-3-658-42682-8_5

Pollnow, J., Fillinger, F., Flindt, N. & Rietz, C. (2023). Arbeitswelt 4.0, Diversität und Generation Z: Die „Personalisierte Ausbildung“ als Orientierungsrahmen für Akteure der betrieblichen Ausbildungspraxis auf dem Weg zu einer zukunfts- und diversitätsorientierten Berufsausbildung. *bwp@ Berufs- und Wirtschaftspädagogik – online*, 45, 1-26. https://www.bwpat.de/ausgabe45/pollnow_etal_bwpat45.pdf

Princes, E., Soeryanto, N. & Romprasert, S. (2024). Exploring Gen-Z Learning Preferences: A comparative Study of Traditional, Online, and Blended Learning Models. *Journal of Multidisciplinary Issues*, 4(1), 30-47. <https://jmis.site/index.php/JMIS/article/view/65/49>

Rue, P. (2018). Make Way, Millennials, Here Comes Gen Z. *About Campus*, 23(3), 5-12. <https://doi.org/10.1177/1086482218804251>

Rudolph, C. W., Rauvola, R. S., Costanza, D. P. & Zacher, H. (2021). Generations and generational differences: debunking myths in organizational science and practice and paving new paths forward. *Journal of Business Psychology*, 36(6), 945-967. <https://doi.org/10.1007/s10869-020-09715-2>

Wilmers, A., Achenbach, M. & Keller, C. (2023). Bildung im digitalen Wandel. Die Bedeutung digitaler Medien für soziales Lernen und Teilhabe. Waxmann. <https://doi.org/10.25656/01:29155>

Angaben zur Autorin und zu den Autoren

Katharina Bucher

Leitung Campus Nördlingen der TH Augsburg, zuvor Gründungsberaterin an der Hochschule Ansbach

Thomas Kirchmeier

Studiengangleitung Bachelor Systems Engineering, Professor an der Fakultät Informatik an der TH Augsburg mit Schwerpunkt hardwarenahe Programmierung

Felix Reich

Student Bachelor Systems Engineering, Tutor an der Fakultät Informatik

Martin Schwer

Student Bachelor Systems Engineering, Tutor an der Fakultät Informatik

Constantin Wanninger

Wissenschaftliche Leitung Projekt Digital und Regional, Professor an der Fakultät Informatik an der TH Augsburg mit Schwerpunkt mobile Robotik

SZENARIEN ZUR NUTZUNG VON SCREENCASTS IN DER LEHRE UND IM SELBSTBESTIMMTEN LERNEN – BEISPIEL GIS

Michael Rudner
Hochschule Weihenstephan-Triesdorf

ZUSAMMENFASSUNG

An der HSWT wird seit einiger Zeit im Kreis der GIS (Geo-Informationssystem) -Dozierenden aller Fakultäten diskutiert, wie Lehrmaterialien gemeinsam genutzt werden können. Mit der anstehenden Überarbeitung der Screencasts für GIS-Übungen im Studienschwerpunkt Umwelt- und Naturschutzplanung, wurde das Konzept überdacht und unter Berücksichtigung mediendidaktischer Erkenntnisse eine Reihe kürzerer Screencast für einzelne Aufgaben, statt für gesamte Übungen entwickelt. Diese Lernmaterialien werden neben einer Flipped Classroom-Übung auch in anderen Lehrveranstaltungen und für selbstbestimmtes Lernen eingesetzt. Hier werden fünf verschiedene Szenarien, die sich nach Art der Einbindung und der Zielgruppe unterscheiden, vorgestellt und kritisch beleuchtet. Es zeigt sich, dass eine gute Einbindung in den Kontext der Lehrveranstaltung wesentlich ist für die erfolgreiche Nutzung. Wesentlich ist es, die Motivation für erfolgreiches Selbstlernen durch begleitende Formate zu stärken.

Keywords: screencast, moodle, GIS, flipped classroom

1. EINLEITUNG

Die Nutzung von Geo-Informationssystemen (GIS) ist heute in Berufen, die mit raumbezogenen Daten arbeiten – etwa im Themenfeld Umwelt- und Naturschutz – nicht mehr wegzudenken. Die Softwaresysteme sind in steter Entwicklung und das Angebot zugänglicher Geodaten wächst rapide (LDBV, o.J.). Allein aufgrund der Vielzahl an Werkzeugen ist GIS-Software für Neulinge zunächst unübersichtlich. Die Ansprüche der Analyseverfahren an bestimmte Datenformate machen das nicht einfacher. Die GIS-Lehre im Studiengang Umweltsicherung soll die Studierenden auf die Anforderungen im Beruf gut vorbereiten. Daher werden im Schwerpunkt Umwelt- und Naturschutzplanung umfängliche GIS-Übungen angeboten. Nach ersten Erfahrungen mit Flipped Classroom-Ansätzen (Thomson et al., 2014), die den Lernerfolg in diesen Übungen deutlich verbessert haben, war mit dem Umstieg auf die Open Source Software QGIS eine Neuauflage der verwendeten Screencasts nötig geworden.

Bei diesem Umbau stand die zentrale Frage zum Einsatz von digitalen Medien in der Lehre klar im Raum (vbw, 2018): Welchen Mehrwert haben Screencasts in der Lehre?

Die folgenden Aspekte sollten dabei berücksichtigt werden (Thomson et al., 2014):

- Die Variabilität der Fertigkeiten im Umgang mit IT-Anwendungen ist bei Digital Natives ähnlich hoch wie bei den Digital Immigrants.

Übung 1: Erstellen einer Vegetationskarte**Aktuelle Screencasts mit Bezug zu Übung 1**

Abb. 1: Ablauf der Übung 1 und Aufgaben, zu welchen aktuell Screencasts angeboten werden

- In Video-Tutorials nur Inhalte anbieten, für die sich Video besser eignet als andere Lehrformen.
- Problembasierte Lernaktivitäten sollen gefördert werden.
- Kürzere, thematisch klar fokussierte Sequenzen sind langen vorzuziehen.
- Studierende sollen nicht durch unnötige visuelle Anreicherung abgelenkt werden. Sachfremde Beanspruchung soll gering gehalten werden (Kerres, 2018).
- Die Studierenden sollen individuell entscheiden können, zu welchen Aspekten sie Video-Anleitungen nutzen möchten.
- Die Einbindung in den Lernkontext erfolgt zum einen in der Präsenzlehre und für andere Szenarien über begleitende Übungstexte.
- Die Screencasts sind von Ballast befreit – im Video erfolgen keine Hinweise zu anderen Themen, die die Lehrveranstaltung betreffen.
- Über den Beitrag zu einer Flexibilisierung und damit Individualisierung des Lehrangebots soll die Studierbarkeit erhöht werden (Eugster et al., 2024; vbw, 2018).
- Das Potenzial zur Selbststeuerung eigenen Lernens soll genutzt werden (vbw 2018).

Die Screencasts können in der GIS-Lehre in erster Linie die kognitiven Lernziele befördern. Die Motivation für die Arbeit mit GIS ist, ebenso wie das Gewinnen von Erfahrungen in unterschiedlichen Anwendungsfällen, in der Präsenzlehre zu leisten.

2. SCREENCASTS

Neben den oben genannten Aspekten spielt auch die Ressourceneffizienz eine Rolle, da die Erstellung der Screencasts recht zeitaufwändig ist. Zudem wurde unter den Lehrkräften der HSWT, die GIS-Anwendung vermitteln, diskutiert, ob Lehrmaterialien auch in jeweils anderen Studiengängen verwendet werden können. Daher sollten die Screencasts möglichst klar auf eine Aufgabe bzw. typische Anwendung eines Werkzeugs zugeschnitten sein und so die Möglichkeit der Anwendung in anderen Lernkontexten zu ermöglichen. Dies führte zur Entwicklung einer größeren Anzahl an kürzeren Videos (Abb. 1). Im Mittel sind sie mit 10 Minuten deutlich länger als die empfohlenen 5 Minuten (Thomson et al., 2014). Themen der vorliegenden Komplexität wie etwa „ein Projekt anlegen und die Grundeinstellungen vornehmen“, „Georeferenzieren“ oder „Kategorien zusammenfassen“ lassen sich leider nicht knapper abbilden. Die Sammlung umfasst derzeit 24 Screencasts zur Bearbeitung von Aufgaben bzw. Verwendung von Werkzeugen in QGIS. Für eine komplexere Analyse wurde eine Reihe von Screencasts mit weiteren Lehrmaterialien zu einem Interactive Book zusammengefasst. Die Sammlung wird voraussichtlich weiter wachsen.

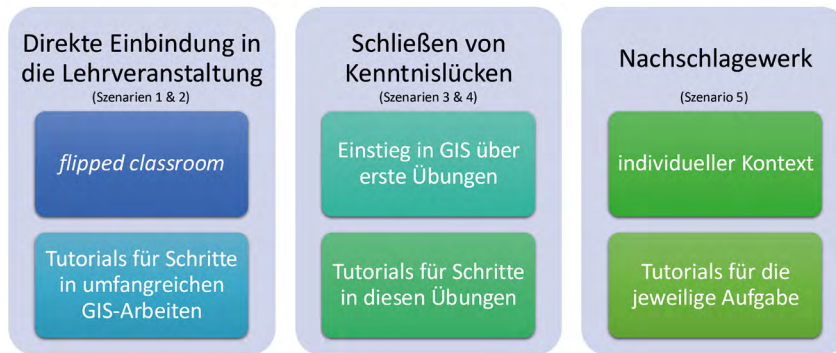


Abb. 2: Rolle der Screencasts und ihre Einbindung in die Lehre für die verschiedenen Szenarien

Aufbau der Videos

Die Videos beginnen mit einer Startfolie, auf der das Thema klar erkennbar ist. Alle Screencasts arbeiten mit einem typischen Datensatz. Dieser ist möglichst einfach strukturiert, um den Fokus der Studierenden nicht vom eigentlichen Thema abzulenken. Zudem wird ein Beispieldatensatz möglichst durchgehend verwendet. Die Arbeitsschritte werden über Audio parallel zur Bearbeitung erklärt. Ein Video des Dozenten ist nicht eingebettet (Thomson et al., 2014). Die Videos sind navigierbar über 10sec-Schritte aber auch über die Laufleiste. Sie werden über die Lehr-Lernplattform moodle der HSWT angeboten.

3. NUTZUNGSSZENARIEN

Die Screencasts sollen den Studierenden sowohl im Bachelor-Studiengang Umweltsicherung (SG US), wie auch im Master-Studiengang Umweltingenieurwesen (SG MUT) in weiterführenden GIS-Modulen Unterstützung bieten. Die Einbindung der Screencasts in die Lehrveranstaltungen ist jedoch sehr unterschiedlich (Abb. 2).

Szenario 1 - Unterstützung der GIS-Übungen – flipped classroom

Im Studienschwerpunkt Umwelt- und Naturschutzplanung im SG US werden GIS-Übungen angeboten, die häufige GIS-Anwendungen in der Umweltplanung abbilden. Die parallel dazu angebotene Vorlesung ist eng auf die Übungen abgestimmt. Die Studierenden sollen die Übungsaufgaben jeweils vor der Präsenz-Übung durcharbeiten, um die Präsenzzeit möglichst gewinnbringend nutzen zu können (flipped classroom). Der ursprüngliche Zweck der Screencasts ist die Unterstützung der Studierenden beim selbstständigen Durcharbeiten der Übungsaufgaben. Neben der Aufgabenstellung gibt es detaillierte textliche Anleitungen dazu. Die relevanten Screencasts sind im moodle-Kurs im jeweiligen Abschnitt zur Übungsaufgabe abrufbar.

Szenario 2 - Unterstützung der GIS-Arbeiten im Master-Studiengang – Tutorials

Im praktischen Teil des Moduls „GIS-basierte Raumanalyse“ im Studiengang Umweltingenieurwesen ist eine umfangreiche GIS-Analyse umzusetzen, die sich durch das ganze Semester erstreckt. Zur Bearbeitung der Aufgabe wird wöchentlich eine Doppelstunde zur Besprechung des Arbeitsfortschritts und eventueller Schwierigkeiten angeboten. Aufgrund der Komplexität müssen dort einige Arbeitsschritte auch gemeinsam durchgegangen werden. Im Verlauf der Bearbeitung muss auf

Werkzeuge zurückgegriffen werden, die in den GIS-Übungen im Bachelor-Studiengang keine Rolle spielen. Daher wurden auch hier für einzelnen Schritte, auch auf Nachfrage der Studierenden, weitere Screencasts erstellt. Diese sind im moodle-Kurs zum Modul eingebunden aber auch im moodle-Kursraum „GIS-Anwendungen Umwelt mit QGIS“.

Szenario 3 – Schließen von Kenntnislücken im Bachelor-Modul

Im SG US wird im 2. Studienjahr eine GIS-Einführung als Wahlpflichtmodul angeboten. Um alle Studierenden, also auch diejenigen ohne GIS-Kenntnisse, in der Lehrveranstaltung mitnehmen zu können, werden in der ersten Übung die grundsätzlichen GIS-Arbeitsschritte durchgegangen. Das weitere inhaltliche Fortschreiten in den folgenden Übungen erfolgt aber in einem deutlich höheren Tempo als in dem o. g. GIS-Wahlpflichtmodul. Hier bieten die Screencasts die Möglichkeit, sich die Grundschriffe in GIS wiederholt anzusehen und zu üben, um im weiteren Verlauf der Lehrveranstaltung Schritt halten zu können. Das bedeutet einen höheren Aufwand in der Selbstlernzeit. Da es zu jeder Übung eine Präsenzphase in kleinen Gruppen gibt, ist auch bei diesem Szenario eine relativ enge Betreuung der Studierenden, die Nachholbedarf haben, möglich.

Szenario 4 – Hilfe beim Aufholen von Grundlagen im Master-Studiengang

Im SG MUT wird im Studienschwerpunkt Umweltmonitoring das Modul „GIS-basierte Raumanalyse“ angeboten. Hier werden GIS-Kenntnisse vorausgesetzt. Die Gruppe der Studierenden im Master ist aber sehr heterogen bezüglich der Vorbildung und auch bezüglich der Vorkenntnisse in GIS. Den Studierenden mit lückenhaften GIS-Kenntnissen wird empfohlen, die o. g. Übungen im Bachelor-Studiengang zusätzlich zu besuchen. Weiterhin wird empfohlen, drei einführende GIS-Übungen, die eigens

dafür aufgestellt wurden, durchzuarbeiten und sich hier der Screencasts zu bedienen. Um den moodle-Kursraum des Master-Moduls nicht zu unübersichtlich werden zu lassen, wurden die Materialien dafür im neu aufgesetzten moodle-Kursraum „GIS-Anwendungen Umwelt mit QGIS“ zusammengestellt.

Szenario 5 – „Nachschlagewerk“ für Anwendung von Werkzeugen

Schließlich bietet der moodle-Kursraum „GIS-Anwendungen Umwelt mit QGIS“ Zugriff auf alle hier beschriebenen Screencasts und auch die ersten Übungen. Der Kursraum ist innerhalb der Hochschule für alle Studierenden zugänglich. Formal ist der Zugang passwortgesichert. Die Zugehörigkeit zur Hochschule ist die einzige Bedingung für das ermöglichen des Zugangs. Der Zugriff ist auch für andere Dozentinnen und Dozenten möglich, welchen auf Nachfrage auch Bearbeitungsrechte eingeräumt werden.

4. BEWERTUNG DES EINSATZES IN DEN SZENARIEN

Kürzeres Format

Das kürzere Screencast-Format erfüllt die Aufgaben in Szenario 1 ähnlich gut wie die vorherigen deutlich längeren Screencasts. Ein großer Vorteil besteht darin, dass die behandelten Arbeitsschritte im Titel erkennbar sind und nicht erst innerhalb einer umfangreicheren Videodatei nach dem entsprechenden Arbeitsschritt gesucht werden muss. Für die Studierenden ist dies angenehmer. Auch bei der Erstellung sind die kürzeren Formate weniger zeitaufwendig. Da die Screencasts breitere Einsatzmöglichkeiten bieten, kann dort in der Regel nicht genau der jeweilige Datensatz aus der Übung verwendet werden – es ist also ein wenig abstrakter als in der ersten Version. Da

mehr eigenständiges Denken nötig ist – etwas Transfer statt nur Nachklicken – ist auch ein besserer Lernerfolg zu erwarten (Getto & Kerres, 2023).

Enge Einbindung in Lehrveranstaltungen

In den Szenarien 1 und 2 werden die Screencasts direkt im Rahmen der Lehrveranstaltung als zusätzliches Lernmaterial verwendet (Blended Learning) und sind auch in der Abfolge klar eingetaktet (Eugster et al., 2024). Sowohl im Bachelor- als auch im Master-Studiengang werden die Screencasts seitens der Studierenden als hilfreich angesehen. Zu manchen Arbeitsschritten bitten die Studierenden um die Erstellung zusätzlicher Screencasts. Bei enger Einbindung in die Lehrveranstaltung erscheint der Aufwand für die Erstellung gerechtfertigt.

Nacharbeiten fehlender Grundlagen

In den Szenarien 3 und 4 ist der Einsatz der Screencasts als Lernmaterial zum Nacharbeiten fehlender Grundlagen das Thema. Die Szenarien unterscheiden sich sowohl bezüglich der Zielgruppen als auch bezüglich der möglichen Einbindung in die Lehrveranstaltung. Im Bachelor-Studiengang verfügt der Großteil der Studierenden über GIS-Kenntnisse, manche haben diese im Praxissemester vertieft. Im Studiengang herrscht ein starker Zusammenhalt, so dass die schwächeren Studierenden bei den Übungen auch von stärkeren Studierenden mitgenommen werden. Da die Materialien gut zu den Übungen passen und diese nur 14-täglich stattfinden, schaffen es Studierende mit fehlenden Kenntnissen sehr gut, innerhalb der ersten Wochen aufzuholen.

Im Master-Studiengang ist die Situation offener. Hier treffen Studierende mit unterschiedlichem Bachelor-Abschluss von verschiedenen Universitäten und aus verschiedenen Ländern aufeinander. Hier hat ein größerer Anteil an Studierenden Nachholbedarf bei GIS. Zudem sind die Aufgaben, die im Modul bewältigt werden müssen, deutlich anspruchsvoller. Trotz der

wöchentlich angebotenen Präsenzzeit ist es schwieriger, die Studierenden zu erreichen, die aufholen müssen. Eine anfängliche Zurückhaltung, den Dozenten bei Schwierigkeiten anzusprechen, kommt für viele Studierende, die vorher an anderen Hochschulen studiert haben, dazu. Hier hängt der Erfolg des selbstgesteuerten Nachholens sehr stark von der Einstellung der/des jeweiligen Studierenden ab. Die angebotenen ersten GIS-Übungen bieten hier die nötige Struktur. Der Erfolg hängt bei GIS aber sehr stark von der Bereitschaft zu üben ab.

Sammlung von Anleitungen zu GIS-Methoden als Nachschlagewerk

Erste Rückmeldungen von Kollegen weisen darauf hin, dass der Beitrag zur Erarbeitung gemeinsam nutzbarer Lernmaterialien geschätzt wird. Die thematische Einschränkung („Umwelt“) im Titel des moodle-Kurses wurde vorgenommen, um ein Licht auf die verwendeten Beispiele zu werfen. Die GIS-Werkzeuge werden auch in anderen Kontexten eingesetzt und damit sind die Screencasts auch hier als Lernmaterial nützlich.

5. WIRKUNG

Die größte Wirkung zeigt sich in Blended Learning Szenarien. Das Flipped Classroom-Modell ist auch in den EDV-Übungen sehr effektiv. Dazu wird den Studierenden ermöglicht, im eigenen Tempo die Lehrveranstaltung auch nach der Präsenzübung intensiv nachzuarbeiten und so den Anschluss an den Lernfortschritt der Studierendengruppe zu schaffen. Die Nachfrage nach Screencasts zu weiteren Analyseschritten zeigt, dass die Studierenden diese Materialien im eigenen Lernprozess verwenden und als hilfreich erachten. Die eigenen Erfahrungen decken sich hier mit der Fachliteratur (Eugster et al., 2024; Frei et al., 2020).

Das Aufholen von fehlenden Kenntnissen, das individuell ermöglicht werden soll, funktioniert dann besonders gut, wenn die Einbindung über die Präsenzlehre die entsprechende Motivation bietet. Hier ist die heterogene Zusammensetzung der Gruppe der Studierenden eine große Herausforderung. Gerade diese Screencasts sollen hier ja eine gute Möglichkeit bieten, das individuelle Lernen ideal zu stützen. Die Einbindung in den Kontext der Lehrveranstaltung ist hier von großer Bedeutung.

Das Lern-Setting ist hier nur für die einzelnen Lehrveranstaltungen konzipiert. Es ist zu befürchten, dass sich die Effekte leichter verflüchtigen, da sich dieser Ansatz nicht durch den gesamten Studiengang zieht (Eugster et al., 2024).

6. FAZIT

Bei einer mediendidaktisch gut gestalteten Einbindung der Screencasts in die Lehrveranstaltungen ist davon auszugehen, dass tatsächlich ein Mehrwert generiert wird (Kerres, 2018). Während das in Blended Learning Szenarien sehr gut funktioniert, muss für die Verwendung im selbstgesteuerten Lernen der Rahmen extra geschaffen werden. Es müssen Übungen konzipiert werden und mit Anleitungen unterstützt werden, die den Kontext ebenso wie die Anwendungsperspektiven verdeutlichen und auch auf die Screencasts im geeigneten Moment des Arbeitsfortschritts hinweisen.

Die kürzeren Screencasts, die nur auf eine Aufgabe fokussieren, lassen auch eine Verwendung in anderen Lern-Szenarien zu. Ein Teilen von Ressourcen zwischen Kolleginnen und Kollegen wird durch diese kurze Struktur deutlich erleichtert.

Es ist anzunehmen, dass für Studierende mit größeren Kenntnislücken eine intensivere Einbindung, etwa über Online-Diskussionen und themenbezogene Sprechstunden, erhebliche Verbesserungen im Engagement und damit auch im Lernerfolg hervorrufen wird (Limbu & McKinley, 2025). Das selbstbestimmte Studium kann so mit Hilfe dieser Lernmaterialien befördert werden (Ackermann et al., 2021).

Literatur

Ackermann, L., Lamprecht, M. & Müller-Vogt, I (2021). Die Präsenzlehre ist tot, es lebe die Präsenzlehre! In Neiske, I., Osthusenrich, J., Schaper, N., Trier, U. & Vöing, N. (Hrsg.) Hochschule auf Abstand: Ein multiperspektivischer Zugang zur digitalen Lehre (S. 41-59). transcript Verlag. <https://doi.org/10.14361/9783839456903>.

Eugster, B., Müller, C. & Zellweger, F. (2024): Blended Learning – Implikationen für die Gestaltung an Hochschulen. In Axelsson, C., Blume, D. & Volk, B. (Hrsg.) Bildung, Praxistransfer und Kooperation: Kompetenzentwicklung für die Hochschullehre in Netzwerken (S. 29-52). transcript Verlag. <https://doi.org/10.14361/9783839471807>.

Frei, M., Asen-Molz, K., Hilbert, S., Schilcher, A. & Krauss, S. (2020). Die Wirksamkeit von Erklärvideos im Rahmen der Methode Flipped Classroom. In Kaspar, K., Becker-Mrotzek, M., Hofhues, S., König, J. & Schmeinck, D. (Hrsg.) Bildung, Schule, Digitalisierung (S. 284-290). Waxmann. <https://doi.org/10.31244/9783830992462>.

Getto, B. & Kerres, M. (2023). Mediendidaktik und ihr Beitrag zur Hochschulentwicklung. In Rhein, R. & Wildt, J. (Hrsg.) Hochschuldidaktik als Wissenschaft (S. 211–226). transcript Verlag. <https://doi.org/10.14361/9783839461808>.

Kerres, M. (2018) Mediendidaktik: Konzeption und Entwicklung Digitaler Lernangebote. 5. Aufl. Walter de Gruyter GmbH.

Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung (LDBV) (o. J.). OpenData – kostenfreie Geodaten der Bayerischen Vermessungsverwaltung. Abgerufen am 6. April 2025, von <https://geodaten.bayern.de/opengeodata/>.

Limbu, Yam B. & McKinley, C. (2025). Factors Associated with Student Engagement in Online Learning During COVID-19 Pandemic: A Systematic Review. Online Learning 29, 1. <https://doi.org/10.24059/olj.v29i1.4221>.

Thomson, A., Bridgstock, R. & Willems, C. (2014). 'Teachers flipping out' beyond the online lecture: maximising the educational potential of video. Journal of Learning Design 7(3) 67–78. <https://doi.org/10.5204/jld.v7i3.209>

Vereinigung der Bayerischen Wirtschaft (vbw) (Hrsg.) (2018). Digitale Souveränität und Bildung: Gutachten. Waxmann.

Angaben zum Autor

Michael Rudner

Nach dem Studium der Geoökologie an der Universität Bayreuth (Diplom 1992) folgten mehr als fünf Jahre Arbeit im Umweltplanungsbüro Froelich & Sporbeck. 1998 begann die Doktorarbeit an der Universität Freiburg zu Vegetationsmustern in Zwergbinsenrasen im SW der Iberischen Halbinsel. Von 2001–2004 Entwicklung von E-Learning-Modulen im GIMOLUS-Projekt in der AG Landschaftsökologie der Universität Oldenburg. Von 2004–2013 als Assistent am Lehrstuhl für Geobotanik der Universität Freiburg. 2010 Habilitation zu Vegetationsmustern. Ab März 2013 Professor für Geobotanik in der Fakultät Umweltingenieurwesen an der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf. Entwicklung von smartVHB-Modulen und openVHB-Modulen.

HYBRID & KOLLABORATIV: ZUKUNFTSORIENTIERTES LERNEN IN EINEM LERNFÖRDERLICHEN LEHR-EXPERIMENTIERRAUM

Michael Griesbeck, Martina Alles, Anja Teistler
Technische Hochschule Rosenheim

ZUSAMMENFASSUNG

Im Projekt HighRoQ an der Technischen Hochschule Rosenheim wurde mit dem „Labor für hybride Gruppenarbeit“ ein innovativer Lehr-Experimentierraum geschaffen, der physische und virtuelle Lernumgebungen zu einer „Neuen Präsenz“ verbindet. Teams aus vor Ort anwesenden und online teilnehmenden Studierenden arbeiten synchron und interaktiv zusammen. Digitale Whiteboards, Kameras und hochwertige Audiotechnik ermöglichen weitestgehend gleichwertige Interaktionen. Spezielle Aufgabenstellungen fördern dabei ein konstruktives Lernen sowie Schlüsselkompetenzen wie Teamarbeit und technologische Fähigkeiten. Die Lernumgebung wurde durch Befragungen und Unterrichtsbeobachtungen evaluiert und mithilfe des ICAP-Frameworks analysiert. Die Ergebnisse zeigen, dass passives Lernen minimiert und interaktive Prozesse durch audiovisuelle Kommunikationskanäle gefördert werden. Der Beitrag illustriert, wie hybride Lernräume eine inklusive und zukunftsorientierte Hochschulbildung unterstützen können.

Keywords: Hybride Lernumgebung, Blended Learning, Aktivierende Lehrmethoden, ICAP-Framework, Digitale Hochschulbildung

1. EINLEITUNG

Die Digitalisierung hat die Hochschullehre nachhaltig verändert und eröffnet neue Möglichkeiten für flexible, interaktive und inklusive Lernformate. Insbesondere hybride Lehr-Lernszenarien, die physische und virtuelle Elemente kombinieren, gewinnen zunehmend an Bedeutung.

Im Rahmen des Projekts HighRoQ an der Technischen Hochschule Rosenheim wurden diese Entwicklungen aufgegriffen und in einem Teilprojekt mit dem „Labor für hybride Gruppenarbeit“ eine innovative hybride Lernumgebung geschaffen, die synchrones, kollaboratives Arbeiten in gemischten Gruppen von Präsenz- und Online-Teilnehmenden besonders unterstützt. Der vorliegende Beitrag beschreibt diese Lernumgebung zusammen mit dem didaktischen Konzept, stellt die Ergebnisse der begleitenden Evaluierung vor und diskutiert die Potenziale und Herausforderungen hybrider Lehrformate für die Hochschulbildung.

2. THEORETISCHER HINTERGRUND

Hybride Lehrformate basieren auf dem Konzept des Blended Learning, bei dem Präsenz- und Online-Lernphasen gezielt kombiniert werden, um die Vorteile beider Ansätze zu nutzen (Reinmann, 2021). Während Präsenzveranstaltungen den direkten Austausch und spontane Interaktion fördern, ermöglichen Online-Elemente eine flexible, ortsunabhängige Teilnahme sowie den unmittelbaren Zugriff auf digitale Ressourcen. Im

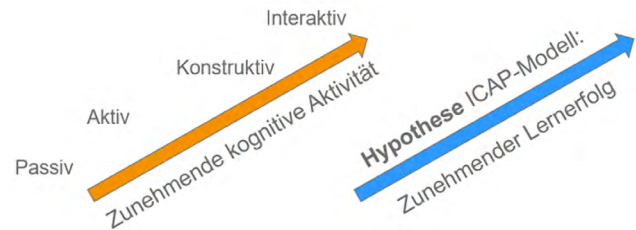


Abb. 1: Hypothese zum Lernerfolg gemäß dem ICAP-Modell

hier vorgestellten Ansatz der hybriden Gruppenarbeit wird das Konzept der „Neuen Präsenz“ umgesetzt, das physische und virtuelle Lernräume zu einer kohärenten Lernumgebung verbindet (Lohr et al., 2022). Die Präsenz- und Online-Teilnehmenden interagieren darin synchron, also zur gleichen Zeit. Dies unterscheidet sich von Modellen, bei denen Präsenz- und Online-Lernphasen zeitlich versetzt stattfinden. Das Ziel und gleichzeitig die zentrale Herausforderung derartiger hybrider Lehrformate besteht darin, sowohl den vor Ort anwesenden als auch den online zugeschalteten Studierenden gleichwertige Lernbedingungen zu bieten. Dabei müssen technische, didaktische und soziale Aspekte gleichermaßen berücksichtigt werden.

Zur Planung sowie zur Bewertung der Lernaktivitäten wurde hier das ICAP-Framework herangezogen, das unterschiedliche Stufen des kognitiven Engagements unterscheidet und – als Hypothese – mit dem zu erwartenden Lernerfolg verknüpft (Chi, 2021; Chi et al., 2018; Chi & Wylie, 2014; Stegmann & Fischer, 2016):

- Passives Lernen (P) bezeichnet rezeptives Verhalten, z. B. Zuhören oder Lesen ohne aktive Beteiligung.
- Aktives Lernen (A) beinhaltet eine direkte, aber wenig tiefgehende Auseinandersetzung mit dem Lernstoff, z. B. durch Mitschreiben oder Markieren von Textstellen.

- Von Konstruktivem Lernen (C) spricht man, wenn Studierende neues Wissen aktiv generieren, etwa durch das Erstellen eigener Notizen, das Formulieren eigener Gedanken oder das Lösen von Problemen.
- Interaktives Lernen (I) bezeichnet kollaborative Prozesse, bei denen Studierende sich austauschen, gemeinsam Ideen entwickeln und Wissen aufeinander aufbauen.

Hierbei schreiben Chi et al. (Chi & Wylie, 2014) dem interaktiven Lernen das höchste kognitive Engagement sowie den größten Lernerfolg zu, der gemäß dem Modell in der Reihenfolge $I > C >> A > P$ abnimmt.

Besonders vielversprechend sind hierfür Ansätze wie das SCALE-UP-Raum- und Lehrkonzept, das Gruppenarbeit, problembasiertes Lernen und eine aktivierende Raumgestaltung kombiniert (Beichner et al., 2007; Gaffney et al., 2008; Schäfle et al., 2024). Durch gezielt gestaltete hybride Gruppenarbeit in einem geeignet ausgestatteten Raum können diese Prinzipien auch auf gemischte Präsenz- und Online-Gruppen übertragen werden. Dabei ist entscheidend, dass sowohl die technischen Rahmenbedingungen als auch didaktische Strategien darauf ausgerichtet sind, eine gleichwertige Partizipation aller Studierenden zu ermöglichen.

Abb. 2: Blick in den
Lehrraum (links)
und auf einen
Gruppentisch (rechts)



3. TECHNISCHE AUSSTATTUNG UND DIDAKTISCHE GESTALTUNG

Das Labor für hybride Gruppenarbeit ist mit moderner Technik ausgestattet, die darauf abzielt, eine interaktive und kollaborative Lernumgebung bereitzustellen und so insbesondere hybride Gruppenarbeit unterstützt.

An insgesamt sechs Gruppentischen, die jeweils Plätze für vier Studierende und einen zusätzlichen Platz für den Dozierenden bieten, stehen Smartboards des Modells Samsung Flip zur Verfügung. Diese ermöglichen es den Studierenden im Raum, gemeinsam mit online teilnehmenden Studierenden, in Echtzeit an Projekten zu arbeiten, Ideen zu entwickeln und Ergebnisse zu präsentieren. Die Inhalte der Smartboards lassen sich bei Bedarf über eine zentrale Bedieneinheit vom Lehrenden auf drei im Raum installierte Beamer-Projektionsflächen übertragen.

Jeder Gruppentisch ist mit einer Webcam sowie einem Tischmikrofon/-lautsprecher (Jabra Speak 710) ausgestattet, um eine verständliche Kommunikation zwischen den vor Ort anwesenden und den online teilnehmenden Studierenden zu gewährleisten. Ein fest installierter PC an jedem Smartboard stellt den uneingeschränkten Zugang zu dieser erforderlichen

technischen Ressource sicher, insbesondere bei Inkompatibilität oder fehlenden studentischen Endgeräten.

Drei fest installierte 360°-Kameras ermöglichen eine bedarfsgerechte Übertragung des Unterrichts in den digitalen Raum. Vorprogrammierte Kamerapositionen erlauben einen schnellen Wechsel zwischen häufig genutzten Perspektiven; bei Bedarf kann der Bildausschnitt manuell angepasst werden, etwa zur Fokussierung präsentierender Gruppen. Ein Deckenmikrofon und sechs Deckenlautsprecher sorgen für eine hochwertige Tonübertragung. Zur Unterdrückung des Direktschalls von benachbarten Gruppen können während der Gruppenarbeit mobile Schallschutzwände zwischen die Gruppentische gefahren werden.

Für die hybride Zusammenarbeit mit den Online-Teilnehmenden ist eine leistungsfähige Videokonferenz-Software notwendig, die den kollaborativen Austausch in Breakout-Sessions unterstützt. Im Interesse einer intuitiven und benutzerfreundlichen Anwendung sollte diese Software zudem über integrierte, kollaborativ bearbeitbare digitale Whiteboards verfügen. In unserem Fall wurde die Software Zoom gewählt, da sie alle genannten Anforderungen in hohem Maße erfüllt und an der Hochschule ohnehin verfügbar war.

Ergänzt wird die technische Ausstattung durch didaktische Konzepte, die auf problemorientiertes Lernen setzen. Aufgabenstellungen sind so gestaltet, dass sie die Studierenden kognitiv herausfordern und insbesondere Lernaktivitäten der ICAP-Stufen C oder I hervorrufen, was gemäß der ICAP-Hypothese mit tieferem Durchdenken und hohem Lernerfolg verbunden sein sollte (Chi & Wylie, 2014).

Während bei einer (Frontal-)Vorlesung typischerweise passive Lernaktivitäten bei den Studierenden beobachtbar sind oder diese bei der Mitschrift eine aktive Rolle einnehmen, werden bei aktivierenden, studierendenzentrierten Lehrformaten wie dem SCALE-UP-Lehrkonzept (Beichner et al., 2007; Gaffney et al., 2008) regelmäßig die als besonders wertvoll erachteten Stufen C und I erreicht, was auch mithilfe von Unterrichtsbeobachtungen festgestellt wurde (Schäfle et al., 2024). Besonders wertvoll sind dabei die Unterrichtsphasen, in denen die Studierenden in kleinen Gruppen kollaborativ zusammenarbeiten.

Das Setting „Lernen in kleinen Gruppen“ wird bei der hybriden Gruppenarbeit intensiv umgesetzt, wobei die Zusammenarbeit der Studierenden nicht nur auf im Raum anwesende Studierende beschränkt ist, sondern auch die online zugeschalteten Teilnehmenden einbezogen werden. Diese entscheidende Phase für den Lernerfolg wird durch realitätsnahe Arbeitsaufträge verlängert, für deren Lösung die Studierenden in der Gruppe gezielt Problemlösetechniken anwenden müssen. Der Wert der Anwendung von Problemlösetechniken und die Beschäftigung mit realitätsnahen Fragestellungen wurden bereits beschrieben (Beichner et al., 2007; Wieman, 2022).

Im Gegensatz zu typischen Aufgaben aus Physik-Lehrbüchern wird hier kein konkreter Lösungsweg vorgegeben. Die Studierenden müssen vielmehr selbst entscheiden, wie sie die Aufgabe lösen, welche Teilschritte notwendig sind und welche Daten sie aus geeigneten Quellen nutzen. So üben sie relevante Denk- und Entscheidungsprozesse für ihr späteres Berufsleben in der Gruppe. Sie diskutieren kontinuierlich Lösungswege, treffen gemeinsame Entscheidungen und passen diese bei neuen Erkenntnissen an. Auf diese Weise lernen Sie auf einem hohen (kognitiven) Niveau und kommen vom Abarbeiten eines Arbeitsauftrags (ICAP-Stufe aktiv oder konstruktiv) zum interaktiven, aufeinander aufbauenden Dialog.

Die Unterrichtseinheiten mit hybrider Gruppenarbeit wurden jeweils am Ende jedes Kapitels durchgeführt, sodass die Studierenden zunächst die relevanten Aspekte des Kapitels identifizieren und anschließend das Erlernte zur Bearbeitung der Fragestellung anwenden konnten.

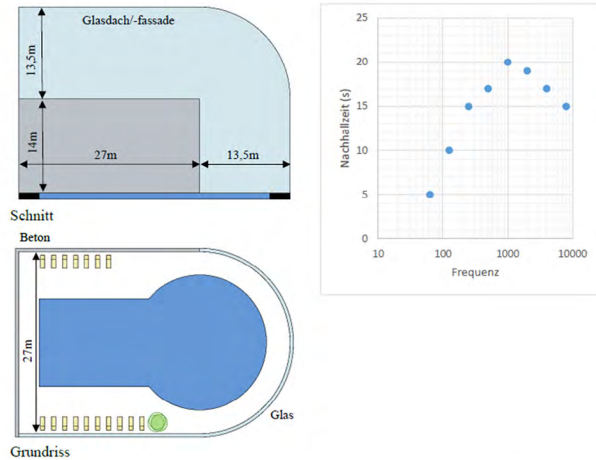
Der Ablauf einer typischen Unterrichtseinheit mit hybrider Gruppenarbeit wird im Folgenden beschrieben. Anfangs wird die Bild- und Tonverbindung der Präsenz- und Online-Teilnehmenden sichergestellt und insbesondere die Verständigung mit den Online-Teilnehmenden überprüft. Im weiteren Verlauf der ersten Plenumsphase werden Fragen der Studierenden beantwortet oder in einem kurzen Dozentenvortrag weitere Informationen bereitgestellt. Den größten Teil einer hier 135-minütigen Unterrichtseinheit nimmt mit etwa 75 Minuten die Gruppenarbeitsphase ein, in der die Studierenden in kleinen Teams an Aufgaben mit ähnlicher, aber dennoch unterschiedlicher Fragestellung arbeiten. Innerhalb dieser Zeit sollten die in der Aufgabenstellung vorgegebene Fragen geklärt und eine knappe Präsentation der wesentlichen Ergebnisse vorbereitet werden.

Einführung in die Bauphysik (INN-B3), WS 2023/2024**Arbeitsaufträge für hybride Gruppenarbeit**

Jana Pospischil (INN-B7), Prof. Dr. M. Griesbeck / ANG

**3.2.1 Gruppe 1: Schwimmbadhalle**

Im Rahmen der Erweiterung einer großen Thermen- und Badelandschaft haben Sie die Aufgabe, die Innengestaltung einer neu zu errichtenden Schwimmhalle zu übernehmen. Dabei sollen Sie auch die aktuell noch unbefriedigende Situation mit dem Nachhall (Nachhallzeit 20 s bei 1 kHz) in den Griff bekommen, damit die Badegäste einen entspannenden und komfortablen Aufenthalt genießen können und beispielsweise Durchsagen gut verständlich sind.



Erstellen Sie ein akustisches und gestalterisches Konzept, mit dem der Schallschutz in der neuen Badehalle in ausreichendem Maß erfüllt werden kann. Berücksichtigen Sie dabei gegebenenfalls auch mögliche Einflüsse durch unterschiedliche Auslastung der Badehalle.

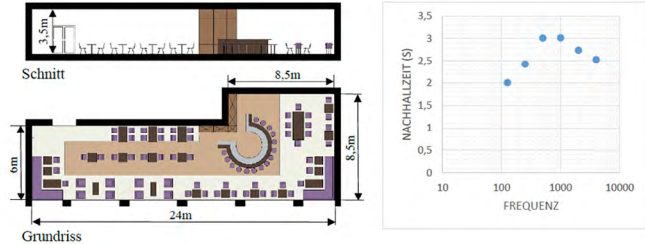
Bereiten Sie eine 5-minütige Kurzpräsentation für die nächste Sitzung der Thermen-Geschäftsführung vor, in der Sie Ihre vorgeschlagenen Maßnahmen diskutieren und vorstellen.

Einführung in die Bauphysik (INN-B3), WS 2023/2024**Arbeitsaufträge für hybride Gruppenarbeit**

Jana Pospischil (INN-B7), Prof. Dr. M. Griesbeck / ANG

**3.2.4 Gruppe 4: Restaurant**

Im Rahmen der Planung eines neuen Restaurants haben Sie die Aufgabe, die Innengestaltung des Speiseraumes zu übernehmen. Dabei sollen Sie auch die aktuell noch unbefriedigende Akustik des Raumes in den Griff bekommen, damit die Gäste einen angenehmen und komfortablen Aufenthalt genießen können und sich auch bei voller Auslastung gut unterhalten können.



Erstellen Sie ein akustisches und gestalterisches Konzept, mit dem der Schallschutz in dem neuen Restaurant in ausreichendem Maß erfüllt werden kann.

Bereiten Sie eine 5-minütige Kurzpräsentation für die Projektleitung vor, in der Sie Ihre vorgeschlagenen Maßnahmen diskutieren und vorstellen.

Abb. 3: Exemplarische Arbeitsaufträge für die hybride Gruppenarbeit

Abb. 3 zeigt Beispiele für zwei Arbeitsaufträge aus dem Kurs „Grundlagen der Bauphysik“ im 3. Semester des Bachelor-Studiengangs Innenarchitektur zum Thema Schallschutz, in dem die Studierenden mit der akustischen Gestaltung einer Schwimmbadhalle bzw. eines Restaurantbereichs beauftragt wurden sowie mit der Ausarbeitung einer Kurzpräsentation für den fiktiven Auftraggeber. Ein Grundriss des Raumes sowie Daten zur aktuellen Raumakustik sind ebenso enthalten. Alles Weitere, wie die Bestimmung der akustischen Anforderungen inkl. Festlegung der Raumnutzungsart sowie die Festlegung der nötigen Absorberfläche und -materialien sowie deren

physikalisch wie gestalterisch geschickte Anordnung bleibt den Studierenden überlassen. Die Arbeitsaufträge der übrigen Gruppen sind sehr ähnlich, haben aber andere Raumsituationen zur Grundlage, wie beispielsweise eine Mehrzweckhalle, ein SCALE-UP-Raum, eine Mensa oder ein Rezeptionsbereich.

In einer zweiten Plenumsphase von etwa 30 Minuten stellten sich die Gruppen ihre Ergebnisse gegenseitig vor, was weitere Diskussionen unter den Studierenden anregt sowie einen guten Überblick über viele mögliche Facetten der Thematik ermöglicht.

4. METHODIK DER EVALUATION

Zur Evaluierung der hybriden Lernumgebung wurden zwei komplementäre methodische Ansätze angewendet – ein standardisierter Fragebogen zur Selbsteinschätzung der Studierenden sowie eine strukturierte Unterrichtsbeobachtung durch geschulte wissenschaftliche Mitarbeitende.

a) Fragebogen:

Im Rahmen der Semesterevaluation wurden die Studierenden nach etwa 10 von 14 Semesterwochen gebeten, zwei identische Fragebögen nach Stegmann et al. (Stegmann et al., 2019) mit jeweils 30 Fragen zu beantworten, wobei die Antworten auf einer 5-stufigen Likert-Skala gegeben wurden. Den Studierenden ist hierbei unbekannt, dass die einzelnen Fragen den ICAP-Items (passiv, aktiv, konstruktiv, interaktiv) zugeordnet sind, wodurch für jede Dimension Mittelwerte generiert werden konnten. Jeweils ein Fragebogen erfasste die Selbsteinschätzung der Studierenden zum Lernen im hybriden Lehrsetting beziehungsweise im SCALE-UP-Raum, in dem der Großteil des Unterrichts stattfand. Diese Vorgehensweise ermöglicht einen direkten Vergleich der Lernerfahrungen im neuartigen Setting mit dem weiter verbreiteten und besser untersuchten Lernen im SCALE-UP-Raum- und Lehrkonzept. Von 110 Studierenden im Kurs nahmen 90 bzw. 79 Personen an der Befragung zum Lernen im SCALE-UP-Raum bzw. im Setting mit hybrider Gruppenarbeit teil.

b) Unterrichtsbeobachtung:

Ergänzend zur Befragung der Studierenden wurde in einer Unterrichtseinheit eine strukturierte Beobachtung durchgeführt. Zwei Beobachterinnen erfassten in 2-Minuten-Intervallen die Lernaktivitäten der Studierenden und das Handeln des Lehrenden gemäß des ELCOT3-Protokolls (Sanders et al., 2018). Dabei beobachtete eine Person vor Ort die Präsenzstudierenden,

während die andere Beobachterin online teilnahm und sich auf die Online-Teilnehmenden konzentrierte. Die beobachtete Gruppe umfasste drei Präsenz- und zwei Online-Teilnehmende. Auch hier erfolgte die Zuordnung der erfassten Aktivitäten zu den ICAP-Items, um das kognitive Engagement systematisch zu analysieren.

5. ERGEBNISSE UND DISKUSSION

Beide Datenerhebungen – die Fragebogenbefragung und die Unterrichtsbeobachtung – wurden gemäß des ICAP-Frameworks ausgewertet. Die Ergebnisse der Selbsteinschätzung der Studierenden finden sich in Abb. 4a und zeigen, dass die Studierenden überwiegend interaktives, konstruktives und aktives Lernen wahrnehmen, während passive Anteile signifikant unterdrückt scheinen. Damit liegen die Werte zur hybriden Gruppenarbeit im gleichen Bereich wie die Werte aus den Fragebögen zum Lernen im SCALE-UP Raum, was auf eine ähnliche Aktivierung und einen ähnlich hohen Lernerfolg schließen lässt.

Ein ähnliches Bild ergibt sich aus den Ergebnissen der Unterrichtsbeobachtung, wenn auch bei einer sehr kleinen Stichprobengröße von insgesamt fünf Studierenden in der beobachteten hybriden Gruppe: Während der hybriden Gruppenarbeit zeigen die Studierenden nahezu ausschließlich aktive, konstruktive und interaktive Lernaktivitäten. Passive Anteile beschränken sich auf die Plenumsphasen zu Beginn und am Ende der Lehrveranstaltung, in denen die Studierenden den Vortrag des Dozenten oder die Präsentationen der anderen Gruppen verfolgen. Dies gilt sowohl für die Präsenz- als auch die Online-Teilnehmenden, wobei die Präsenz-Teilnehmenden tendenziell höhere Anteile in den hohen Stufen konstruktiv und interaktiv aufweisen (siehe Abb. 4b und 4c).

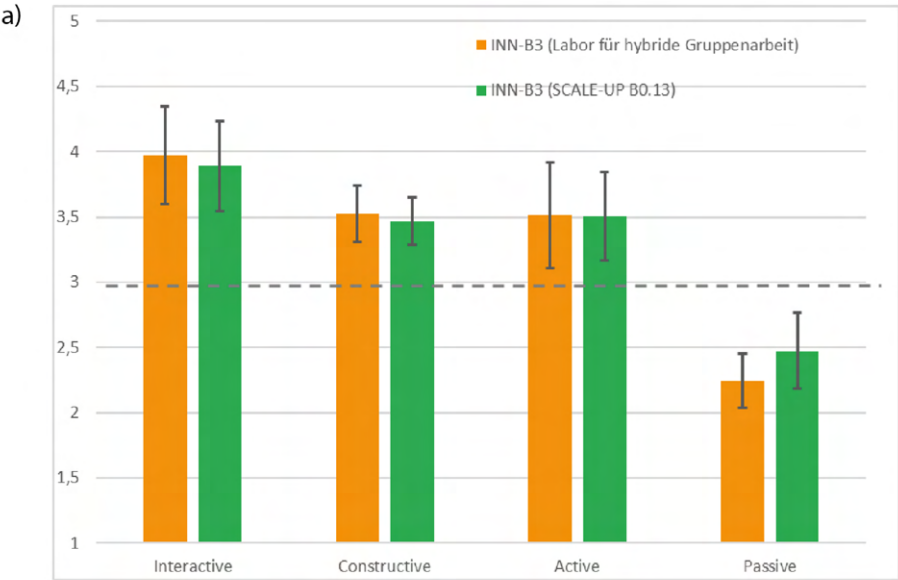
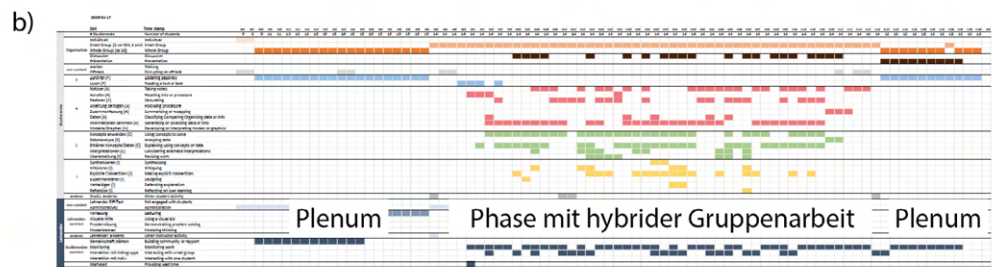
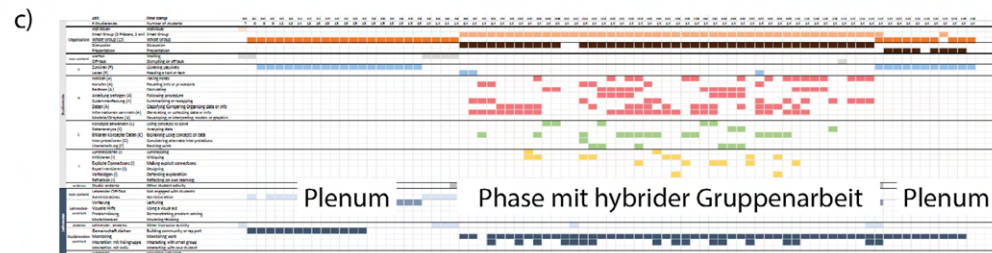


Abb. 4: ICAP Stufen gemäß Selbsteinschätzung der Studierenden (a) sowie Ergebnisse der Unterrichtsbeobachtung für Präsenz- (b) und Online-Teilnehmende (c)



passiv
aktiv
konstruktiv
interaktiv



passiv
aktiv
konstruktiv
interaktiv

Beide Datensätze weisen übereinstimmend darauf hin, dass die Studierenden während der hybriden Gruppenarbeit ein hohes kognitives Niveau erreichen. Damit lässt sich davon ausgehen, dass die vorliegende technische Raumausstattung zusammen mit dem verwendeten Lehrkonzept sowohl den Präsenz- als auch online teilnehmenden Studierenden eine hochwertige Lernumgebung bietet.

6. FAZIT UND AUSBLICK

Hybride Lernräume bieten vielversprechende Möglichkeiten, Hochschulbildung inklusiver und zukunftsorientierter zu gestalten. Die technische Ausstattung und die didaktische Konzeption des Labors für hybride Gruppenarbeit zeigen, wie eine erfolgreiche Umsetzung gelingen kann. Zukünftige Forschungsarbeiten sollten sich mit der Weiterentwicklung solcher Lehrformate sowie deren langfristigen Effekten auf das Lernen befassen.

Literatur

Beichner, R. J., Saul, J. M., Abbott, D. S., Morse, J. J., Dear-dorff, D. L., Allain, R. J., Bonham, S. W., Dancy, M. H., & Ris-ley, J. S. (2007). The Student-Centered Activities for Large Enrollment Undergraduate Programs (SCALE-UP) Project. Research-Based Reform of University Physics. *Reviews in Physics Education Research*, 1(1), 1–42. <https://doi.org/10.1119/RevPERv1.1.4>

Chi, M. T. H. (2021). Translating a Theory of Active Learning: An Attempt to Close the Research-Practice Gap in Education. *Topics in Cognitive Science*, 13(3), 441–463. <https://doi.org/10.1111/tops.12539>

Chi, M. T. H., Adams, J., Bogusch, E. B., Bruchok, C., Kang, S., Lancaster, M., Levy, R., Li, N., McEldoon, K. L., Stump, G. S., Wylie, R., Xu, D., & Yaghmourian, D. L. (2018). Translating the ICAP Theory of Cognitive Engagement Into Practice. *Cognitive Science*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1111/cogs.12626>

Chi, M. T. H., & Wylie, R. (2014). The ICAP Framework: Linking Cognitive Engagement to Active Learning Outcomes. *Educational Psychologist*, 49(4), 219–243. <https://doi.org/10.1080/00461520.2014.965823>

Gaffney, J. D., Richards, E., Kustus, M. B., Ding, L., & Beichner, R. J. (2008). Scaling up education reform. *Journal of College Science Teaching*, 37(5), 48.

Lohr, A., Vejvoda, J., Schultz-Pernice, F., Maier, R., Ji-ang, S., Fischer, F., & Sailer, M. (2022). Digitale Bildung an bayerischen Hochschulen während der Corona-Pandemie. https://www.vbw-bayern.de/Redaktion/Frei-zu-gaengliche-Medien/Abteilungen-GS/Bildung/2022/VA/VB_Digitale-Bildung-an-bayerischen-Hochschulen/Digitale-Bildung-an-bayerischen-Hochschulen-w%C3%A4hrend-der-Corona-Pandemie_Final.pdf

Reinmann, G. (2021). Hybride Lehre – Ein Begriff und seine Zukunft für Forschung und Praxis. *Impact Free- Journal Für Freie Bildungswissenschaftler*, 35(2), 1–10.

Sanders, M., Spiegel, S., & Sherer, J. Z. (2018, June 23). Moving Beyond "Does Active Learning Work?" with the Engineering Learning Observation Protocol (ELCOT). In ASEE Conferences & Exposition, Salt Lake City, Utah. <https://doi.org/10.18260/1-2-30827>

Schäfle, C., Lux, C., Neubert, J., & Dees, R. (2024). Dem gemeinsamen Lernen Raum geben – das SCALE-UP Raum- und Lehrkonzept. https://bayziel.de/wp-content/uploads/DiNa_2024-08.pdf

Stegmann, K., & Fischer, F. (2016). Auswirkungen digitaler Medien auf den Wissens- und Kompetenzerwerb an der Hochschule. <https://doi.org/10.5282/UBM/EPUB.38264>

Stegmann, K., Stadler, M., Sailer, M., Murböck, J., Bauer, E., & Radkowsch, A. (2019). Entwicklung eines Instruments zur Erfassung von Lernprozessen nach dem ICAP-Modell: Variation: Noise or Norm? Posterpräsentation auf der Tagung der Sektionen Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie der Deutschen Gesellschaft für Psychologie (DGPs).

Wieman, C. (2022). How to become a successful physicist. Physics Today, 75(9), 46–52. <https://doi.org/10.1063/PT.3.5082>

Angaben zum Autor und zu den Autorinnen

Dr. Michael Griesbeck

ist Vertretungsprofessor für Physik/ Bauphysik an der TH Rosenheim. Sein Forschungsinteresse gilt der Weiterentwicklung von aktivierenden Lehrformaten in synchronen hybriden Settings wie der hybriden Gruppenarbeit.

Dr. Martina Alles

ist seit März 2022 als Projektmitarbeiterin an der Hochschule Rosenheim tätig. Sie engagiert sich im HigHRoQ-Projekt mit Schwerpunkt auf Qualitätsmanagement, Evaluationen und der Unterstützung digitaler Bildung.

Anja Teistler

ist Teilprojektleiterin im HigHRoQ-Projekt und seit März 2020 stellv. Leiterin des E-Learning-Zentrums der TH Rosenheim. In dieser Rolle wirkte sie am Aufbau des Zentrums sowie an der Entwicklung hybrider Lehr-/Lernräume mit.

„WER BRAUCHT DENN SOWAS?“ – ERKENNTNISSE AUS EINEM JAHR „LEARNING HALL“

Michael Weinmann, Katja Dechant-Herrera, Mike Altieri
OTH Amberg-Weiden

ZUSAMMENFASSUNG

MINT-Fächer sind in hohem Maße von der Digitalisierung betroffen und stellen besondere Anforderungen an die Lehre und das Lernen. Dabei ist die Verwendung digitaler Medien und Werkzeuge ein wesentlicher Faktor, der geeignete, daran angepasste Lernumgebungen erfordert. Im Projekt IdeaL (Innovationsnetzwerk für digitale adaptive Lehre) der Ostbayerischen Technischen Hochschule Amberg-Weiden wird der Einsatz mobiler Möblierung für studentische Lernräume erprobt.

Hierfür wurde die „Learning Hall“ (LH) realisiert, die allen Lernenden am Standort Amberg als offener Lernort zur Verfügung steht. Der Raum wurde bezüglich der Ausstattung und des Nutzungsverhaltens evaluiert. Dabei zeigte sich die hohe Relevanz für mobiles und ergonomisches Lernen und Arbeiten für die Studierenden. Insgesamt konnte eine hohe Zufriedenheit mit der Ausstattung und Begeisterung für den Raum festgestellt werden.

Keywords: offener Lernraum, mobiler PC-Pool, kollaboratives Arbeiten, digital gestütztes Lernen, Nutzungsverhalten

1. MINT-LEHRE UND LERNORTE IM ZEITALTER DER DIGITALISIERUNG

MINT-Lehre ist im besonderen Maße von der Digitalisierung betroffen. Mathematik und Naturwissenschaften bilden hierbei die Grundlage der Digitalisierung, welche in der Informatik und Technik die Umsetzung für eine globale Anwendung erfahren. Die voranschreitende Vernetzung und Globalisierung erfordern dabei in zunehmendem Maße die Aneignung von Future oder auch 21st Century Skills. (z. B. Ananiadou & Claro, 2009; Chu et al., 2017) welche sich gemäß Mathieu (2005) in drei Kategorien einordnen lassen:

1. interaktive Anwendung von Medien und Werkzeugen (z. B. Sprache, Technologie) (Rychen & Salganik, 2003)
2. Interaktion in heterogenen Gruppen und
3. selbstständige Handlungsfähigkeit

Ein wesentlicher Faktor der MINT-Lehre der Zukunft bildet die digitale Lernumgebung sowie die Einbindung der digitalen Technologien in diese (Roth et al., 2023). Insbesondere der gezielte Medieneinsatz, sowohl analog wie auch digital, wird als wesentliches Qualitätskriterium angesehen. Hierfür müssen den Lernenden geeignete Lernorte mit digitalen Werkzeugen bereitgestellt werden, die dies leisten können.

Der Stifterverband fordert, dass „Hochschulen mit zukunftsorientierter Lernraumgestaltung zu attraktiven Orten der Partizipation für Studierende“ werden und „ihre Haltung und Rolle durch offene, nutzerzentrierte Räume für Empowerment,

Inspiration, Reflexion und Kreativität und einer gelebten Konvergenz zwischen digitalen und physischen Räumen“ wahrnehmen. „Studierende können dabei ihre Lernumgebungen aktiv gestalten und dadurch Selbstwirksamkeit und Gestaltungskompetenzen erlangen.“ (Koeritz et al., 2022, S. 13). Ähnlich äußert sich der Wissenschaftsrat (2022), „Räumliche und infrastrukturelle Umgebungen stellen eine wichtige Rahmenbedingung für Studium und Lehre dar. Zusätzlich zum Erwerb von Wissen, Fähigkeiten und Haltungen, ermöglichen geeignete Räume Interaktion und Gemeinschaftserfahrungen. Insbesondere den digitalen Strukturen wird das Potenzial zugeschrieben, kooperative Vernetzung zu fördern. Hochschulen und deren Träger stehen in der Verantwortung, auch räumlich für angemessene Lernumgebungen und für die technische Infrastruktur zu sorgen. [...] Die geforderte Offenheit und Interaktion sowie die medienbruchfreie Nutzung bei hybriden Formaten ist aber vielerorts noch nicht gegeben.“ (S. 92).

Oblinger (2005) definierte Lernräume als „regelmäßig geplante, physische Orte, die für persönliche Begegnungen zwischen Lehrenden und Lernenden vorgesehen sind“ (S. 15). Allerdings birgt diese Definition einige Schwächen. Zum einen lässt sie virtuelle Orte, wie bspw. Videokonferenzen, völlig außer Acht und zum anderen impliziert sie die Notwendigkeit einer Lehrperson. Das Higher Education Space Management Project (Barnett & Temple, 2006) unterscheidet dagegen zwischen Räumen für das Lernen und Räumen für die Lehre. Der Lehrraum wird hier ähnlich wie bei Oblinger (2005) definiert und umfasst Räume für die Lehre mit Lehrperson nach Stundenplan, während Lernräume für individuelles Lernen oder Kleingruppenaktivitäten genutzt werden.

Lehr- und Lernräume sind Gegenstand zahlreicher Studien mit unterschiedlichem Fokus. Die Metastudie von Leijon et al. (2022) untersucht 108 Veröffentlichungen auf die Beziehung zwischen dem studentischen Lernen und den Lernorten. Eine Metastudie von Talbert und Moravi (2019) untersucht die Auswirkungen von Active Learning Classrooms auf das Lernen der Studierenden, die Lehre der Lehrkräfte und die institutionelle Kultur. Bennett (2011), Beckers et al. (2015, 2016) und Lee und Looker (2020) fokussieren ihre Untersuchungen auf die Gründe für die spezifische Raumauswahl von Studierenden zum Lernen. Alle Studien kommen zu dem Schluss, dass das Verständnis für die Funktion, die Lernräume im Lernprozess spielen, sich noch in der Entwicklung befindet. Es wird angemerkt, dass die Forschungsergebnisse u. a. länderspezifische (z. B. Kultur, Klima) und studiengangabhängige Unterschiede aufweisen, was Verallgemeinerungen der Ergebnisse einschränkt.

Als Hochschule für Angewandte Wissenschaften versteht sich die OTH Amberg-Weiden der MINT-Lehre in besonderem Maße verpflichtet. Im Rahmen des Projekts IdeaL wurde unter anderem das Digitale Klassenzimmer weiter verbessert und mit der LH ein Ort für das studentische Lernen mit digitalen Medien geschaffen. In diesem Artikel liegt der Fokus auf der LH, die bezüglich Ausstattung und des Nutzungsverhaltens evaluiert wurde.

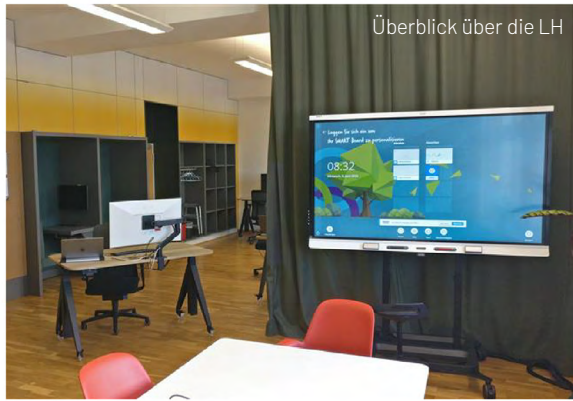


Abb. 1:
Einblicke in die
Infrastruktur der
LH (Learning
Hall)



© OTH Amberg Weiden

2. DIE LH UND ALTERNATIVE LERNORTE FÜR DAS FREIE STUDENTISCHE LERNEN

Die LH ist ein innovativer Raum für das individuelle Lernen mit digitalen Medien. Kernstück des Konzepts bilden sechs von der kabelgebundenen Strom- und LAN-Versorgung autarke Hochleistungs-Workstations mit studienrelevanter Software für rechenintensive Arbeiten. Zum Einsatz kommen hierfür leistungsstarke MacBook Pro, die durch einen externen Bildschirm, Tastatur und Maus ergänzt werden und die LH zum mobilen PC-Pool machen. Audio- und Videobearbeitung, CAD-Anwendungen oder auch Simulationen im Bereich der Festigkeitsberechnung oder Fluidmechanik sind damit möglich. Die MacBooks sind jeweils in einen modernen, mobilen, höhenverstellbaren, akkubetriebenen Arbeitsplatz integriert. Die Akkukapazität von rund 1000 Wh ist dabei auf einen arbeitsintensiven Arbeitstag ausgelegt.

Der vollständige Verzicht auf eine Kabelanbindung ermöglicht es, die Schreibtische den aktuellen Bedürfnissen angepasst und beliebig im Raum anzuordnen. Den Studierenden stehen in der LH auch Lerninseln und Seminarstühle (Steelcase node) mit Tablar zur Verfügung. Sowohl selbst mitgebrachte Geräte wie auch die Workstations können mit den Gruppenbildschirmen der Lerninseln verbunden werden und bieten Raum zum gemeinsamen Arbeiten. Daneben bieten zwei Einzelkojen mit externen Bildschirmen Rückzugsmöglichkeiten für Einzelpersonen. Abgerundet wird die LH durch den Collaboration Space. Dieser durch einen Schallschutzhvorhang abtrennbare Besprechungsbereich ist für Meetings und Gruppenarbeiten vorgesehen. Hierfür stehen Steelcases, ein großzügiger mobiler Besprechungstisch, ein Gruppenbildschirm und ein mobiles SMART-Board zur Verfügung. Über ein vorhandenes Videokonferenzsystem kann mit weiteren Personen oder Teams an anderen Standorten in Verbindung getreten werden.

Ziel war es, einen offenen Lernort für Studierende zu schaffen, der Lehrveranstaltungsunabhängig zur Verfügung steht und dazu einlädt, in einer konzentrierten Atmosphäre, eigenständig oder kollaborativ, an digitalem Lernstoff zu arbeiten.

Zusätzlich zur LH stehen den Studierenden alternative Lernorte zur Verfügung: Zuerst ist der Creative Space zu nennen. In diesem Bereich stehen den Studierenden rund um die Uhr mehrere Rechnerarbeitsplätze, Schließfächer, Whiteboards, eine Telefonbox und mehrere Pixel Boxen und Tops der Firma „bene“ samt ausreichend Platz zur Verfügung.

Während der regulären Gebäudeöffnungszeiten sind Rechnerpools außerhalb der Vorlesungszeiten frei zugänglich. Ebenso sind auf dem Campus mehrere Lichtnischen für die studentische Nutzung vorgesehen. In diesen, von den Korridoren durch eine Glaswand abgetrennten Aufenthaltsräumen, stehen den Studierenden Arbeitsplätze zur Einzel- oder Gruppennutzung zur Verfügung. Neben diesen formellen Alternativen existieren mit Arbeitsplätzen in der 24 Stunden-Bibliothek oder dem Foyer des digitalen Campus in den Coffee Lounges und der Mensa informelle Möglichkeiten für das studentische Lernen außerhalb von Lehrveranstaltungen.

3. KONTEXT UND ZIEL DER DURCHGEFÜHRTEN STUDIERENDENBEFRAGUNG

Das Platzangebot an der Hochschule ist sehr begrenzt und bereits in der Planungsphase sah sich das Planungsteam mit Fragen von Raumverantwortlichen wie beispielsweise „Wer braucht denn sowas?“ konfrontiert. Viele Abstimmungstreffen später wurde ein Raum gefunden und von einem Elektrotechniklabor in die LH umgewidmet.

Die Intention bei der Umsetzung der LH war es, insbesondere Studierenden der MINT-Fächer Arbeitsplätze bereitzustellen, die flexibel an die Anforderungen von Einzel- und Gruppenarbeit angepasst werden können. Da in den MINT-Wissenschaften häufig rechenintensive Aufgaben anfallen und großformative Darstellungen erforderlich sind, bieten diese Arbeitsplätze leistungsfähige Rechnerkapazitäten und großzügige Bildschirmflächen für kollaboratives Arbeiten.

Die Forschungsfragen der vorliegenden Untersuchung lauten wie folgt:

F1: Wann und wie lange wird die LH genutzt?

F2: Wofür wird die LH in welcher Intensität genutzt?

F3: Wie wird die Eignung der LH für ausgewählte Nutzungszwecke eingeschätzt?

F4: Wie hoch wird die individuelle Relevanz ausgewählter Ausstattungsmerkmale eingeschätzt?

4. METHODIK

Zur Beantwortung der Forschungsfrage wurde die LH acht Monate nach ihrer Eröffnung evaluiert. Der Erhebungszeitraum lag in der Zeit zwischen dem 25.11.2024 und dem 2.12.2024. 914 an der Fakultät EMI eingeschriebene Studierende erhielten über die Software Umfrage-Online einen Link zur Umfrage. Diese bestand einerseits aus einem quantitativen Teil zur Erhebung von Umfang und Art der Nutzung der LH sowie zur Bewertung der Ausstattung mit Blick auf spezifische Nutzungszwecke und der Relevanz einzelner Teile der Ausstattung. Andererseits wurden durch Fragen mit Freitextantwortfeldern qualitative Daten erhoben, die einen tieferen Einblick in die quantitativen Ergebnisse gestatten.

Die Rücklaufquote betrug 18.16 %, wobei für die Untersuchung ausschließlich Daten von Studierenden verwendet wurden, die der Datennutzung zugestimmt und die LH bereits genutzt hatten. Dies traf auf 40 Studierende zu.

Von den $N=40$ Studierenden sind 26 männlich und 14 weiblich. Die meisten Studierenden gehören der Alterskohorte der 19- bis 21jährigen ($n=19$), gefolgt von den 22- bis 24jährigen ($n=13$), den 25- bis 27jährigen ($n=4$) und die wenigsten Studierenden gehören den Altersgruppen derer, die jünger als 18 oder älter als 27 Jahre sind ($n=2$) an.

5. ERGEBNISSE

F1: Als häufigste Nutzungszeiten der LH wurden die Zeiten zwischen 14 und 18 Uhr, 8 und 12 Uhr und 12 bis 14 Uhr (in dieser Reihenfolge: $n=32$, 26, 24) angegeben. Weniger genutzt wurde die LH zwischen 18 und 22 Uhr ($n=12$) und in der Nachtzeit zwischen 22 und 8 Uhr ($n=6$). Die Verweildauer Studierender in der LH beginnt ab 30 Minuten ($n=8$), über eine bis zwei Stunden ($n=19$) bis zu mehr als zwei Stunden ($n=13$). Kein Befragungsteilnehmender gab eine Nutzungszeit von weniger als 30 Minuten an.

F2: In Tabelle 1 wird dargestellt, wie intensiv die LH für verschiedene Zwecke genutzt wird. Am häufigsten kommt sie für Einzelarbeit ($M=2.75$, $SD=1.03$), Gruppenarbeit ($M=2.72$, $SD=0.93$) und als Treffpunkt mit Freunden oder Mitstudierenden ($M=2.38$, $SD=1.03$) zum Einsatz. Am seltensten wird sie für CAD-Anwendungen ($M=1.23$, $SD=0.62$) und Simulation ($M=1.35$, $SD=1.35$) genutzt, was darauf zurückzuführen ist, dass die entsprechende Zielgruppe noch unterrepräsentiert ist.

Tab. 1: Deskriptive Ergebnisse bezüglich der Frage „Welche Tätigkeiten haben Sie bereits in der LH ausgeübt?“ auf einer vierstufigen Likert-Skala (1 = gar nicht, 4 = sehr häufig)

Nutzungsaspekte	n	M	SD
Einzelarbeit	40	2.75	1.03
Gruppenarbeit	40	2.72	0.93
Datenauswertung (Praktikums-, Projekt- und Abschlussarbeiten)	40	2.13	1.02
Berichte (Praktikums-, Projekt- und Abschlussarbeiten)	40	2.08	1.02
Multimediaanwendungen	40	2.30	1.14
CAD-Anwendungen	40	1.23	0.62
Programmieren	40	1.93	1.00
Simulation	40	1.35	0.66
Office-Anwendungen	40	2.25	1.08
Warten auf nachfolgende Veranstaltungen	40	1.97	0.86
Mit Freunden / Mitstudierenden treffen	40	2.38	1.03
Zeit vertreiben (spielen, Bilder bearbeiten, im Internet stöbern, ...)	40	1.73	0.78

LH = Learning Hall

F3: In Tabelle 2 finden sich die Ergebnisse hinsichtlich der Frage nach der Eignung der LH für spezifische Nutzungszwecke. Die Eignung wird in allen Fällen als hoch bewertet. Als besonders geeignet wird die LH für Gruppenarbeit ($M=5.40$, $SD=1.14$) und Office-Anwendungen ($M=5.05$, $SD=0.87$) eingeschätzt. Daraus lässt sich schließen, dass die Konzeption und Umsetzung erfolgreich ist.

Tab. 2: Deskriptive Ergebnisse bezüglich der Frage „Wie gut schätzen Sie die Ausstattung der LH für folgende Zwecke ein?“ auf einer sechsstufigen Likert-Skala (1 = sehr schlecht, 6 = sehr gut)

Nutzungsaspekte	n	M	SD
Einzelarbeit	40	4.93	1.14
Gruppenarbeit	40	5.40	1.14
Datenauswertung	38	4.97	0.85
Multimediaanwendungen	38	4.89	0.89
CAD-Anwendungen	34	4.41	0.88
Programmieren	37	4.81	1.06
Simulation	35	4.51	0.84
Office-Anwendungen	37	5.05	0.87

LH = Learning Hall

F4: In Tabelle 3 sind die Bewertungen von Studierenden zur Wichtigkeit ausgewählter Ausstattungsmerkmale der LH dargestellt. Als besonders relevant wird das Vorhandensein von Steckdosen ($M=5.48$, $SD=0.60$), Abtrennbarkeit zum Zweck des Schallschutzes ($M=5.40$, $SD=0.81$) und ein zusätzlicher Bildschirm an den Arbeitsplätzen ($M=5.22$, $SD=1.03$) eingeschätzt. Weniger wichtig erscheinen dagegen das Videokonferenzsystem ($M=3.50$, $SD=1.55$) und die digitale Flipchartfunktion der Bildschirme ($M=4.43$, $SD=0.98$), was auf eine noch geringe Bekanntheit der Nutzung und Einsatzszenarien hindeutet.

Tab. 3: Deskriptive Ergebnisse bezüglich der Frage „Wie wichtig sind Ihnen die Ausstattungsmerkmale der LH?“ und einer sechsstufigen Likert-Skala (1 = sehr unwichtig, 6 = sehr wichtig)

Ausstattungsmerkmale	N	M	SD
Workstations			
Kabellose Stromversorgung (Akku)	40	4.45	1.22
Mobilität der Rechnerarbeitsplätze (Schreibtische)	40	4.53	1.20
Höhenverstellbarkeit der Rechnerarbeitsplätze	40	4.73	1.30
Recherausstattung inklusive Tastatur und Maus	40	5.13	0.99
Zusätzlicher Bildschirm	40	5.22	1.03
Lademöglichkeit per USB-C	40	5.13	1.04
Kojen			
Ungestörtes Arbeiten	40	4.50	1.18
Steckdosen	40	5.48	0.60
Zusätzlicher Bildschirm	40	4.93	1.02
Zusätzliche Beleuchtung	40	4.90	0.98
Gruppenarbeitsplätze			
Kabellose Verbindung vom eigenen Gerät zu den Bildschirmen	40	4.93	0.92
Gleichzeitige Anzeige mehrerer Bildquellen auf dem Bildschirm	40	4.72	0.91
Digitale Flipchartfunktion der Bildschirme	40	4.43	0.98
Besprechungsbereich			
Abtrennbarkeit (Schallschutz)	40	5.40	0.81
Besprechungstisch	40	5.13	0.99
SMART-Board	40	4.65	1.21
Videokonferenzsystem (Kamera, Tischmikrofon, Bildschirm)	40	3.50	1.55
Kabellose Verbindung vom eigenen Gerät zu den Bildschirmen	40	4.90	0.98
Gleichzeitige Anzeige mehrerer Bildquellen auf den Bildschirmen	40	4.65	1.12

Anmerkung. LH = Learning Hall

Ergänzend zu den quantitativen Ergebnissen bieten die qualitativen Rückmeldungen weitere Einblicke in die Nutzung und Wahrnehmung der LH. Tabelle 4 zeigt die Kategorisierung der Freitextantworten zu drei offenen Fragen und bestätigt in weiten Teilen die Ergebnisse der geschlossenen Befragung (Tabelle 1 bis 3), sodass sich beide Erhebungsarten wechselseitig untermauern. Abweichungen von 100% resultieren aus Rundungsdifferenzen. Die qualitativen Aussagen unterstützten insbesondere die Bedeutung der Flexibilität der Raumgestaltung (15 Nennungen) und die technische Ausstattung. Häufig genannt werden hierbei zusätzliche Bildschirme (9 Nennungen) und mobile, kabellose Tische (7 Nennungen). Auch die moderne Raumgestaltung wird mehrfach positiv hervorgehoben (8 Nennungen). Gleichzeitig weisen Studierende auf Verbesserungspotenziale hin, wie das Fehlen von HDMI-Anschlüssen (8 Nennungen) und die unzureichende Anzahl an Arbeitsplätzen (7 Nennungen). Einzelne Ausstattungsmerkmale wie Steelcase-Möbel (7 Nennungen), ein Räummikrofon im Besprechungsbereich (4 Nennungen) und eine Garderobe (2 Nennungen) werden dagegen als verzichtbar betrachtet.

Insgesamt zeigen die qualitativen Ergebnisse, dass die LH insbesondere aufgrund ihrer hohen Wandelbarkeit und der hochwertigen technischen Ausstattung geschätzt wird, die ihre vielseitige Nutzung für unterschiedliche Tätigkeiten ermöglichen.

Tab. 4: Kategorien der Freitextantworten

Meinungsäußerungen	Beispiel	Anzahl der Nennungen n (%)
„Was ist in der LH besonders gut gelungen?“^a		
Technische Ausstattung und Flexibilität	„Anpassungsfähigkeit Raum“	15 (33.3)
Einzelarbeitsplätze	„zweiter Bildschirm“	9 (20.0)
Raumausstattung und Atmosphäre	„gute und moderne Raumgestaltung“	8 (17.8)
Gruppenarbeitsplatz (mobil und kabellos)	„fahrbare Tische“	7 (15.6)
Besprechungsbereich	„möglicher Platz für Gruppenarbeit“	3 (6.7)
Allgemeines Lob	„Alles, ich finde die LH prima.“	3 (6.7)
„Auf welche Ausstattungsmerkmale könnten Sie in der LH verzichten?“^b		
Möbel und Arbeitsplätze	„Stühle mit Mini-Tischchen dran.“	7 (53.9)
Technische Ausstattung	„Raummikrofon“	4 (30.8)
Garderobe	„Garderobe“	2 (15.4)
Was vermissen Sie in der LH?^c		
Infrastruktur und Ausstattung	„HDMI Anschluss an den Bildschirmen“	8 (30.8)
Arbeitsplätze und Raumgestaltung	„mehr Arbeitsplätze“	7 (26.9)
Komfort und Umgebung	„Heizung“	5 (19.2)
Zugang zur LH	„Öffnung so schnell wie möglich“	5 (19.2)
Sauberkeit und Nutzerverhalten	„kollegiales Hinterlassen der Plätze“	1 (3.9)

Anmerkungen. LH = Learning Hall.

^a Anzahl Kommentare = 19; Kommentare wurden nach Sinneinheiten aufgelöst, so dass 45 Sinneinheiten angenommen wurden.

^b Anzahl Kommentare = 11; Kommentare wurden nach Sinneinheiten aufgelöst, so dass 13 Sinneinheiten angenommen wurden.

^c Anzahl Kommentare = 18; Kommentare wurden nach Sinneinheiten aufgelöst, so dass 26 Sinneinheiten angenommen wurden.

5. FAZIT UND AUSBLICK

Die Evaluation der LH bestätigt, dass der Raum den Bedürfnissen und Anforderungen der Studierenden gerecht wird. Besonders für Studierenden in den MINT-Fächern, die stark von der Nutzung digitaler Medien und Tools profitieren, stellt die LH eine wertvolle Lernumgebung dar. Im Rahmen des Projekts IdeaL an der OTH Amberg-Weiden wurde erfolgreich getestet, wie mobile Möblierung und kabellose Stromversorgung eine bedarfsgerechte und anpassungsfähige Lernumgebung fördern können.

Die LH bietet eine moderne, flexible Lernumgebung, die vor allem durch ergonomische Arbeitsplätze und die individuelle Raumgestaltung überzeugt. Diese Flexibilität wird von Studierenden besonders geschätzt, da sie sowohl für Einzelarbeit als auch für Gruppenarbeit genutzt werden kann. Die zusätzlichen Bildschirme und höhenverstellbaren Tische bieten eine ideale Basis für produktives Arbeiten, insbesondere in digitalen und kreativen Bereichen. Die geringe Nutzung von CAD- und Simulationsanwendungen zeigen, dass noch nicht alle Zielgruppen erreicht werden und die Bekanntheit der LH noch gesteigert werden sollte.

Die Begeisterung der Studierenden für die Ausstattung und das Ambiente des Raums ist spürbar: „Ich finde die LH prima. Vor allem profitiere ich von den höhenverstellbaren Tischen, dem externen Monitor und der Tastatur. Optimal für mich zum Videoschneiden und Photoshopen für das Studium.“ Solche Rückmeldungen zeigen, dass die LH nicht nur ein funktionaler Raum ist, sondern eine Umgebung, die die Studierenden inspiriert und ihre Lernprozesse unterstützt.

Für die zukünftige Raumplanung empfiehlt sich daher, den Bekanntheitsgrad zu steigern und den technischen Ausbau unter Einbeziehung der Studierendensicht zu forcieren, um die Anforderungen für spezialisierte Anwendungen zu erfüllen.

Danksagung

Die Publikation ist Teil des Projekts Innovationsnetzwerk für digitale adaptive Lehre (Akronym IdeaL), das von der Stiftung Innovation in der Hochschullehre von 2021-2025 gefördert wird (Förderkennzeichen FBM2020-EA-2870-07550, Projektleiter Prof. Dr. Mike Altieri, OTH Amberg-Weiden). Die Autoren bedanken sich beim Fördergeber und allen Projektbeteiligten für die Unterstützung des Vorhabens.

Literatur

Ananiadou, K. & Claro, M. (2009, 18. Dezember). 21st century skills and competences for new millennium learners in OECD countries. OECD education working papers (No. 41) OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/218525261154>

Barnett, R. & Temple, P. (2006). Impact on space of future changes in higher education. space management group (SMG). Higher education space management project. UK higher education space management project.

Beckers, R., Van der Voordt, T. & Dewulf, G. (2015). Why do they study there? Diary research into students' learning space choices in higher education. *Higher education research & development*, 35(1), 142–157. <https://doi.org/10.1080/07294360.2015.1123230>

Beckers, R., Van der Voordt, T. & Dewulf, G. (2016). Learning space preferences of higher education students. *Building and environment*, 104, 243–252. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.05.013>

Bennett, S. (2011). Learning behaviours and learning spaces. *Portal libraries and the academy*, 11(3), 765–789. <https://doi.org/10.1353/pla.2011.0033>

Chu, S. K. W., Reynolds, R. B., Tavares, N. J., Notari, M. & Lee, C. W. Y. (2017). Twenty-first century skills and global education roadmaps. In S. K. W. Chu, R. B. Reynolds, N. J. Tavares, M. Notari, & C. W. Y. Lee (Hrsg.), *21st century Skills development through inquiry-based learning: From theory to practice* (S. 17–32). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-10-2481-8_2

Koeritz, J., Kolbert, L. & Winde, M. (2022). Zehn Leitlinien für zukunftsorientierte Lernräume. Edition Stifterverband. https://www.stifterverband.org/sites/default/files/zehn_leitlinien_fuer_zukunftsorientierte_lernraeume.pdf. Abruf: 07.04.2025.

Lee, J. W. Y. & Looker, P. (2020). The evaluation of informal learning spaces in a university. In S. C. Tan & S.-H. A. Chen (Hrsg.), *Transforming teaching and learning in higher education: A chronicle of research and development in a singaporean context* (S. 225–242.) Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-15-4980-9_12

Leijon, M., Nordmo, I., Tieva, Å. & Troelsen, R. (2022). Formal learning spaces in higher education – a systematic review. *Teaching in higher education*, 29(6), 1460–1481. <https://doi.org/10.1080/13562517.2022.2066469>

Mathieu, M. (2005). The definition and selection of key competencies-executive summary. <https://www.deseco.ch/bfs/deseco/en/index/02.parsys.43469.downloadList.2296.DownloadFile.tmp/2005.dskcexecutivesummary.en.pdf>. Abruf: 07.04.2025.

Oblinger, D. (2005). Leading the transition from classrooms to learning spaces. *Educause quarterly*, 28(1), 14–18.

Roth, J. (2022). Digitale Lernumgebungen – Konzepte, Forschungsergebnisse und Unterrichtspraxis. In G. Pinkernell, F. Reinhold, F. Schacht, & D. Walter (Hrsg.), *Digitales Lehren und Lernen von Mathematik in der Schule. Aktuelle Forschungsbefunde im Überblick* (S. 109–136). Springer. DOI: [10.1007/978-3-662-65281-7_6](https://doi.org/10.1007/978-3-662-65281-7_6)

Roth, J., Baum, M., Eilerts, K., Hornung, G. & Trefzger, T. (2023). Die Zukunft des MINT-Lernens – Band 1: Perspektiven auf (digitalen) MINT-Unterricht und Lehrkräftebildung. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-66131-4>

Rychen, D., & Salganik, L. (2003). *Key competencies for a successful life and well-functioning society*. Cambridge, MA: Hogrefe & Huber Publishers.

Talbert, R. & Mor-Avi, A. (2019). A space for learning: An analysis of research on active learning spaces. *Heliyon*, 5(12), e02967. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02967>

Wissenschaftsrat. (2022). Empfehlungen für eine zukunfts-fähige Ausgestaltung von Studium und Lehre. <https://doi.org/10.57674/q1f4-g978>

Angaben zu den Autoren und zur Autorin

Michael Weinmann

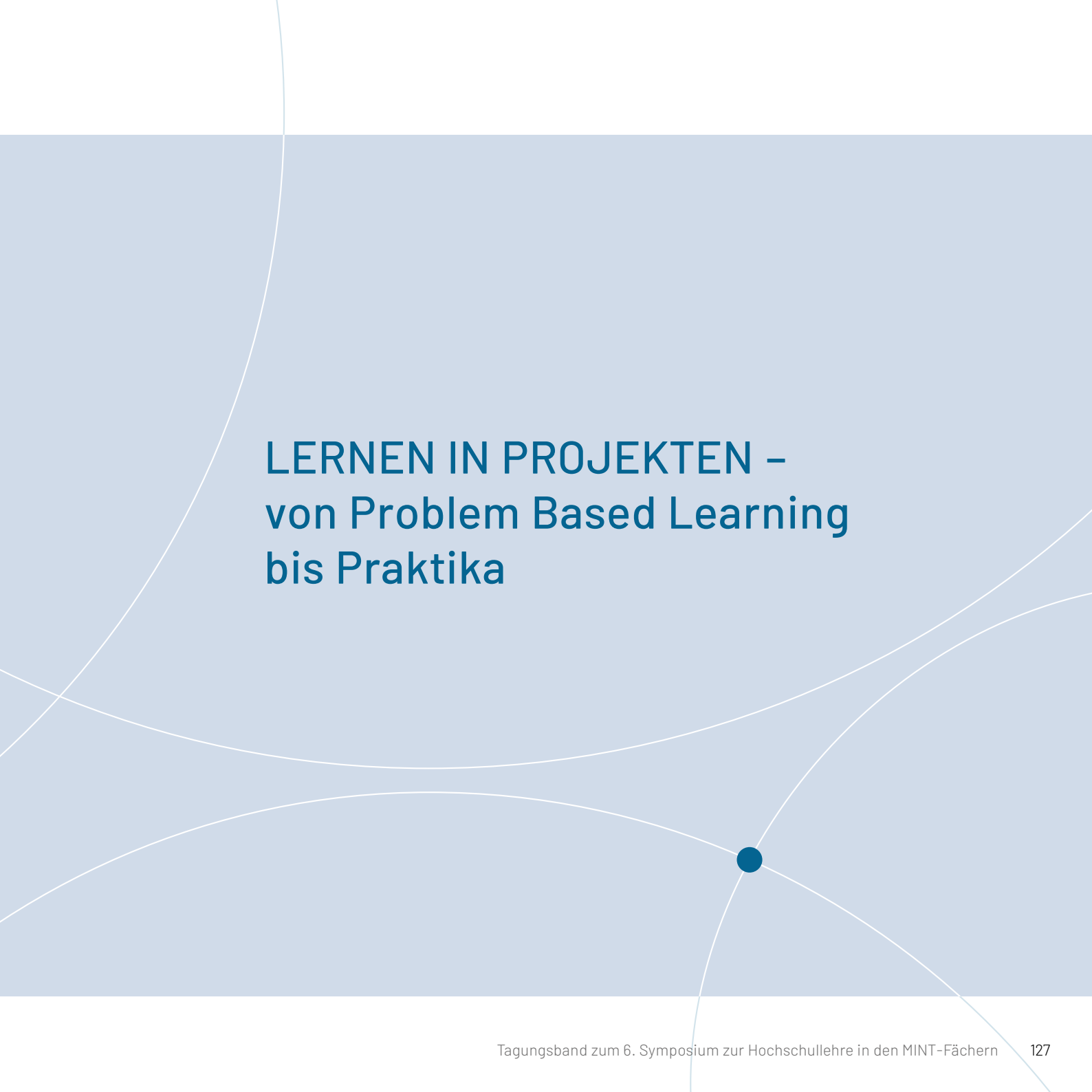
Studium der Werkstofftechnik in Nürnberg. Anschließend wiss. Mitarbeiter an der TU Clausthal, Promotion 2023. Seit 2022 Projektkoordinator im Lehrprojekt IdeaL und Studiengangskoordinator an der OTH Amberg-Weiden.

Katja Dechant Herrera

Studium der Vergleichenden Kulturwissenschaft, Romanischen Philologie und Psychologie an der Universität Regensburg. Berufliche Tätigkeit als pädagogische Mitarbeiterin am Übergang Schule-Ausbildung und Beruf. Berufsbegleitendes Studium der Psychologie an der Fernuniversität Hagen. Seit 2022 wissenschaftliche Mitarbeiterin an der OTH Amberg-Weiden.

Mike Altieri

ist Professor für Mediendidaktik an der OTH Amberg-Weiden und leitet hier das Institut für die Entwicklung und Erforschung von Studium und Lehre (<https://oth-aw.de/ieesl>).



LERNEN IN PROJEKTEN – von Problem Based Learning bis Praktika

FREIE VERSUCHE IM PHYSIKALISCHEN GRUNDLAGEN-PRAKTIKUM ZUR ERLANGUNG SELBSTSTÄNDIGER EXPERIMENTIERKOMPETENZ

Paulina Müller, Carsten von Westarp, Dagmar Rokita, Gerwald Lichtenberg
HAW Hamburg, Fakultät Life Sciences, Labor für Physik

ZUSAMMENFASSUNG

Laborveranstaltungen nehmen einen wichtigen Platz in der natur- und ingenieurwissenschaftlichen Ausbildung ein. Typische Lernziele gehen dabei über grundlegende Kenntnisse im Umgang mit Messgeräten und die Wiederholung von theoretischen Grundlagen hinaus: Laborarbeit soll Studierende befähigen, das Zusammenwirken von Modell und Experiment zu erfassen, sodass Theorien zur Hypothesenbildung herangezogen und Ergebnisse in Bezug auf Messunsicherheiten und Modellannahmen diskutiert werden können. Das Physiklabor der Fakultät Life Sciences der HAW Hamburg nahm Erfahrungen während der Covid-19 Pandemie zum Anlass, zu hinterfragen, ob vorgefertigte Versuche allein die Kompetenzen naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinns ausreichend vermitteln und wie mehr studierendengeführtes Experimentieren bei vergleichbarem Betreuungsaufwand realisiert werden kann. Vorgestellt wird ein hybrides Konzept, das konsekutive Laborversuche mit der selbstständigen Entwicklung eines Experiments verbindet.

Keywords: Laborlehre, Projektbasiertes Lernen, Kompetenzorientierung, Physik

1. AUSGANGSLAGE UND FORMAT IN DER COVID-19 PANDEMIE

Das physikalische Grundlagenpraktikum der Fakultät Life Sciences wird jedes Semester für Studierende verschiedener ingenieurwissenschaftlicher Studiengänge angeboten. Es hat einen Umfang von 2,5 Creditpoints, ist unbenotet (bestehen/nicht bestehen) und darf maximal zweimal wiederholt werden.

Die für das Physik-Praktikum relevanten Learning-Outcomes des Moduls Physik B sind (Modulhandbuch BC-MT):

„Die Studierenden wenden physikalische Gesetze auf technische Anlagen und Prozesse an, um experimentelle Ergebnisse vorauszusagen, messtechnisch zu überprüfen, informationstechnisch zu bearbeiten und zu dokumentieren. Sie analysieren Hypothesen mit Hilfe physikalischer Gesetze um Fehler in Aussagen, Ableitungen und Rechnungen zu finden und wissenschaftliche Laborarbeit durchzuführen.

Die Studierenden erarbeiten sich selbstständig physikalische Inhalte und Methoden, erklären sich physikalische Zusammenhänge und Experimente, reflektieren die Verbindungen zwischen Theorie und Experiment, kommunizieren fachbezogen in der Gruppe und mit den Lehrenden.“

Vor der Covid-19 Pandemie bestand die Veranstaltung aus sechs festgelegten physikalischen Experimenten mit steigendem methodischem und fachlichem Anspruch, die von Studierenden in Zweiergruppen an betreuten Terminen im Labor durchgeführt und in Protokollen verschriftlicht wurden. Zur

Entwicklung der Lehrziele und als Basis zur Bewertung der Studierenden war bereits ein kompetenzorientiertes Konzept (Reis, 2015 und Reis, 2018) erstellt worden, das den Lehranspruch an das Praktikum in das Learning Outcome und Niveaustufen definiert. Für die verschiedenen Teile der Laborarbeit (Hypothese formulieren, Durchführen, Ergebnisdiskussion) sind jeweils Mindestniveaus formuliert, die zum Bestehen der Veranstaltung erreicht werden müssen.

Der Beginn der Pandemie erforderte die Umstellung auf ein remote-durchführbares Konzept. Die Lehrenden entwickelten einfache Versuche, die mit haushaltsüblichem Material von den Studierenden zuhause durchgeführt werden konnten, allerdings erwies sich der Nachweis der definierten Kompetenzen in diesem Setting als schwierig: statt durchzuführende Versuche durch Themenvorträge zu ersetzen oder Simulationen zu diskutieren, entstand die Idee, die vorhandene Kompetenzorientierung zur Öffnung des Konzepts zu nutzen. Neben mit Videomaterial und Online-Inhalten unterstützten Heimversuchen, wurde das Entwickeln eines eigenen Versuchs inklusive Recherche und Hypothesenformulierung, selbstständiger Durchführung und anschließender Videopräsentation Bestandteil des Praktikums. Dank des neuen Veranstaltungsdesigns musste trotz des Ausfalls sämtlicher Präsenzlehre nicht auf selbst durchgeführte Experimente verzichtet werden, doch es zeigten sich auch weitere Vorteile. Viele Studierenden legten ein hohes Maß an Kreativität und Motivation an den Tag und das eigenständige Design der Versuche und Auswertung ermöglichte eine direkte und transparente Beurteilung der Studierendenkompetenz. Schwierigkeiten traten zum Teil bei Studierenden auf, insbesondere, wenn die freien Versuche im Kontrast zu der Erwartungshaltung standen. In den Abschluss der selbstständigen Phase wurden Peer-Feedback und Reflexion in der Gruppe eingebaut, wodurch die Präsentation der eigenen Projektarbeit mit anschließender Gruppendiskussion

noch praxisnähere Züge aufweist und der freie Versuch insgesamt einen vollständigen Forschungskreis abzubilden versucht (Huber, 2014).

Außerhalb des Labors war die Auswahl der Messgeräte und Materialien stark eingeschränkt. Alle Studierenden verfügten über einfache Längenmessgeräte wie Gliedermaßstab oder Lineal sowie Zeitmessgeräte wie Stoppuhren. Flexibel und umfangreich konnten Smartphones und ihre eingebaute Sensorik genutzt werden. Als besonders zweckmäßig erwies sich die App „phyphox“ (Staaks, 2018), entwickelt an der RWTH-Aachen, die nicht nur das Auslesen und Auswerten der Daten der Sensoren ermöglichte, sondern auch eine Fülle an Versuchsanleitungen bot. Daneben wurden alltägliches Material wie zum Beispiel Laserpointer, CDs, Fahrräder mit Tachometer, Spielplatzwippen, eine Half-pipe, Trinkgläser oder eine Konservendose mit viel Kreativität fürs Experimentieren genutzt. Trotz den Einschränkungen gelang es so, eine breite Auswahl von Themen und Experimenten umzusetzen.

2. UMGESTALTUNG DER PRÄSENZLEHRE NACH DER PANDEMIE

Ab dem Sommersemester 2021 war die Nutzung der Laborräume wieder möglich. Ein von den Studierenden entwickelter freier Versuch blieb aber weiterhin Bestandteil des Praktikums um den Anteil erstrebenswerter (Dressel, 2013) projektbasierter und problemzentrierter Lehre beizubehalten. Das Konzept seit 2022 teilt die Veranstaltung in zwei Phasen: eine Laborphase, die drei vorgegebene Versuche mit direkter Betreuung durch Lehrende umfasst, und eine freie Phase, in der die Studierenden ein Experiment selbst entwerfen, durchführen und auswerten. Nach einem Diskussionstermin mit dem Betreuerteam

	Physikalische Theorie	...	Ergebnisse
1	Theorie mit großen Defiziten (unvollständig, nicht notwendige Teile, Konzeptfehler)	...	Unvollständige und nicht sinnvolle Darstellung
2	Weitgehend vollständig, aber nicht notwendige Teile oder Konzeptfehler	...	Unkritische Darstellung der Ergebnisse
3	Vollständige Theorie ohne Konzeptfehler, muss nicht konsistent sein	...	Übersichtliche Darstellung ohne Plausibilitätskontrolle
4	Konsistente, funktionale Theoriebildung ohne Bezug auf Hypothese	...	Übersichtliche, vollständige Darstellung der Ergebnisse + grobe Fehlerabschätzung
5	Konsistente, funktionale Theoriebildung mit Bezug zur Hypothese	...	Vollständige Darstellung der Ergebnisse + fehlerfreie Fehlerrechnung

© LS Physiklabor

Abb. 1: Die Spalten „Physikalische Theorie“ und „Ergebnisse“ der zur Beurteilung zugrunde gelegten Kompetenzmatrix. Mindestanforderung ist Stufe drei (hellgrün).

wird die Versuchsidee „freigegeben“, weitere Unterstützung erfolgt auf Anfrage der Studierenden. Abschluss der Veranstaltung stellt die Präsentation des freien Versuchs und der Ergebnisse vor der gesamten Praktikumsgruppe dar, bei der auch die abschließende Bewertung nach der Kompetenzmatrix stattfindet. Die Stufen der Matrix sind in Abbildung 1 exemplarisch für die zwei Kategorien „Physikalische Theorie“ und „Ergebnisse“ dargestellt.

Es muss in allen Kategorien ein Mindestniveau erreicht werden, außerdem können Fehlleistungen im freien Versuch nicht durch gute Leistungen bei den Laborversuchen ausgeglichen werden. Die Präsentation der selbstständigen Laborarbeit als Prüfung verbindet Learning Outcome, Lernaktivität und Überprüfung im Sinne des Constructive Alignments (Baumert, 2013).

Die drei Labortage sollen die Studierenden deshalb sukzessive auf die verschiedenen Anforderungen, die im freien Versuch gestellt werden, vorbereiten. Schwerpunkte sind die Abschätzung von Messunsicherheiten und Fehlerfortpflanzung, die Formulierung einer Hypothese, die Kriterien genauer und präziser Messungen sowie die Diskussion von Modellannahmen und deren Realisierung bzw. Grenzen der Realisierung. Enge Betreuung im Labor und individuelle Diskussion der schriftlichen Protokolle ermöglichen die wiederholte Spiegelung der fachlich richtigen Ergebnisse, Vorgehen oder Schlussfolgerungen. Gleichzeitig wird der Umfang des unterstützenden Materials von Versuch zu Versuch reduziert: zu Beginn wird Vorbereitungs material in schriftlichen und Videoformaten, eine Protokollvorlage, ein Musterprotokoll und Übungsmaterial zur Verfügung gestellt. Im zweiten Versuch erhalten die Studierenden noch eine Anleitung

mit theoretischen Grundlagen und wieder eine Protokollvorlage, im dritten Versuch nur noch ein Aufgabenblatt und eine Literaturempfehlung. Die Studierenden sollen in der ersten Phase die Prinzipien des experimentellen Arbeitens verinnerlichen und gleichzeitig erfahren, wie ihr Eigenanteil und ihre Selbstständigkeit zunimmt, da sich die Unterstützung verringert.

3. BEWERTUNG DER LEHRENDEN

Die Betreuenden, zum Teil mit langjähriger Erfahrung, beobachteten keine nennenswerte Verunsicherung der Studierenden beim Wechsel von der betreuten in die freie Phase. Da die Learning Outcomes beim Konzeptwechsel über die Pandemie hinweg dieselben blieben, stützt auch die vergleichbar gebliebene Durchfallquote den Eindruck der Lehrenden, dass die Diskontinuität des Lehrformats keine unzumutbare Hürde darstellt. Umfang und Komplexität der von den Studierenden entworfenen Versuche variiert und es zeigt sich, dass die große Freiheit der Studierenden, Thema, Hypothese und Aufbau selbstständig zu entwickeln, zu einer großen Breite von Anspruch und Leistung führt. Teilweise werden komplexere Themen nach eigenem Interesse gewählt, teilweise Experimente realisiert, die bereits bekannt oder mit wenig Aufwand recherchierbar sind, und einige Studierende wählen ihren Versuch mit dem strategischen Ziel, den Arbeitsaufwand zu minimieren. Die Erfahrungen zeigen die Möglichkeit einer Klassifizierung der unterschiedlichen Herangehensweisen an die Projektkonzeption, die im Folgenden anhand realer Beispiele illustriert wird:

Innovativ: Eine Gruppe entwarf ein dreidimensionales Objekt mit drei verschiedenen geformten Rampen unterschiedlicher Krümmungen und produzierte es selbstständig im

Studierendenlabor. Ihre Hypothese, dass die am stärksten gebogene Bahn die schnellste sei, untersuchten sie mithilfe von Laufzeitmessungen für verschiedene Kugeln.

Problemzentriert: Eine zweite Gruppe untersuchte Tangential- und Winkelgeschwindigkeit einer herabrollenden Röhre. Zur Messung der Geschwindigkeit wurde eine Methode gewählt, die Phyphox anbietet, und die Hypothese analog zu den Laborversuchen im Hinblick auf die Präzision der Messung formuliert und diskutiert.

Minimal: Eine letzte Gruppe untersuchte den Zusammenhang zwischen Endgeschwindigkeit und Höhe einer schiefen Ebene, entsprechend einer Beispielrechnung auf Vorlesungsfolien. Der Versuch wurde mit möglichst einfachen Mitteln (Laufzeitmessung mit Stoppuhr) umgesetzt und die Ergebnisse mit der bekannten Formel verglichen.

Die Lehrenden müssen innerhalb der Betreuung der freien Versuche die Vergleichbarkeit der Leistungen steuern, beobachten aber die Vorzüge des Veranstaltungskonzepts in der ganzheitlichen Forderung der verschiedenen Kompetenzen. In vorgegebenen Versuchen wird die Hypothese zu Anfang des Protokolls als Pflichtanforderung ausgefüllt und wenig beachtet. In den freien Experimenten erleben die Studierenden hingegen oft, dass eine schwache Hypothese zu schwer auswertbaren Versuchen führt. Bei der Durchführung können sie ihre kreative Lösungskompetenz entwickeln, da bei Problemen, die häufig auch bei vermeintlich simplen Messungen auftreten, nicht unmittelbar Hilfe zur Verfügung steht. Außerdem zeigt sich, dass die Entwicklung eigener Zielvorstellungen für die Ergebnisauswertung einen Schritt über das Bearbeiten gestellter Aufgaben hinausgeht. Bei der Abschlusspräsentation profitieren die Studierenden dann von der Auseinandersetzung mit den diversen Ansätzen der verschiedenen Gruppen.

Auf der anderen Seite erfordert der starke methodischen Fokus Einschnitte: physikalisch-fachlicher Umfang geht verloren. In lediglich drei Laborversuchen lassen sich nur begrenzte Themen bearbeiten, so sind zum Beispiel schon zwei von diesen aus dem Bereich klassische Mechanik und auch viele der freien Versuche verbleiben in diesem Feld. Aufwändigere Experimente, alltagsfernere Phänomene und Physik mit Faszinationsfaktor sind weggefallen. Der Bruch im Format ist kritisch zu hinterfragen: die grundlegenden Kompetenzen müssen in nur drei Labortermen entwickelt werden, gleichzeitig haben die Studierenden nur einen freien Versuch und können ihre Fähigkeiten nicht mehr iterativ verbessern.

Zu beachten ist der spezifische Kontext der Veranstaltung: mit der Regelstudienplatzierung der Veranstaltung im 2. und 3. Semester und in den heterogenen Gruppen mit diversen Bildungsbiografien und unterschiedlichen Studienfächern, profitieren viele der Studierenden von den breiten methodischen Entwicklungsmöglichkeiten. Curriculumsintegriert gedacht, gestaltet der freie Versuch eine wertvolle frühe Erfahrung von wissenschaftlicher Auseinandersetzung mit einer selbst gestellten Fragestellung.

4. FEEDBACK DER STUDIERENDEN

Insbesondere die Frage, ob Studierende den Bruch zwischen Labor und freier Phase begrüßen oder das zweigeteilte Konzept kritisch sehen, motivierte das Betreuerteam eine Evaluation durchzuführen. Eine Befragungsrunde fand am Ende der Veranstaltung in einer Semesterkohorte statt, außerdem wurden Fragebögen zur Bewertung der Veranstaltung an Studierende geschickt, die vor längerer Zeit das Praktikum belegt hatten. Der Rücklauf in dieser Gruppe war gering ($N_1=14$), während in der Semesterkohorte sämtliche Studierende, die das

Praktikum aktuell belegt hatten, an der Befragung teilnahmen ($N_2=63$). Beide Fragebögen basierten auf einer fünfstufigen Likert-Skala, um die Meinung der Studierenden zu erfassen.

In beiden Befragungen erreichte die Gesamtbewertung der Veranstaltung die Durchschnittsnote „gut“ ($N_2: \bar{x}=1,98/\sigma=0,83$ und $N_1: \bar{x}=1,78/\sigma=0,55$) auf einer Skala von „sehr gut“ (1) bis „mangelhaft“ (5). 85% der ehemaligen Teilnehmenden und 93% der Semesterkohorte stimmten der Aussage, das Praktikum fördere das selbstständige Arbeiten zu oder „voll und ganz“ zu. Der Anteil der Zustimmenden zu der Aussage „die Veranstaltung war durch die zwei Phasen interessanter“ lag für die letztere Gruppe bei etwa 70%, wohingegen 17% angaben, ein einheitliches Format zu befürworten. Die negative Korrelation zwischen den Items war weniger deutlich, als der komplementäre Charakter der Aussagen vermuten ließe ($r=-0,22$). Lediglich drei der 63 Studierenden der Semesterkohorte meldeten eindeutige Überforderung mit dem freien Versuch, 13 stimmten der entsprechenden Aussage zumindest teilweise zu. Eine positive Korrelation mit der Angabe, nur betreute Versuche bevorzugt zu haben, lag nicht vor ($r=-0,14$). Zur Beurteilung des Langzeitziels wurden die ehemaligen Teilnehmenden dazu befragt, ob das Physikpraktikum sinnvolle grundlegende Kenntnisse vermittele, was 70% der Antwortenden bestätigten. Die Bewertung, ob das Praktikum Spaß bereitet hätte, erhielt im Durchschnitt die Note gut.

Insgesamt lässt sich aus der Evaluation schließen, dass das zweiteilige Format den Studierenden keine besonderen Schwierigkeiten bereitet und die Veranstaltung dadurch als interessanter beurteilt wird. Für einen Vergleich, ob die Studierenden zu einem späteren Zeitpunkt im Studium ein reines betreutes Laborpraktikum oder die zweiphasige Veranstaltung als lehrreicher empfinden, fehlen leider Daten, da die Teilnahme der Kohorte der nach längerer Zeit befragten Studierenden

nicht bis vor die Umstellung zurückreicht. Geplant ist, die Feedbackbogen in ähnlicher Form allen kommenden Praktikumsgruppen vorzulegen, und verstärkt zu versuchen, Studierende dazu zu befragen, ob sie ihren Lernerfolg in Laborversuchen oder freiem Experiment höher einschätzen.

5. ZUSAMMENFASSUNG UND FAZIT

Die Erfahrungen im physikalischen Grundpraktikum der Fakultät Life Sciences der HAW Hamburg zeigen, dass klassische Formate mit angeleiteten Versuchen gut um einen freien Versuch ergänzt werden können, trotz des didaktischen Bruchs in der Mitte des Semesters.

Der Anspruch, die Veranstaltung kontinuierlich zu verbessern besteht weiterhin – so ist etwa die Einführung eines zwei-Wege Modells im Gespräch, bei dem die Studierenden zwischen anspruchsvolleren Laborversuchen oder einer selbstständigen Projektarbeit wählen können, um zum Beispiel fachlich Interessierten die Möglichkeit zu bieten, weitere Gebiete der Experimentalphysik zu entdecken. Die begleitende Evaluation soll in ähnlicher Form beibehalten werden, um langfristig Aussagen über den Erfolg der Veranstaltung und die Weiterentwicklungen treffen zu können.

Literatur

Baumert, B. & May, D. (2013). Constructive Alignment als didaktisches Konzept: Lehre planen in den Ingenieur- und Geisteswissenschaften. *Journal Hochschuldidaktik*, 24(1-2), 23-27. <https://doi.org/10.17877/DE290R-7122>

Huber, L. (2014). Forschungsbasiertes, forschungsorientiertes, forschendes Lernen – alles dasselbe? Ein Plädoyer für eine Verständigung über Begriffe und Unterscheidungen im Feld forschungsnahen Lehrens und Lernens. *Das Hochschulwesen*, 62(1-2), 22-29.

Dressel, K., Jorzik, B., & Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft. (2013). Lehren – Lernen – Prüfen. In B. Jorzik & Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft (Hrsg.), *Charta guter Lehre* (S. 11-23). Stifterverband.

Reis, O. (2015). Learning Outcomes als diagnostisches und didaktisches Instrument. In F. Bock, A. Henkelmann, & C. Handschuh (Hrsg.) *Kompetenzorientierte Kirchengeschichte*. (S. 17-35). LIT Verlag.

Reis, O. (2018). Lehre und Prüfen aufeinander ausrichten. *DUZ* 03/2018, 67-69.

Staacks, S., Hütz, S., Heinke, H. & Stampfer, C. (2018). Advanced tools for smartphone-based experiments: phyphox. *Physics Education*, 53(4), 045009. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/aac05e>

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg. (2020). *Modulhandbuch Bachelor Medizintechnik, Fakultät Life Sciences*. <https://www.haw-hamburg.de/bachelor-medizintechnik-studierende/>

Angaben zu den Autorinnen und Autoren

Paulina Müller

WiMa HAW Hamburg seit 2024, M.Sc. Physik an der TU Darmstadt, vormals Business Consultant in der Softwareentwicklung.

Carsten Westarp

WiMa HAW Hamburg seit 2012, Dipl.-Phys. Universität Hamburg, vormals Applikationsingenieur Inteltek Nord.

Dagmar Rokita

WiMa HAW Hamburg seit 2007, Honorar Prof. Deutsch-Kasachische Universität Almaty, Dr.-Ing. TU Hamburg, Dipl.-Geophys. Uni Hamburg, DV Convent GmbH Hamburg, HHLA Hamburg.

Gerwald Lichtenberg

Prof. Physik, HAW Hamburg, wiss. Leitung Anwendungszentrum ILES des Fraunhofer IWES, Habilitation Systemtheorie TUHH, Dr.-Ing. Regelungstechnik TUHH, Dipl.-Phys. Uni Hamburg, vormals Leitung ZLL der TUHH, Projektleiter IBM.

DESIGNING PROBLEM-BASED LEARNING CASES TO FOSTER STUDENT ENGAGEMENT IN STEM

Koojana Kuladinithi, Aliyu Makama, Yevhenii Shudrenko, Siska Simon, Musab Ahmed, Teresa Algarra, Shashini Wanniarachchi, and Andreas Timm-Giel
Institute of Communication Networks, Hamburg University of Technology
Center for Teaching and Learning (ZLL), Hamburg University of Technology

ABSTRACT

We all recognize the effectiveness of problem-based learning (PBL) in engaging everyone and helping students develop critical thinking and teamwork skills. PBL was developed to make medicine students ready to work under real life conditions. Therefore, since the 50s there have been several cases for medicine scenarios being published. In the STEM field it is still not common to use this method, which is quite unfortunate. Therefore, we have chosen to share how we implement PBL to teach Communication Networks to master's students.

In this paper, we will present our experiences in designing new PBL cases, alongside feedback from our Center for Teaching and Learning (ZLL). These cases reflect current trends in key topics related to communication networks, our engagement strategies, and the student feedback we have received during the winter semester 2024/25.

Keywords: PBL, engagement strategies, teamwork, communication networks, international student groups

1. INTRODUCTION

Problem-based learning (PBL) courses generally encourage active learning, develop critical thinking, and promote teamwork. While numerous PBL cases exist in the field of medicine, there is a notable lack of such cases in STEM fields. We teach Communication Networks for master's students incorporating PBL concepts.

The course brings together first-semester international and local students from various study programs, each with different levels of knowledge, soft skills, and cultural backgrounds. This diversity creates an exciting environment for applying PBL, fostering collaboration between students and teachers to enhance understanding. We integrate four PBL exercises with lecture content.

As shown in Table 1, PBL1 and PBL3 are introduced before the corresponding lecture topics are covered. This approach helps students become familiar with the topic and fosters curiosity to learn more during the lecture. For instance, PBL1 encourages students to explore key performance indicators (KPIs) for evaluating communication network performance, using a real-world example of Digital Subscriber Line (DSL) networks in student hostels. With diverse academic backgrounds, students propose varied solutions, and the subsequent lecture refines their understanding by introducing the right KPIs along with additional metrics for other network types, such as platooning and wireless networks. In contrast, PBL2 and PBL4 are designed for

Week	Lecture Contents Related to PBL	PBL Exercise Contents
1st - 2nd	Introduction to Key-Performance-Indicators (KPI)	PBL 1 - Performance Metrics
3rd - 4th	Blocking Probability	PBL 2 - Reliable Communications over Long Distance
5th - 6th	Ethernet: Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection (CSMA/CD); WLAN: Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance (CSMA/CA)	PBL 3 - Reliable Media Access Control (MAC)
7th - 8th	Transport Layer Transmission Control Protocol (TCP) and User Datagram Protocol (UDP)	PBL 4 - Reliable End-to-End Data Transmission
9th - 14th	---	PBL 5 - Selected Topics in Communication Networks

Tab. 1: Interaction with related lecture contents and PBL contents



Fig. 1: Poster presentation of PBL5 - receiving feedback from experts and peers

deeper discussions after students have acquired fundamental concepts through lectures. For example, the blocking probability lecture introduces how to use theoretical models to estimate the behavior of a communication network. Later, PBL2 focuses on discovering a solution to mathematically prove the link quality based on channel errors.

Once the students complete four PBLs, we introduce a special PBL case, called “Selected Topics in Communication Networks”, which explores emerging topics in the field during the final six weeks of the semester. We continuously seek new ideas to ensure this PBL remains relevant to current technological advancements. In this paper, we share our experiences in designing these PBLs, detailing our revision process, engagement strategies, and student feedback.

2. PBL5 - SELECTED TOPICS IN COMMUNICATION NETWORKS

In the winter semester 2024/25, 48 students participated in our last PBL focused on reliable communication for smart factories, space applications, UAV mobility, and indoor localization.

Designing these PBLs is challenging, as it requires incorporating current research trends while ensuring alignment with the lecture content. The learning objective is researched and presented by a team of three students, based on a research paper selected by the team. They take this PBL seriously as 75% of the exam grade is determined based on it, followed by a poster presentation session for all students (see Figure 1).

In the next section, we will explain in detail how we design and implement new PBLs on Selected Topics of Communication Networks in this semester.

3. REALIZATION OF PBL5

Four key topics were considered for PBL5. The selection of these topics prioritizes trending topics in communication networks while also aligning with tutors' areas of expertise or ongoing PhD research areas. Additionally, we evaluated how well students could apply the concepts learned during the lecture to these four PBL cases:

1. **Smart Factory:** Random MAC protocols such as CSMA/CD and CSMA/CA were covered in the lecture, and students became familiar with enabling reliability in multi-user media access during PBL3. This topic encourages further exploration of how to achieve reliability and examines existing research solutions.
2. **Mapping the Invisible (Localization):** As students are familiar with different wireless technologies like WiFi, Bluetooth, Ultrawideband, ultrasound, cellular etc., this topic aims to inform students on how these technologies can be used by devices for positioning in places where GPS fails. The techniques to discover positions are not taught during the

lectures and this PBL focuses on applying already learned concepts for a completely different application.

3. **Reliable Communication for Urban Air Mobility:** Students learned about routing protocols used on the internet, as well as cellular and WLAN communication technologies. This topic deepens their understanding of using wireless technologies over multiple hops.
4. **Space Communications for Moon Missions:** This topic was particularly challenging as space communication differs significantly from the terrestrial networks studied in the lecture. It encourages students to explore innovative solutions for space-related challenges, such as handling intermittent connections using their knowledge of the TCP/IP protocol stack.

We usually develop new PBL topics in collaboration with the ZLL. The goal is to obtain input from pedagogy experts to ensure that the exercise aligns with best practices in teaching and learning to foster student engagement and deep understanding. The ZLL remains up to date on the latest educational trends and technologies and is expected to significantly contribute to introducing innovative ways to make the PBL exercise more impactful.

Here, we illustrate the procedure using the PBL case "Smart Factory", developed based on our PBL3 named as "Reliable Medium Access Control (MAC) for Industrial Internet of Things (IIoT)". The goal of PBL3 is for students to have a deeper understanding of different MAC protocols.

Our collaboration with the ZLL began by submitting the initial version of this PBL exercise for their review and feedback, focusing on the best practices in this teaching method. Their

Original Version

PBL3 - Reliable Medium Access Control (MAC) for Industrial Internet of Things (IIoT)

Norman wonders why he cannot use Wi-Fi for his newly started company to enable monitoring and controlling of an additive manufacturing process for aerospace industry.

In IIoT applications, deterministic communication is critical to meet the stringent requirements in terms of latency, and reliability in real-time systems. IIoT systems often operate in environments where precise timing and coordination are

essential, such as in manufacturing, autonomous robotics, and industrial automation. For instance, real-time control systems used in manufacturing lines rely on synchronized data exchange to ensure proper sequencing and coordination of processes. Delays or interference-disrupted communication leads to inefficiencies, product defects, or even safety hazards.

Popular MAC protocols like Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance (CSMA/CA), as used in Wireless LANs (e.g., Wi-Fi), provide random backoff delays to avoid collisions on shared channels. This technique is inherently non-deterministic, as it introduces variable delays and cannot guarantee a bounded transmission time. This randomness is unsuitable for IIoT applications, where deterministic timing is required to maintain the regular intervals and strict coordination across devices.

Thus, Norman asks for your help with selecting the most reliable MAC protocol. He is also not sure how to evaluate whether a given MAC is suitable for his scenario and a comprehensive comparison including several KPIs is appreciated. Since his factory plant is not completely shielded against radio waves, external interference may have an impact on the performance of the wireless IIoT system.

Improved Version

PBL3 - Reliable Medium Access Control (MAC) for Industrial Internet of Things (IIoT)

You are trying to establish a company specialized on additive manufacturing for aerospace industry.

To be competitive on the market with high-quality products, the manufacturing process must be monitored continuously throughout the factory plant. For this purpose, multiple sensors and actuators are distributed across the plant. Sensor data like temperature and pressure readings must be delivered to the control unit in timely manner to adjust the manufacturing process accordingly using actuation commands.

Since wiring is not feasible due to the complexity of the plant, you opted for a Wi-Fi network with a single access point for the communication between sensors, actuators and the control unit.

First product batches turned out to contain defects. After careful examination of the equipment, it seems that actuators are not executing commands from the control unit within the required latency bound and some sensor data is also missing. The plant is located in an industrial area with several other factories nearby.

Fig. 2: Original and improved version of PBL3

insights significantly helped us improve the exercise description, making it more precise and aligned with the core objectives of PBL in general. The PBL3 exercise description before and after their input is shown in Figure 2.

Furthermore, before arriving at the improved version of the exercise, we engaged with the ZLL to take the PBL exercise as a workshop among tutors. Each step was facilitated by a different tutor. The other tutors had the opportunity to get to know the students' perspective. This hands-on experience helped us to gain more insight on how the exercise should be facilitated from the tutors' viewpoint in accordance with the ZLL's approach and how students would start working with our case.

Key takeaways:

1. **Lack of curiosity in the problem description:** One of the main elements in PBL is igniting student curiosity. Reflecting on the workshop, we recognized this was lacking. This is because the problems presented were overly structured, leaving little to no room for creative and independent thinking (refer Figure 2 – original version).
2. **Too Lengthy:** The problem description was too extended, which can make it difficult for students to take in key concepts and can also be demotivating.
3. **Problem over-disclosure:** Some terms and statements from the problem description may have revealed too much information regarding the potential solution, thereby limiting the curiosity and inquisitive aspect of the PBL.

During the workshop, we also rotated through different roles as moderators, minute-takers, tutors, and students. Another general take away from the workshop was that tutors should always observe the PBL session from the side without dominating discussions or idea development. They must stand back, be patient and intervene only when necessary to keep the session on track, because every intervention makes student teams feel less comfortable and less confident to make it on their own. Sometimes to observe for another 30 seconds makes a huge difference, because students find their mistake or the next step by themselves.

After we realized these issues on our own, we revised PBL3 as shown in Figure 2 – improved version, without revealing all the hints that we would have otherwise given to the students.

4. PRACTICE OF PBL5 “SMART FACTORY” WITH 7 STEPS

As PBL relies on the active participation of students for effective learning, a student engagement strategy is a vital factor to consider. True engagement in learning means students do not just memorize things. Rather, they analyze information, synthesize different perspectives, and apply their knowledge to achieve meaningful outcomes.

In this section, we discuss our experience based on the PBL topic “**Smart Factory**”, incorporating the key takeaways from our workshop with ZLL, as shown in Figure 3.

Before commencing the PBL session, it is crucial to have the right setup. Students are assigned to groups of about 12 students, sitting down facing each other. The group selects a

Smart Factory

In PBL 3 you have worked out the slotted medium access as a solution for reliable and timely delivery of sensor data in the smart factory context.

Trying to enable Timeslotted Channel Hopping (TSCH) on your Wi-Fi-based devices, you found out TSCH does not work under the standard TCP/IP stack due to the limited Maximum Transmission Unit (MTU) of 127 bytes.

Your investigation led you to the IPv6 over the TSCH mode of IEEE 802.15.4e (6TiSCH) protocol stack, which supports IP-based communication over TSCH through an adaptation layer. However, you also found out that the 6TiSCH stack is not yet widely supported by the industry and has two configuration-sensitive components: the routing protocol RPL and the scheduling function (SF).

Since there are many flavors of RPL and different SFs, you must investigate which of those are suitable to fulfill Quality-of-Service requirements, such as low latency, high reliability, and low energy consumption.

Stakeholders additionally require you to provide a variety of results, including experimental and analytical evaluations, as well as simulations to support your arguments.

© ComNets

Fig. 3: Problem description of PBL5 (Smart Factory)

moderator who oversees keeping track of time and coordinating the PBL session. A minute taker is also selected from the group, who keeps track of the discussion and points raised during the session. Students wear name tags to facilitate easy identification by their peers in the group.

Once the PBL case has been provided, students are expected to walk through it, using the seven-step approach (Weber, 2005) to the problem.

Step 1 – Resolve Unclear Terms: The group identifies terms or concepts that are vague, or open to interpretation. Sharing what they know for a more interactive learning experience. New terms: TSCH, IPv6 Adaptation Layer, 6TiSCH protocol stack

Step 2 – Identify Problems and Knowledge Gaps: Students analyze and break down the problem to identify the key topics. Major problems identified: Application of TSCH to the existing network infrastructure, configuration of the scheduling function and routing protocol (RPL).

Step 3 – Hypotheses and Solutions: In a brainstorming students find preliminary answers or explanations.

The students largely suggested using the 6TiSCH stack with optimized configuration for the scheduling function and RPL to address delay- and reliability-sensitive Quality of Service (QoS) requirements of an Industry 4.0 application.

Step 4 – Sort and Rate: Hypotheses and solutions are structured and prioritized, so students can focus on the most feasible or effective approach or solution. Key ideas around RPL and TSCH were selected.

Step 5 – Define the Learning Targets: With these key ideas and some guidance from tutors, students clearly define what their learning targets are.

Final 4 learning targets: the 6TiSCH stack itself and the respective KPIs, namely low latency, low energy consumption and high reliability.

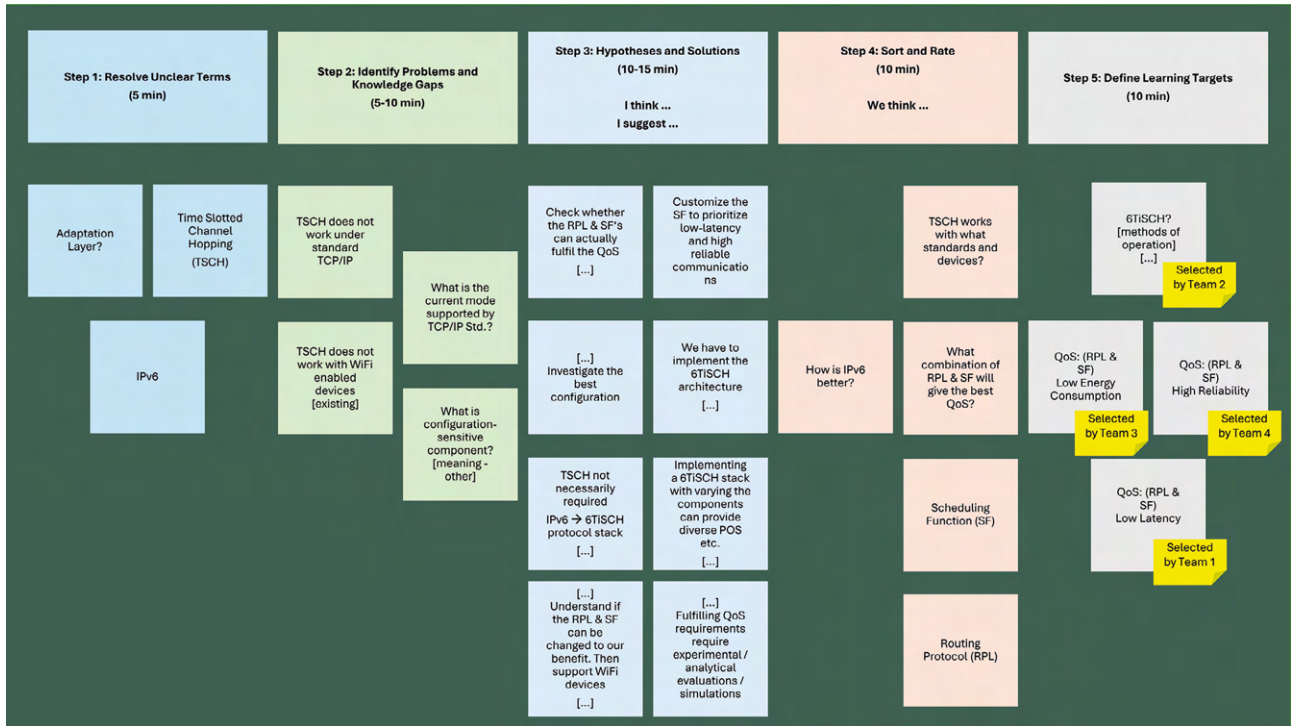


Fig. 4: Example Walk Through of one Student Group from PBL5 (Smart Factory)

After choosing a topic each, the teams can move on to Step 6 and 7 of the PBL.

Step 6 - Individual research: In this self-study phase, students gather additional knowledge from various sources, including course materials, books, research papers, and online resources, based on their learning targets. Each team selects a research paper from a reputable journal or conference, ensuring it aligns with their assigned topic.

Students must justify their selection to their tutor based on criteria such as context clarity, result analysis quality, and citation count relative to the paper's age.

For the **Smart Factory PBL**, students found:

- A reference on the 6TiSCH protocol stack and performance evaluation – (Vilajosana et al., 2019).
- A low-latency scheduling function for delay-sensitive applications – (Pradhan et al., 2022).
- An optimization method for low-power devices, improving the join process and idle listening in 6TiSCH networks – (Van Leemput et al., 2024).
- An emergency-aware scheme enabling reliable data delivery via cell hijacking at the TSCH layer – (Frag et al., 2021).

Step 7 – Discussion and Synthesis: Generally, the goal in this step is for students to discuss their findings based on step 6. Through these discussions, students aim to collaboratively arrive at a solution to the problem. However, for PBL5, students present their findings in the form of a poster based on the paper they select in Step 6. The poster must be designed to conform with good scientific practice (Deutsche Forschungsgemeinschaft, 2025). Students then present their findings during a public poster session, normally organised at the end of the semester, to the faculties, students, and other guests as can be seen in Figure 1.

5. STUDENTS FEEDBACK

During the final poster session, we collected student feedback physically, as illustrated in Figure 5. Each cross represents a student's response, and the colors correspond to our four topic areas: Black – "Smart Factory," Red – "Mapping the Invisible (Localization)," Blue – "Reliable Communication for Urban Air Mobility," and Green – "Space Communications for Moon Missions."

The assessment was divided into two categories:

1. Group Work Evaluation:

- Communication within the team
- Time Management
- Group Organisation

2. Individual Assessment:

- Scientific Contents: The perceived difficulty of understanding the topic.
- Workload: The amount of effort required from everyone.



Fig. 5: Feedback for PBL5 from 48 students from winter semester 2024/25

The smiley face at the center indicates a positive evaluation, while the sad face represents areas with lower ratings. Most feedback is clustered around the center, suggesting generally positive experiences, with some variations for the **Scientific Contents**.

6. LESSONS LEARNED AND OUTLOOK

Our final, exam-oriented PBL, spanning six weeks, provides several benefits for students.

1. **Literature Review:** Students are required to find and justify a reference paper for their poster, evaluating criteria such as relevance, citations, and publication date. This practical approach enhances their literature review skills and deepens their understanding of the topic.
2. **Poster Preparation:** Creating the poster helps students learn template usage, content organization, and scientific referencing. Space limitations encourage them to present only the most relevant findings while maintaining a clear, convincing narrative.
3. **Teamwork & Soft Skills:** Collaborative research and poster development improve teamwork. Students with strong collaboration skills complete tasks more efficiently, while others gain experience in group work. Differences in motivation create peer-learning opportunities, benefiting both less-engaged and advanced students.
4. **Time Management:** Strict deadlines for paper selection and final poster submission mirror real-world working conditions, helping students develop time-management skills.

Despite these benefits, we as tutors faced several challenges.

- **Consultation & Engagement Issues:** Some students miss consultation sessions, leading to errors and knowledge gaps. Unmotivated teams often lack a driving force, reducing overall effort and affecting the final output.

- **Literature Review Challenges:** Since PBL5 serves as an exam basis, tutors must ensure suitable papers are available. This process is time-consuming, and less motivated groups often submit papers without justification, increasing the tutors' workload.
- **Defining Learning Targets:** Clear, well-structured learning objectives in PBL Step 5 are essential for high-quality posters and presentations. Poorly defined targets can disadvantage teams, requiring tutors to refine them despite PBL's principle of minimal intervention.
- **Group Distribution Issues:** Students select topics on a first-come, first-served basis, often leading to uneven group sizes and dissatisfaction. Some students prioritize working with friends, adding complexity to the process.

References

- Deutsche Forschungsgemeinschaft. (2025, January 28). Good scientific practice. https://www.dfg.de/en/research_funding/principles_dfg_funding/good_scientific_practice/index.html
- Farang, H., Grimaldi, S., Gidlund, M., & Osterberg, P. (2021). REA-6TiSCH: Reliable Emergency-Aware Communication Scheme for 6TiSCH Networks. *IEEE Internet of Things Journal*, 8(3), 1871–1882. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2020.3016643>
- Pradhan, N. M., Chaudhari, B. S., & Zennaro, M. (2022). 6TiSCH Low Latency Autonomous Scheduling for Industrial Internet of Things. *IEEE Access*, 10, 71566–71575. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3188862>

Van Leemput, D., Hoebeke, J., & De Poorter, E. (2024). Supporting Ultralow-Power Nodes in 6TiSCH Industrial Wireless Sensor Networks. *IEEE Internet of Things Journal*, 11(23), 38337–38347. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2024.3447234>

Vilajosana, X., Watteyne, T., Vucinic, M., Chang, T., & Pister, K. S. J. (2019). 6TiSCH: Industrial Performance for IPv6 Internet-of-Things Networks. *Proceedings of the IEEE*, 107(6), 1153–1165. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2019.2906404>

Weber, Agnes (2005). Problem-based learning: Ansatz zur Verknüpfung von Theorie und Praxis. *Beiträge zur Lehrerbildung*, 23(1), 94–104. <https://doi.org/10.25656/01:13566>

Authors Information

Koojana Kuladinithi

Senior researcher, leading the communication networks course since 2022.

Aliyu Makama

Wireless sensor networks expert, course tutor.

Yevhenii Shudrenko

PhD candidate researching reliable WSNs, led the “Smart Factory” PBL.

Siska Simon

PBL, PjBL and CBL expert at the center of teaching and learning (ZLL).

Musab Ahmed

PhD candidate in Air-to-Air communications, led the “Localization” PBL.

Teresa Algarra

PhD candidate in space communications, led the “Moon Missions” PBL.

Shashini Wanniarachchi

PhD candidate in Urban Air Mobility, led the “Reliable Communication for UAM” PBL.

Andreas Timm-Giel

President of Hamburg University of Technology, head of the institute, introduced PBL in 2012/13, course lecturer until 2021.

SYSTEMS ENGINEERING IN DER INGENIEURWISSENSCHAFTLICHEN LEHRE: HERAUSFORDERUNGEN UND GOOD PRACTICES

Christina Singer
Technische Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm

ZUSAMMENFASSUNG

Interdisziplinäre Zusammenarbeit und ganzheitliches Denken sind essenziell, um drängende gesellschaftliche Herausforderungen wie den Klimawandel durch technische Innovationen zu bewältigen. Systems Engineering hat sich in der Industrie als bewährte Methodik zur Entwicklung komplexer mechatronischer Systeme etabliert und bietet auch für die ingenieurwissenschaftliche Lehre großes Potenzial. Am Beispiel des studentischen Projekts DriveOhm der TH Nürnberg wird gezeigt, wie Systems Engineering erfolgreich in die Lehre integriert werden kann. Studierende entwickeln mithilfe eines speziell ausgestatteten Modellfahrzeugs eigenständig Fahrerassistenzsysteme und wenden Methoden wie Requirements Engineering, Systemarchitekturentwicklung und Verifikation & Validierung an. Der vorliegende Beitrag präsentiert die erstmalige Umsetzung des Lehrkonzeptes, identifiziert Good Practices und diskutiert Herausforderungen dieses Ansatzes.

Keywords: Systems Engineering, Problembasiertes Lernen, Fahrerassistenzsysteme, SysML, Modellbasierte Softwareentwicklung

1. EINFÜHRUNG

Die Lösung gegenwärtiger technischer Probleme, z. B. in den Bereichen Mobilität und Transport, Energie und Digitalisierung, erfordert die Entwicklung komplexer, vernetzter Systeme mit oft hoher Sicherheitsrelevanz. Neben fachlichen Kompetenzen in Disziplinen wie Informatik, Maschinenbau oder Elektrotechnik gewinnen interdisziplinäre Zusammenarbeit und ganzheitliches Denken für zukünftige Ingenieur:innen zunehmend an Bedeutung. Dabei spielen persönliche, sozial-kommunikative und methodische Fähigkeiten eine entscheidende Rolle.

Das Systems Engineering hat sich im industriellen Kontext als etablierte Vorgehensweise zur Entwicklung komplexer mechatronischer Systeme bewährt (VDI/VDE, 2021). Methoden wie Requirements Engineering, Systemarchitekturentwicklung sowie Verifikation und Validierung unterstützen ein strukturiertes, interdisziplinäres Vorgehen (Haberfellner et al., 2019). Diese Ansätze bieten auch für die ingenieurwissenschaftliche Lehre ein großes Potenzial, um Studierenden praxisnah relevante Methodenkompetenzen zu vermitteln und sie optimal auf die Anforderungen der Industrie vorzubereiten (Kaiser & Schröder, 2022).

Traditionell stark theoretisch geprägte Lehrkonzepte stoßen hier an ihre Grenzen, da sie oft nicht ausreichend auf die praktischen Anforderungen der Industrie vorbereiten. Vor diesem Hintergrund wurde an der TH Nürnberg das studentische Projekt DriveOhm ins Leben gerufen, das Studierenden praxisnahe Einblicke in moderne Entwicklungsmethoden ermöglicht.

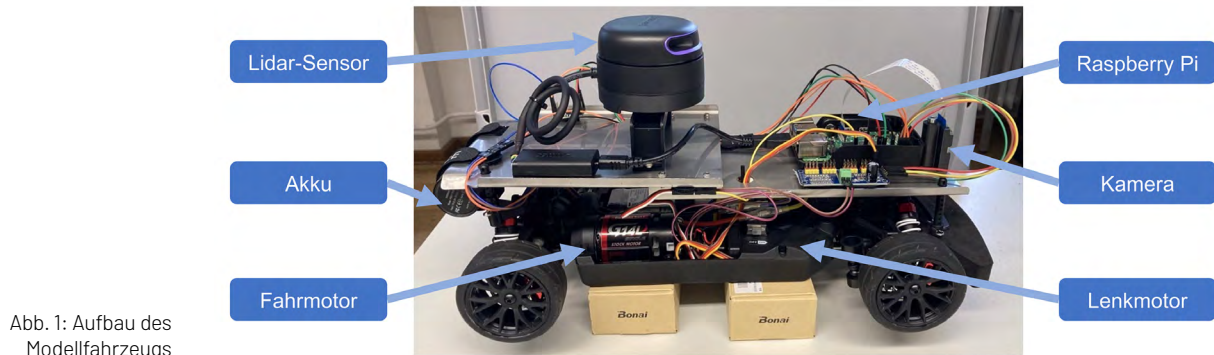


Abb. 1: Aufbau des Modellfahrzeugs

2. ZIELE UND LEHRKONTEXT

Ausgangspunkt für das Projekt DriveOhm ist die Lehrveranstaltung „Fahrzeugelektronik und -software“ im Bachelorstudiengang Maschinenbau (Wahlpflichtfach 6. Semester, 5 ECTS). Hier wird neben technischen Inhalten vor allem thematisiert, wie mechatronische Fahrzeugsysteme methodisch entwickelt werden.

Basierend auf der Erkenntnis, dass theoretische Lerninhalte durch praxisnahe Anwendung effektiver verinnerlicht werden (Kolb, 1984), wird im Rahmen der Veranstaltung ein Praktikum angeboten, das auf den Prinzipien des problembasierten Lernens (Barrows, 1996; Hmelo-Silver, 2004) aufbaut. Speziell ausgestattete Modellfahrzeuge (Maßstab 1:10) dienen als experimentelle Plattform, auf der Studierende in Teams praxisnahe Entwicklungsaufgaben bearbeiten (siehe Abb. 1).

Zentrales Ziel des Projekts ist es, die Brücke zwischen theoretischem Wissen und praktischer Anwendung zu schlagen. Konkret sollen die Studierenden

- Methoden des Systems Engineering praktisch anwenden,
- innovative Fahrzeugfunktionen modellbasiert entwickeln und testen,
- überfachliche Kompetenzen wie Selbstorganisation, Kommunikationsfähigkeit und Projektmanagement erwerben.

Das Projekt DriveOhm gliedert sich in drei Phasen: Vorbereitung, Implementierung und Abschluss. In der Vorbereitungsphase erarbeiten die Studierenden im seminaristischen Unterricht anhand kleinerer Beispiele und Übungen die methodischen Grundlagen des Systems Engineerings. Darüber hinaus lernen die Studierenden die Entwicklungsumgebung (MATLAB/Simulink und ROS) und das Fahrzeug anhand von kleinen Übungen und Online-Tutorials kennen und erwerben dadurch die notwendigen Soft- und Hardwarekenntnisse.

Anschließend bearbeiten die Studierenden in der Implementierungsphase in Teams von 2-3 Personen praxisnahe Entwicklungsaufgaben aus dem Bereich mechatronischer Fahrzeugsysteme. Das Vorgehen während der Projektbearbeitung orientiert sich an der Methodik des V-Modells nach VDI/VDE (2021). Die Entwicklungsarbeit erfolgt weitgehend selbstständig. Unterstützend finden regelmäßige Treffen (ca. alle 2 Wochen) statt, bei denen die Teams den aktuellen Stand ihrer Entwicklungen diskutieren.

Am Ende des Semesters, in der Abschlussphase, präsentieren die Studierenden ihre Ergebnisse anhand eines wissenschaftlichen Posters und demonstrieren in einer Vorführung den anderen Gruppen ihre entwickelte Fahrfunktion. Zusätzlich wird von jedem Team eine strukturierte Dokumentation in Form eines wissenschaftlichen Berichts erstellt.

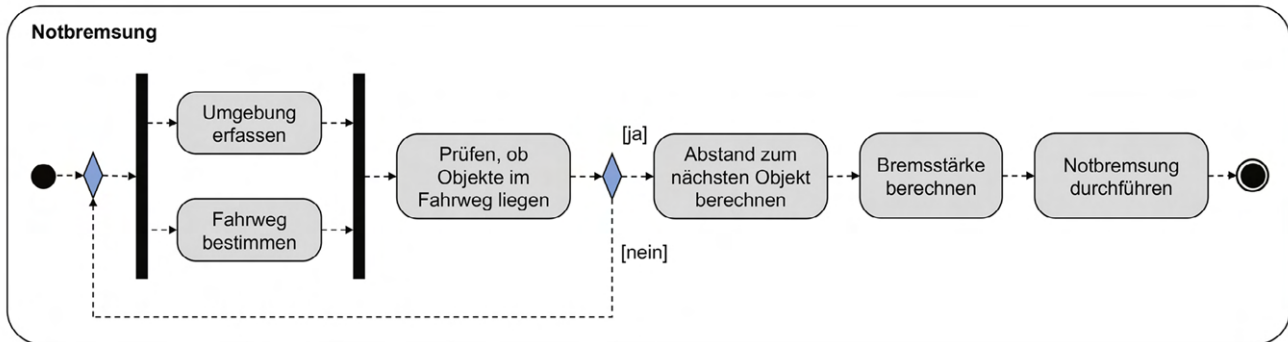


Abb. 2: Aktivitätsdiagramm der autonomen Notbremsfunktion

3. ERGEBNISSE

Im Wintersemester 2024/2025 bearbeiteten 26 Studierende in 9 Teams Aufgaben aus dem Bereich moderner Fahrerassistenzsysteme: u. a. Entwicklung von Abstandswarner, autonomer Notbremsfunktion, Totwinkelassistent sowie autonomer Ausweichfunktion. Diese Assistenzsysteme sind zentraler Bestandteil moderner Fahrzeugsicherheit und tragen dazu bei, Unfälle zu vermeiden und die Sicherheit aller Verkehrsteilnehmer zu erhöhen (Kühn, Bende & Hannawald, 2024).

Dieser Beitrag zeigt beispielhaft die Ergebnisse der Studierenden, die die autonome Notbremsfunktion entwickelt haben. Dieses Sicherheitssystem kommt bei Straßenfahrzeugen zum Einsatz, wenn der Fahrer bei einer drohenden Kollision mit einem Hindernis nicht rechtzeitig reagiert oder die Gefahr nicht erkennt. In diesem Fall leitet das System automatisch eine Bremsung ein, die den Zusammenstoß verhindert oder zumindest die Folgen abmildert (Winner, 2015).

Im ersten Entwicklungsschritt definierten die Studierenden ihr zu entwickelndes System. Mithilfe eines Systemkontextdiagramms wurden die wichtigsten externen Akteure (Stakeholder, Systeme und Umwelteinflüsse) sowie deren Wechselwirkungen

mit dem zu entwickelnden System visualisiert. Darauf aufbauend wurden die konkreten Anforderungen an das System spezifiziert. Hierfür wurden Satzschablonen verwendet, die die Struktur des Anforderungssatzes vorgeben (Rupp et al., 2021).

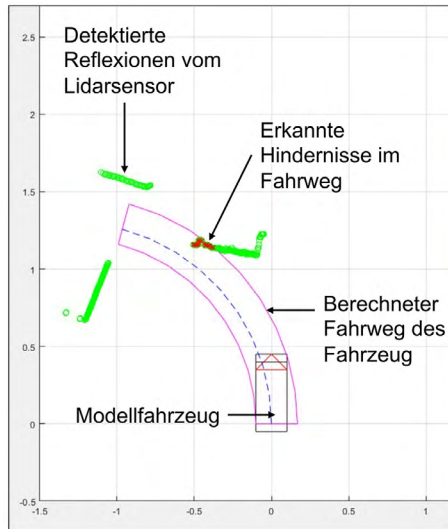
Beispiele für entwickelte Anforderungen:

Anf.-ID1: Die autonome Notbremsfunktion muss Hindernisse im Fahrweg des Fahrzeugs mit einer minimalen Größe von 10 cm x 10 cm x 10 cm auf eine Entfernung von bis zu 5 m um das Fahrzeug herum erkennen.

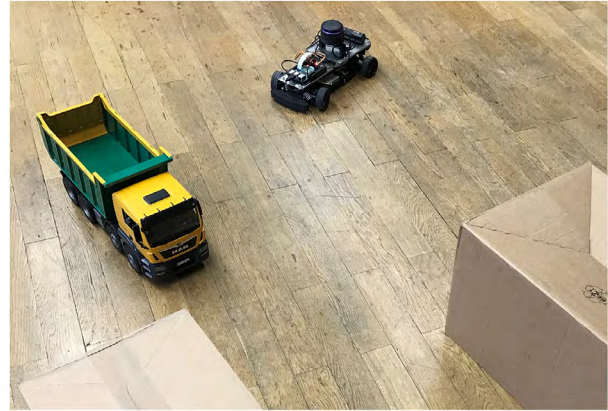
Anf.-ID2: Falls ein Hindernis im Fahrweg des Fahrzeugs erkannt wird, dessen Abstand zur Fahrzeugfront kleiner als 1,5 m ist, muss die autonome Notbremsfunktion eine Bremsung mit maximal möglicher Verzögerung aktivieren.

Darauf aufbauend erfolgte die systematische Entwicklung von Lösungskonzepten, wobei die Studierenden ihre Realisierung zunächst anhand von Systemarchitektursichten in SysML (Object Management Group, 2019) entwarfen. Sie modellierten die Funktion ihres Systems mit einem Aktivitätsdiagramm (siehe Abb. 2) und stellten die physische Architektur anhand eines internen Blockdiagramms dar.

Abb. 3: Funktionsweise der Fahrwegüberwachung mit einem Lidarsensor



Szenario: Das Modellfahrzeug fährt auf drei Objekte zu. Der Lidarsensor erfasst die Umrisse der Objekte (grüne Punkte). Hindernisse im voraussichtlichen Fahrweg (pinke Markierung) werden detektiert (rote Punkte).



Im nächsten Schritt erfolgte die technische Umsetzung der autonomen Notbremsfunktion. Zur Überwachung des Fahrzeugumfelds wurde ein Lidarsensor eingesetzt. Bei dieser Sensortechnologie wird ein stark gebündelter Lichtstrahl hoher Intensität im Wellenbereich des nicht sichtbaren Lichts ausgesandt und die Zeit gemessen, bis der am Objekt reflektierte Lichtstrahl wieder auf den Sensor trifft. Aus der Signallaufzeit kann die Entfernung zum Objekt berechnet werden (Beuth, Parl & Gotzig, 2024). Die Entfernungsmessung mit Lidar ist im Vergleich zu anderen Sensoren, wie z. B. Kameras, sehr genau. Zudem kann aus den ermittelten Reflexionspunkten in Sensorhöhe eine zweidimensionale Umgebungsdarstellung generiert werden. Der Lidarsensor scannt die Fahrzeugumgebung im gesamten Umkreis um das Fahrzeug (360° , Reichweite ca. 10 m). Anhand der erfassten Reflexionen können Objekte im Fahrzeugumfeld detektiert werden. Zusätzlich prognostizieren die Softwarealgorithmen auf Basis der Fahrzeugparameter Geschwindigkeit und Lenkwinkel die zukünftige Trajektorie des Fahrzeugs (siehe Abb. 3). Liegen einzelne Reflexionspunkte des Lidarsensors innerhalb der berechneten Trajektorie, werden

diese als potentielle Hindernisse deklariert. Unterschreitet der Abstand des Objekts zum Fahrzeug einen einstellbaren Schwellwert (z. B. 1,5 m), wird automatisch eine Notbremsung eingeleitet.

Die Umsetzung dieser Funktionalität in Software erfolgte mittels modellbasierter Softwareentwicklung in der Entwicklungsumgebung MATLAB/Simulink. Als Middleware für die Kommunikation wurde das open-source Framework ROS (Robot Operation System) eingesetzt (ROS, 2025). Nach der Integration in das Gesamtfahrzeug fand der Test des Systems statt. Mit Hilfe von spezifikationsorientierten Testfallermittlungsverfahren definierten die Studierenden Black-Box-Testfälle, anhand derer überprüft werden kann, ob die zu Beginn des Projekts definierten Anforderungen durch das entwickelte System auch tatsächlich erfüllt werden (Liggesmeyer, 2009).

Beispiele für entwickelte Testfälle:

Test.-ID1:

Getestete Anforderung: Anf.-ID1:

Vorbedingung: Fahrzeug im Stillstand, Hindernis-erkennung aktiv

Eingabewerte: Objekte (min. Größe von 10 cm x 10 cm x 10 cm) werden im Kreis mit Radius 1 m in 45° Abständen um das Fahrzeug platziert
Wiederholung mit Radius 2,5 m und 5 m

Erwartete Ergebnisse: Autonome Notbremsung erkennt alle Objekte als Hindernisse

Test.-ID2:

Getestete Anforderung: Anf.-ID2:

Vorbedingung: Fahrzeug fährt mit konstanter Geschwindigkeit ($v = 1 \text{ m/s}$) geradeaus, autonome Notbremsfunktion aktiv
Eingabewerte: Objekt (min. Größe von 10 cm x 10 cm x 10 cm) wird 8 m vor dem Fahrzeug platziert
Wiederholung für $v = 2 \text{ m/s}$, 3 m/s und 5 m/s

Erwartete Ergebnisse: Autonome Notbremsung erkennt Objekt als Hindernis und leitet eine Notbremsung mit max. Verzögerung ein, sobald der Abstand zur Fahrzeugfront $< 1,5 \text{ m}$ ist.

Teil der Projektarbeit war auch die Durchführung einer Risikoanalyse, um mögliche Gefahren und Schwachstellen im System frühzeitig zu identifizieren, zu bewerten und entsprechenden Vermeidungsmaßnahmen einzuleiten. Hierzu führten die

Studierenden eine Fehlermöglichkeits- und -einflussanalyse (FMEA) durch (Brückner, 2019). Die aus der Risikoanalyse abgeleiteten Abstellmaßnahmen flossen in die Systementwicklung zurück.

Insgesamt konnte so innerhalb eines Semesters eine innovative Fahrerassistenzfunktion systematisch mit Methoden des Systems Engineering entwickelt werden.

4. EVALUATION

Die Evaluation des Projektes fand in zweierlei Form stand. Zum einen reflektieren die Studierenden im Projektbericht ihren Lernprozess anhand einzelner Fragen schriftlich. Zum anderen fand am Ende des Semesters ein Reflexionsgespräch mit allen Teilnehmenden statt, in dem die durchgeführte Projektarbeit gemeinsam diskutiert wurde.

Wie die Auswertung des schriftlichen Feedbacks zeigt, erwies sich das Projekt als effektive Plattform, um theoretisches Wissen in die Praxis umzusetzen und ein tieferes Verständnis für die Entwicklung mechatronischer Systeme zu entwickeln (siehe Abb. 4).

Identifizierte Good Practices

Im Rahmen der Evaluation wurden mehrere Aspekte als besonders förderlich für den Lernerfolg der Studierenden identifiziert:

- Die Aufgabenstellung, die eine innovative Funktion mit hoher Praxisrelevanz umfasste, wurde als besonders motivierend wahrgenommen.

Abb. 4: Ergebnisse des schriftlichen Lernfeedbacks: Erworbene Kompetenzen im Projekt Drive0hm

Methodische Kompetenzen	Fachliche Kompetenzen	Soziale Kompetenzen
• Systemgrenzen und Wechselwirkungen des Systems mit seiner Umwelt modellieren • Anforderungen mit Satzschablonen spezifizieren • Systemarchitektursichten mit SysML-Diagrammen erstellen • Testfälle entwickeln, durchführen und dokumentieren • Technische Risiken identifizieren und bewerten	• Software modellbasiert mit MATLAB/Simulink entwickeln • Einplatinencomputer (Raspberry Pi) programmieren • Datenaustausch über ein ROS-Netzwerk realisieren • Lidarsensordaten erfassen und weiterverarbeiten • Fahrerassistenz- und Automatisierungsfunktionen entwickeln	• Projektergebnisse zusammenfassen und präsentieren • Im Team zusammenarbeiten und kommunizieren • Konflikte im Team lösen • Aufgaben strukturieren und koordinieren • Aufgaben planen und termingerecht abschließen

- Die Arbeit in Kleingruppen (zwei bis drei Personen) erwies sich als sinnvoller Kompromiss zwischen effizienter Arbeitsaufteilung und einem überschaubaren Abstimmungsaufwand.
- Die regelmäßigen Abstimmungen sowohl mit den Betreuenden als auch mit anderen Teams (alle zwei Wochen) wurden als sehr hilfreich bewertet.
- Die hohe Eigenverantwortung und die flexible Zeiteinteilung ermöglichten eine selbstbestimmte Arbeitsweise, insbesondere im Vergleich zu klassischen Praktika mit festgelegten Zeitstrukturen.
- Ein vordefinierter Systemaufbau – in diesem Fall ein Modellfahrzeug mit standardisiertem Grundsetup – erleichterte die Entwicklung, da der Fokus auf der Funktionserweiterung lag und nicht auf der vollständigen Neuentwicklung eines Fahrzeugs.
- Die gezielte Anwendung weniger, aber detailliert behandelter Systems-Engineering-Methoden wurde als positiv empfunden.
- Ein gewisser Wettbewerbscharakter förderte das Engagement der Studierenden.

Herausforderungen

Neben den positiven Aspekten wurden auch Herausforderungen identifiziert, die potenzielle Verbesserungsmöglichkeiten für zukünftige Durchführungen aufzeigen:

- Technische Probleme mit dem vorhandenen Setup, wie der Ausfall von Komponenten (z. B. eines Motorcontrollers), führten zu unvorhergesehenen Ablenkungen von der eigentlichen Entwicklungsarbeit.
- Die Softwareentwicklung erwies sich als besonders zeitintensiv. Die Kommunikation zwischen den verschiedenen Modulen sowie die aufwändige Fehlersuche stellten dabei zentrale Herausforderungen dar. Zudem erforderte die unzureichende Dokumentation des bestehenden Grundmodells eine zusätzliche Einarbeitungszeit.
- Für die Systemarchitekturentwicklung stand kein spezifisches Tool zur Verfügung. Frei verfügbare SysML-Tools erfordern einen hohen Einarbeitungsaufwand, während alternative Methoden (z. B. PowerPoint oder manuelle Skizzen) bei Änderungen mit erheblichem zusätzlichem Aufwand verbunden sind.
- Die unterschiedlichen Vorkenntnisse der Studierenden führten zu variierenden Einarbeitungszeiten und Lernkurven. Dies bedingte sehr unterschiedlich weit fortgeschrittene Lösungen zwischen den Gruppen.

- Die Bewertung der Leistung erfolgte ausschließlich in Form eines „Bestanden/Nicht bestanden“-Kriteriums, was in Anbetracht des hohen Arbeitsaufwands als wenig anreizend empfunden wurde.

Basierend auf dem Feedback der Teilnehmenden wurden bereits erste Maßnahmen definiert, die ab dem Sommersemester 2025 implementiert werden. Dazu gehören unter anderem die Einführung einer benoteten Studienarbeit zur stärkeren Anreizsetzung und differenzierteren Leistungsbewertung, die Bereitstellung von Vorschlägen für geeignete Online-SysML-Tools zur Unterstützung der Modellierung, die Entwicklung eines Online-FAQ-Bereichs mit Hilfestellungen zu häufig auftretenden technischen Problemen sowie die Berücksichtigung der Vorkenntnisse der Studierenden bei der Gruppeneinteilung. Diese Maßnahmen sollen dazu beitragen, den Ablauf der Projektarbeit weiter zu optimieren und den Lernprozess der Studierenden nachhaltig zu verbessern.

5. FAZIT UND AUSBLICK

Das Projekt DriveOhm macht die Systems Engineering Lerninhalte der Veranstaltung „Fahrzeugelektronik und -software“ im Bachelorstudiengang Maschinenbau für die Studierenden praktisch erlebbar. Anhand von Modellfahrzeugen können die Studierenden eigenständig mechatronische Fahrzeugsysteme entwickeln und dabei Methoden des Systems Engineering anwenden. Das Feedback der Studierenden zeigt, dass damit das Ziel des Projekts erreicht wird. Die Brücke zwischen theoretischem Wissen und praktischer Anwendung wird geschlossen. Die Studierenden vertiefen ihre Kenntnisse in Systems Engineering Methoden, entwickeln und testen eigenständig innovative Fahrzeugfunktionen und stärken gleichzeitig ihre

überfachlichen Kompetenzen in den Bereichen Selbstorganisation, Kommunikationsfähigkeit und Projektmanagement.

Durch den spielerischen Umgang mit den Modellfahrzeugen werden außerdem Hemmschwellen im Umgang mit Elektronik und Softwareentwicklung abgebaut und gleichzeitig das Interesse und die Begeisterung für innovative Mobilitätslösungen gefördert. Die Studierenden fühlen sich dadurch besser für die berufliche Praxis gerüstet. Damit leistet das Projekt einen wichtigen Beitrag zur Ausbildung des Ingenieur Nachwuchses.

Das Projekt DriveOhm wird 2025 im Rahmen einer weiteren Förderung durch die TH Nürnberg fortgesetzt. Geplant ist, die Fahrumgebung für die Modellfahrzeuge, die derzeit nur aus Straßenmatten besteht, zu erweitern. Dazu wird gemeinsam mit den Studierenden eine kleine Modellstadt aufgebaut. Damit können komplexere Fahrsituationen abgebildet und die autonomen Funktionen der Fahrzeuge (z. B. im Bereich der Bildverarbeitung mit KI-Algorithmen) deutlich erweitert werden.

Literatur

Barrows, H. S. (1996). Problem-based learning in medicine and beyond: A brief overview. In L. Wilkerson & W. H. Gijssels (Eds.), *Bringing problem-based learning to higher education: Theory and practice* (pp. 3 – 12). Jossey-Bass.

Beuth, H., Parl, C. & Gotzig, H. (2024). LidAR. In H. Winner, K. C. J. Dietmayer, L. Eckstein, M. Jipp, M. Maurer, & C. Stiller (Hrsg.), *Handbuch Assistiertes und Automatisiertes Fahren* (S. 357 – 378). Springer Vieweg.

Brückner, C. (2019). Qualitätsmanagement – Das Praxishandbuch für die Automobilindustrie (2. Aufl.). Hanser.

Haberfellner, R., de Weck, O., Fricke, E. & Vössner, S. (2019). Systems Engineering – Fundamentals and Applications. Birkhäuser.

Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-based learning: What and how do students learn? Educational Psychology Review, 16(3), 235–266.

Kaiser, L. & Schröder, E. (2022). Systems Engineering in university education with focus on Systems Thinking. Proceedings of NordDesign, Copenhagen, Denmark.

Kolb, D. A. (1984). Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development. Prentice Hall.

Kühn, M., Bende, J. & Hannawald, L. (2024). Fahrerassistenzsysteme und automatisierte Fahrfunktionen – Unfallgeschehen und Sicherheitspotenziale. In H. Winner, K. C. J. Dietmayer, L. Eckstein, M. Jipp, M. Maurer, & C. Stiller (Hrsg.), Handbuch Assistiertes und Automatisiertes Fahren (S. 71 – 90). Springer Vieweg.

Liggesmeyer, P. (2009). Software-Qualität (2. Aufl.). Spektrum Akademischer Verlag.

Object Management Group (OMG). (2019). OMG Systems Modeling Language (OMG SysML, Version 1.6). <https://www.omg.org/spec/SysML/1.6/>

Robot Operating System (ROS). (2025): Robot Operating Systems. <https://www.ros.org/>

Rupp, C. & die SOPHISTen (2021). Requirements-Engineering und -management (7. Aufl.). Hanser.

VDI/VDE (2021). VDI/VDE 2206:2021-11: Entwicklung mechatronischer und cyber-physischer Systeme. VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik.

Winner, H. (2015). Grundlagen von Frontkollisionsschutzsystemen. In H. Winner, S. Hakuli, F. Lotz, & C. Singer (Hrsg.), Handbuch Fahrerassistenzsysteme (S. 893 – 912). Springer Fachmedien.

Angaben zur Autorin

Prof. Dr.-Ing. Christina Singer

lehrt Fahrzeugtechnik an der Fakultät Maschinenbau und Versorgungstechnik der TH Nürnberg. Zuvor war Sie als Expertin im Bereich Verifikation & Validierung mechatronischer Systeme in der Automobilindustrie tätig.

ENTWICKLUNG INNOVATIVER PRODUKTIDEEN PROJEKTBASIERT LEHREN UND PRÜFEN

Alisa Lindner, Ralf Reißing
Hochschule Coburg

ZUSAMMENFASSUNG

Der Beitrag behandelt ein Modul im Bachelor-Studiengang Automobiltechnologie, das sich mit der menschenzentrierten Entwicklung innovativer Produkte für die Automobilindustrie befasst. Zwei Lehrende aus unterschiedlichen Disziplinen haben es gemeinsam entwickelt und gelehrt. Das Lehrkonzept und die Erfahrungen bei der Durchführung können anderen Lehrenden als Anregung für die (Weiter-)Entwicklung eigener Module dienen.

Im Mittelpunkt des Lehrkonzepts steht ein durchgängiges Projekt, in dem Studierende in festen Projektgruppen innovative Produkte entwickeln. Das Projekt bildet auch den strukturellen und inhaltlichen Rahmen der einzelnen Lehrveranstaltungen. Diese finden im Teamteaching statt, werden also von beiden Lehrenden gemeinsam vorbereitet, durchgeführt und nachbereitet. Die Vermittlung der Inhalte erfolgt durch seminaristischen Unterricht mit Übungen in Kleingruppen. Die Prüfungsleistungen werden als Beiträge zum Projekt über die Vorlesungszeit verteilt erbracht.

Keywords: Teamteaching, projektbasierte Lehre, Gruppenarbeit, menschenzentrierte Produktentwicklung, Innovation

1. EINFÜHRUNG

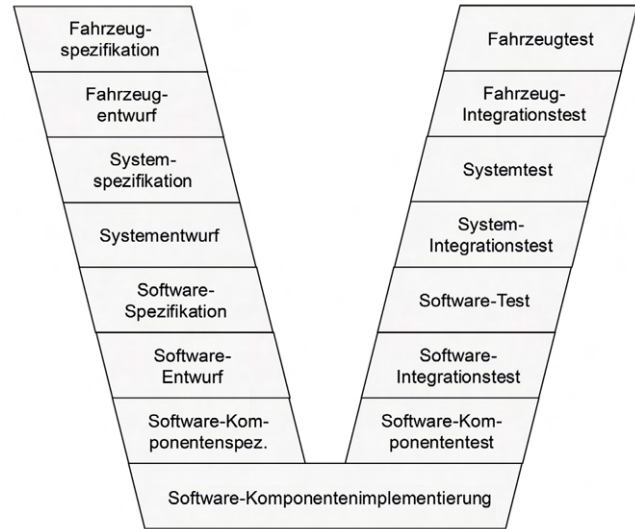
Menschliche Mobilität ist vielfältig. Um innovative Fahrzeuge zu entwickeln, ist fundiertes Wissen über die Bedürfnisse und Fähigkeiten der Nutzer notwendig, um eine sichere und komfortable Nutzung zu gewährleisten. Gleichzeitig müssen Produkte systematisch zur Serienreife entwickelt werden, um Korrektheit, Zuverlässigkeit und Sicherheit zu garantieren. Studierende müssen die nötigen Kompetenzen erwerben, um in diesem Spannungsfeld hochwertige Lösungen zu entwickeln.

Zwei Ansätze sind hierzu besonders geeignet: Der menschenzentrierte Gestaltungsprozess nach ISO 9241-210 (ISO, 2019) beschreibt, wie Produkte unter Berücksichtigung der Bedürfnisse der Endnutzer entwickelt werden. Das V-Modell (VDI, 2021) beschreibt einen strukturierten Prozess für die Entwicklung technischer Systeme. Die Verknüpfung beider Ansätze ermöglicht es, menschliche Bedürfnisse zu berücksichtigen und darauf aufbauend technische Lösungen in Form von Produkten zu schaffen.

Obwohl sich beide Ansätze ergänzen, werden sie selten gemeinsam gelehrt – vermutlich wegen ihrer unterschiedlichen disziplinären Ursprünge. Der menschenzentrierte Gestaltungsprozess setzt auf psychologisches, kreatives Denken zur Ermittlung von Nutzerbedürfnissen und daraus abgeleiteten Nutzeranforderungen. Das im Ingenieurwesen beheimatete V-Modell wiederum verfolgt eine strukturierte Entwicklung basierend auf bereits bekannten Nutzeranforderungen bis hin zur Serienreife.

Abb. 1: V-Modell für die Entwicklung von Fahrzeugen.

Damit beide Ansätze jeweils ihre Stärken ausspielen können, müssen sie zusammengedacht werden. Daraus ergibt sich die Motivation für das Modul Menschzentrierte Produktentwicklung in der Automobilindustrie (MPE), ein Pflichtmodul im Hauptstudium des Bachelorstudiengangs Automobiltechnologie (Hochschule Coburg, 2025a). Das Modul beruht inhaltlich auf zwei Teilmodulen aus dem Masterstudiengang Autonomous Driving (Hochschule Coburg, 2025b). Die ersten Durchführungen von MPE fanden im Sommersemester 2024 und 2025 mit 12 bzw. 17 männlichen Studierenden statt. Aus den bisherigen Erfahrungen ergeben sich die unten diskutierten Lessons Learned.



2. FACHLICHE FUNDIERUNG

Das V-Modell des System Engineerings beschreibt, welche Phasen ein Entwicklungsprozess in welcher Reihenfolge durchlaufen muss, um von bekannten Nutzer- oder Kundenanforderungen zum fertig entwickelten Produkt zu kommen (beginnend oben links, siehe Abb. 1). Der Name leitet sich von der V-Form ab, die entsteht, wenn man die Entwicklungsphasen einer Abstraktionsebene grafisch auf gleicher Höhe darstellt, beispielsweise die Systemspezifikation und den Systemtest.

Im Studiengang Automobiltechnologie stand früher das V-Modell im Mittelpunkt. Bei der Studiengangsreform vor drei Jahren wurde erkannt, dass Lehrinhalte zur systematischen Erfassung von Nutzeranforderungen fehlen, die als Eingangsinformation für das V-Modell nötig sind. Im Studiengang müssen also Methoden zur strukturierten Erhebung und Dokumentation von Nutzeranforderungen sowie die dafür nötigen Kompetenzen ergänzt werden. Ein geeigneter Ansatz ist der menschzentrierte Gestaltungsprozess (engl. human-centred design, HCD). Der Ansatz kann technologische Lösungen, Produkte und Dienstleistungen entwickeln oder bestehende Systeme so

verbessern, dass Menschen, die mit ihnen interagieren, davon profitieren (Dorton, et al., 2021). Der Ansatz stellt also nicht das Produkt und seine Eigenschaften, sondern die Menschen sowie ihre Bedürfnisse und Fähigkeiten in den Mittelpunkt.

Der menschzentrierte Gestaltungsprozess (siehe Abb. 2) umfasst nach einer initialen Planung vier Phasen, um Menschen durchgängig in die Entwicklung technischer Lösungen einzubeziehen (ISO, 2019):

Phase 1: Beschreibung des Nutzungskontexts – Aufgaben, Umgebung und nutzende Personen (Maguire, 2001).

Phase 2: Spezifikation der Nutzungsanforderungen – formale Beschreibung der Bedürfnisse der Nutzenden.

Phase 3: Entwicklung von Gestaltungslösungen, die diese Anforderungen erfüllen; basierend auf der Identifikation des richtigen Problems (Nessler, 2018).

Phase 4: Evaluation aus Nutzersicht – ausgewählte Lösungen prototypisch umsetzen und mit den Nutzern testen; ggf. iterieren.

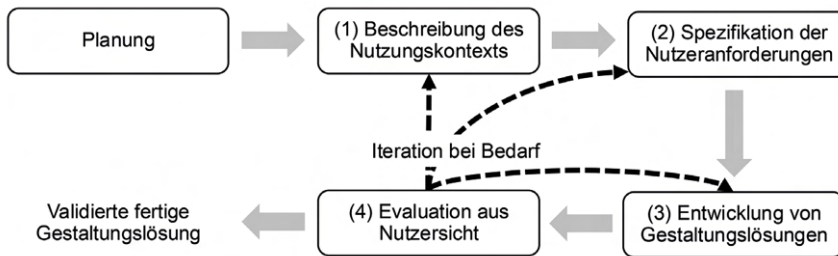


Abb. 2: Menschzentrierter Gestaltungsprozess nach ISO (2019).



Abb. 3: Menschzentrierter Gestaltungsprozess und V-Modell im Produktentstehungsprozess.

Im Produktentstehungsprozess (PEP) im Automobilbereich sind sowohl der menschenzentrierte Gestaltungsprozess als auch das V-Modell vertreten, jedoch zu unterschiedlichen Zeitpunkten (siehe Abb. 3). Sie beeinflussen sich wechselseitig, weshalb in MPE beide Ansätze und ihr Zusammenwirken behandelt werden. Der Schwerpunkt liegt dabei auf dem menschenzentrierten Gestaltungsprozess, da das V-Modell bereits in anderen Lehrveranstaltungen vertieft wird.

3. LEHRKONZEPT

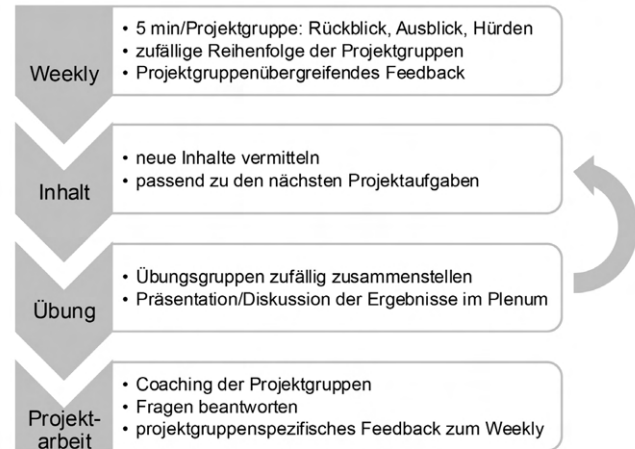
Die wesentlichen Qualifikationsziele des Moduls sind: Die Studierenden ...

1. entwickeln unter Anwendung des menschenzentrierten Gestaltungsprozesses eine Produktidee im Bereich der Automobilindustrie.

2. ermitteln, dokumentieren, prüfen und verwalten Anforderungen an ein Produkt und setzen diese in geeignete Prototypen um.
3. interagieren zielgerichtet mit Nutzern.
4. präsentieren Ergebnisse von Gruppenarbeiten.
5. organisieren sich selbst sowie die Zusammenarbeit in Projektgruppen.

Die komplementären Disziplinen und Perspektiven der beiden Lehrenden legen Teamteaching (Kricke & Reich, 2016) nahe. Ergänzt wird das Konzept durch seminaristischen Unterricht, Kleingruppenübungen und ein durchgängiges Projekt. Im Projekt setzen die Studierenden in festen Projektgruppen die gelernten Methoden zeitnah praktisch um. Die Prüfung basiert auf den Leistungen der Studierenden im Projekt, mit denen sie ihre Performanz hinsichtlich der zu erwerbenden Kompetenzen zeigen können.

Abb. 4: Ablauf einer Lehrveranstaltung.



4. TEAMTEACHING

Teamteaching bedeutet für uns neben der gemeinsamen Konzeption des Moduls auch, die Vorbereitung, Durchführung und Nachbereitung jeder Lehrveranstaltung gemeinsam zu absolvieren. Als Infrastruktur nutzen wir Microsoft Teams mit einer Ablage aller Dateien, z. B. Zeitplan, Foliensatz und Zusatzmaterialien.

Die Inhalte und der zeitliche Ablauf der einzelnen Lehrveranstaltungen bereiteten wir gemeinsam in festen Treffen vor. In der Durchführung übernahm jeweils der fachlich passende Lehrende den jeweiligen Abschnitt, der jeweils andere assistierte. Die Nachbereitung erfolgte meist informell beim gemeinsamen Mittagessen, was auch dem Zusammenhalt dienlich war. Teamteaching erwies sich über die fachliche Weiterbildung hinaus als wertvoll: Wir reflektieren unsere unterschiedlichen Perspektiven und profitieren von den Lehrmethoden des jeweils anderen.

5. ABLAUF EINER LEHRVERANSTALTUNG

Das Modul mit 4 SWS (5 ECTS) wird wöchentlich als zwei aufeinanderfolgende 90-min-Einheiten in einem Seminarraum abgehalten. Die Verblockung bietet zeitliche Flexibilität bzgl. der Länge der einzelnen Bausteine sowie der Pause.

Der Ablauf der Lehrveranstaltung (siehe Abb. 4) wird wesentlich durch das Projekt bestimmt. Die Lehrveranstaltung beginnt mit dem Weekly. Jede Projektgruppe stellt in max. fünf Minuten

den aktuellen Stand vor: den Fortschritt der letzten Woche, geplante Aktivitäten für die kommende Woche und aktuelle Schwierigkeiten. Das Weekly Stand-up, kurz Weekly, ist eine Methode in der agilen Entwicklung. Ein Projektteam diskutiert dort wöchentlich in knapper Form den aktuellen Stand des Projekts. In MPE ermöglicht das Weekly den Lehrenden, den Arbeitsstand der Projektgruppen kurz und knapp erfassen zu können. Im Weekly selbst geben die Lehrenden vor allem Feedback, das für alle Projektgruppen relevant ist. Projektgruppenspezifisches Feedback wird in der Projektarbeit am Schluss der Lehrveranstaltung gegeben, bei dem beide Lehrende parallel als Coaches agieren. Es stehen dort mindestens 30 Minuten zur Verfügung, in denen die Projektgruppen weitere Schritte planen, inhaltlich arbeiten und offene Fragen mit den Lehrenden klären können.

Innerhalb des durch die Projektarbeit aufgespannten Rahmens stellen die Lehrenden für die Projektarbeit der kommenden Woche notwendige Inhalte in kleinen Einheiten in Form von seminaristischem Unterricht vor. Neue Methoden üben die Studierenden anschließend in jeweils zufällig zusammengestellten Kleingruppen passender Größe, bevor die nächste Einheit folgt.

6. DURCHGÄNGIGES PROJEKT

Gemäß der Taxonomie von Anderson & Krathwohl (Krathwohl, 2002) fokussiert sich die Projektarbeit auf die Kompetenzstufen Analysieren, Evaluieren und Erschaffen: Analysieren bedeutet, Material zu strukturieren (z. B. Auswertung der Nutzerforschung). Evaluieren bezieht sich bei uns auf die Auswahl der besten Lösungskonzepte, basierend auf Nutzerbedürfnissen. Erschaffen umfasst die Konzeption eines nutzerzentrierten Produkts.

Das durchgängige Projekt wird in festen Projektgruppen von 5-7 Studierenden bearbeitet. Für die Themensetzung des Projekts legen wir mehrere Kriterien zugrunde: Sie sollte einen klaren Bezug zum Automobil haben sowie aktuell oder nur mäßig zukünftig sein. Auch muss eine prototypische Umsetzung haptisch erlebbar sein und mit angemessenem Zeitaufwand erfolgen können. Das Problem sollte nicht trivial, gleichzeitig auch nicht zu komplex sein. Im Sommersemester 2024 wählten die Lehrenden das Thema Fahrzeugöffnung/ -schließung, was sich durch einfache Probandenrekrutierung und haptisch erfahrbare Prototypen bewährte. Im Sommersemester 2025 entwickelten die Studierenden ihr Thema selbst mittels der Kreativitätsmethode 6-3-5 (Lewrick, Link, & Leifer, 2020), und entschieden sich für ein flexibles Ablageflächenkonzept im Fahrzeuginnenraum.

7. PRÜFUNG

Die Prüfung besteht aus fünf lehreveranstaltungsbegleitenden praktischen Prüfungsleistungen (PL1-5), die den Fortschritt der Projektgruppen im Verlauf des Projekts erfassen. PL1, 3 und 5 sind Präsentationen mit anschließender Diskussion, wobei sowohl die Projektgruppe als Ganzes als auch individuelle Anteile

bewertet werden. Die individuellen Bewertungen betreffen Vortrag und Beantwortung von Fragen in der Diskussion. PL2 und 4 sind Abgaben von Anforderungsdokumenten, die projektgruppenbezogen bewertet werden. Für jede Prüfungsleistung gibt es festgelegte Kriterien und Gewichte, aus denen eine Gesamtpunktzahl pro Prüfling berechnet wird. Diese Punktzahl wird mit Feedback-Kommentaren in Moodle hinterlegt.

Studentisches Feedback zeigte, dass die gleiche Punktzahl für alle Mitglieder bei einer Gruppenleistung als ungerecht empfunden wurde, wenn die tatsächlichen individuellen Beiträge unterschiedlich waren. Da die Prüfenden nur begrenzt Einblick in die gruppeninternen Aktivitäten außerhalb der Lehrveranstaltung haben, wurde das Konzept der von den Projektgruppen selbst vergebenen Fairnesspunkte eingeführt: Projektgruppen können die Punkte einzelner Mitglieder um bis zu 10 % differenzieren, wenn sie es für notwendig halten. Im Mittelwert muss die Punktzahl über alle Gruppenmitglieder der ursprünglichen Punktzahl entsprechen. Die Mitglieder müssen den Vorschlag einvernehmlich festlegen, wobei die Prüfenden diesen ablehnen können, z. B. wenn er unfair erscheint oder den eigenen Beobachtungen widerspricht. Wird keine Entscheidung getroffen, erhalten alle Mitglieder die gleiche Punktzahl. Zwei von drei Projektgruppen nutzten im Sommersemester 2024 Fairnesspunkte, wobei sie Faktoren wie Projektleitung und Umfang der Mitarbeit berücksichtigten. Die so entstandene individuelle Neubewertung war für die Lehrenden nachvollziehbar und ging daher in die Gesamtbewertung ein.

8. LESSONS LEARNED

Zur weiteren Verbesserung des Lehrkonzepts bedienten wir uns in der ersten Durchführung im Sommersemester 2024 dreier Quellen: die informellen Beobachtungen der Lehrenden, anonyme Evaluationen in Moodle sowie die studentischen Prüfungsergebnisse.

Unsere Beobachtungen waren:

- Die Projektgruppen hingen insbesondere zu Modulbeginn hinter den von den Lehrenden erwarteten Fortschritten hinterher.
- Im Vergleich zu vollständig projektzentriert lernenden Studierenden anderer Studiengänge gingen MPE-Studierende weniger proaktiv und seltener auf die Lehrenden zu.
- Wir nahmen z. T. mangelnde Mitarbeit und Engagement der Studierenden wahr. In der Präsenzveranstaltung herrschte eine gewisse räumliche Distanz, welche evtl. durch den klassisch bestuhlten Seminarraum verstärkt wurde.
- Einzelne Projektgruppen brauchten lange, um sich so zu organisieren, dass sie effizient arbeiten konnten.

Wir verglichen unsere Beobachtungen mit zwei anonymen Evaluationen: Die erste, selbst konzipierte Feedback-Aktivität in der dritten Woche, identifizierte als Hauptschwierigkeit die zeitliche und räumliche Organisation der Projektarbeit sowie Unklarheiten zu Arbeitsaufgaben und dem Weekly. Der Arbeitsaufwand wurde von den Studierenden als hoch eingeschätzt.

Die zweite, eine standardisierte Lehrveranstaltungsevaluation zum Semesterende mit 12 Antworten (100 % der Teilnehmer), zeigte positive Rückmeldungen zur Betreuung bei Übungen und zum Feedback der Lehrenden. Die Studierenden empfanden die Atmosphäre in den Lehrveranstaltungen als positiv. Der hohe Arbeitsaufwand wurde erneut negativ bewertet. Ein

wichtiges Feedback der offenen Fragen war, dass die Bewertungskriterien nicht detailliert genug bekannt waren. Gelobt wurde, dass die Prüfungsleistungen vorlesungsbegleitend erbracht werden können. Letztendlich erreichten alle Studierenden gute (N=8) bis sehr gute (N=4) Noten. Mitglieder gut funktionierender Projektgruppen waren dabei im Vorteil.

Aus den Erkenntnissen leiten wir folgende Verbesserungsideen ab:

- Aktivitäten zum Teambuilding besonders zu Beginn, aber auch über das Semester verteilt einbauen, um den Zusammenhalt der Projektgruppen zu stärken
- Verlagerung der Veranstaltung in einen kreativitätsfördernden, flexiblen Seminarraum oder Nutzung der Pause zum Umbau von Reihenbestuhlung hin zu Arbeitsinseln
- Reduktion der gefühlten „Überraschungsmomente“ bzgl. Prüfungsleistungen, indem Zeitplan, Gewichtung und detaillierte Bewertungskriterien der Teilprüfungsleistungen frühzeitig und wiederholt aufgezeigt werden (bereits umgesetzt in Sommersemester 2025)
- Reduktion der Umfänge der Teilprüfungsleistungen, z. B. indem weniger Studienteilnehmer oder dokumentierte Anforderungen verlangt werden

9. ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Das Modul Menschzentrierte Produktentwicklung in der Automobilindustrie schließt eine Lücke im Bachelorstudiengang Automobiltechnologie bei den frühen Phasen des Produktentstehungsprozesses. Es wird interdisziplinär von Lehrenden mit Berufserfahrung in der Automobilindustrie gestaltet und zeigt den Studierenden, wie innovative Produktideen entwickelt werden und welche weiteren Schritte zur Serienreife noch nötig sind.

Das Lehrkonzept umfasst Teamteaching, seminaristischen Unterricht, aktivierende Übungen in Kleingruppen und ein durchgängiges Projekt. Im Projekt wenden Studierende die erlernten Kompetenzen praktisch an und erkennen schnell ihre offenen Fragen. Die Prüfung besteht aus projektgruppenbezogenen und individuell bewerteten Leistungen im Projekt.

Die erste Durchführung zeigte, dass das Lehrformat für die Studierenden ungewohnt ist und daher unterstützender Maßnahmen der Lehrenden bedarf. Der zum Erwerb der angestrebten Kompetenzen benötigte Zeitaufwand in der Vorlesungszeit scheint den Studierenden zu hoch. Für die Lehrenden ist das Teamteaching eine willkommene Abwechslung vom üblichen Lehralltag und führt zu neuen Erkenntnissen über die eigenen Vorgehensweisen.

Gleichzeitig müssen auch die Lehrenden einen erhöhten Kapazitätsbedarf z. B. für das Coaching außerhalb der Lehrveranstaltung und die vorlesungsbegleitende Korrektur von Prüfungsleistungen einplanen. Die Skalierbarkeit des Konzepts für zu erwartende größere Studierendenzahlen ist daher noch unklar.

Literatur

Dorton, S., Ganey, H., Mittu, R., Mintman, E., Smith, M., & Winters, J. (2021). Human-Centered Alphabet Soup: Approaches to Systems Development from Related Disciplines. Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting, 65(1), 1167-1170. <https://doi.org/10.1177/1071181321651011>

Hochschule Coburg. (2025a). Automobiltechnologie – Mechanik und IT. Abgerufen am 6. April 2025, von <https://www.hs-coburg.de/studieren/bachelor/technik-und-informatik/automobiltechnologie-mechatronik-und-it/>

Hochschule Coburg. (2025b). Autonomous Driving. Abgerufen am 6. April 2025, von <https://www.hs-coburg.de/studieren/master/technik-informatik/autonomous-driving/>

ISO. (2019). ISO 9241-210: Ergonomics of human-system interaction – Part 210: Human-centered design for interactive systems. International Organization for Standardization.

Krathwohl, D. R. (2002). A revision of Bloom's taxonomy: An overview. Theory into practice, 41(4), 212-218.

Kricke, M., & Reich, K. (2016). Teamteaching: Eine neue Kultur des Lehrens und Lernens. Beltz.

Lewrick, M., Link, P., & Leifer, L. (2020). The design thinking toolbox: A guide to mastering the most popular and valuable innovation methods. Franz Vahlen.

Maguire, M. (2001). Methods to support human-centred design. International Journal of Human-Computer Studies, 55(4), 587-634. <https://doi.org/10.1006/ijhc.2001.0503>

Nessler, D. (2018). How to apply a design thinking, HCD, UX or any creative process from scratch – Revised & New Version. Abgerufen am 6. April 2025, von uxdesign.cc/how-to-solve-problems-applying-a-uxdesign-designthinking-hcd-or-any-design-process-from-scratch-v2-aal6e2dd550b

VDI. (2021). VDI 2206 - Entwicklung mechatronischer und cyber-physischer Systeme. Verein Deutscher Ingenieure.

Angaben zur Autorin und zum Autor

Alisa Lindner

2008 bis 2017 Studium und Promotion in Psychologie an der TU Darmstadt. 2014 bis 2016 Doktorandin bei der Daimler AG, Bereich Nutzfahrzeuge. 2016 bis 2021 User Experience Designerin und Projektmanagerin bei der Robert Bosch Automotive Steering GmbH. Seit 2021 Professorin für User Experience Design für autonomes Fahren an der Hochschule Coburg, Fakultät Maschinenbau und Automobiltechnik.

Ralf Reißing

1996 bis 2002 Studium und Promotion in Informatik mit Schwerpunkt Software Engineering an der Universität Stuttgart. 2002 bis 2010 Entwicklungsingenieur bei der Daimler AG, Bereich Softwaretechnologie. Seit 2010 Professor für Automobilinformatik an der Hochschule Coburg, Fakultät Maschinenbau und Automobiltechnik. Seit 2023 Didaktikmentor der Hochschule Coburg.

CURRICULUMDESIGN FÜR EINEN FORSCHUNGS-ORIENTIERTEN ENERGIESYSTEME-MASTER



Carsten Thomas Gatermann, Nadja Isabelle Belz, Dirk Westermann; Technische Universität Ilmenau
Reinhold Pabst; Fraunhofer IOF

ZUSAMMENFASSUNG

Dieser Artikel präsentiert die Struktur des innovativen Masterstudiengangs „Elektrische Energiesysteme“. Der Masterstudiengang ist in drei Säulen unterteilt: Innovation, Forschung und Ingenieurkunde. Diese Dreiteilung orientiert sich an den aktuellen Anforderungen der Elektroindustrie und bereitet die Absolvierenden optimal auf den Einstieg ins Berufsleben oder eine konsekutive Promotion vor.

Ein besonderes Augenmerk liegt auf den Innovationsmodulen, die sich der Scrum- und Design-Thinking-Methode bedienen. Der Einsatz von künstlicher Intelligenz wird als eine Weiterentwicklung des Studiengangs beschrieben und durch praktische Beispiele veranschaulicht. Feedback der Alumni sowie Potenziale zur Adaption von Konzepten des innovativen Masterstudiengangs runden den Beitrag ab.

Keywords: Energiesystem, Innovation, Künstliche Intelligenz, Masterstudium

1. EINLEITUNG

Die Entwicklung der voll-elektrisierten Gesellschaft bedingt eine Veränderung der Anforderungen an die Absolvierenden von Universitäten und Hochschulen im Bereich Energie- und Elektrotechnik (Bent & Teigeler, 2022). Eine im Jahr 2016 durchgeführte Umfrage kommt zu dem Schluss, dass für Elektroingenieure in Zukunft Methodenkompetenz und Kommunikationsfähigkeit eine wichtige Rolle spielen (Becker, 2016). Diese Einschätzung teilt auch der 2024 publizierte Bericht zu Anforderungen an Elektroingenieure der Power and Energy Society (PES) des Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). Demnach wird für die Energiebranche des einundzwanzigsten Jahrhunderts eine anpassungsfähige und flexible Arbeitskraft mit zusätzlicher Expertise und Fähigkeiten jenseits der aktuell vermittelten Schwerpunkte erforderlich (Kotsampopoulos & Hatzigiorgiou, 2024).

Um den Anforderungen an Absolvierende gerecht zu werden, implementierte die Technische Universität Ilmenau (TU Ilmenau) bereits im Jahr 2009 den Masterstudiengang Elektrische Energiesysteme (EES). Dieser erweitert technische um nicht-technische Kompetenzen und bereitet gleichermaßen auf eine akademische wie industrielle Karriere vor.

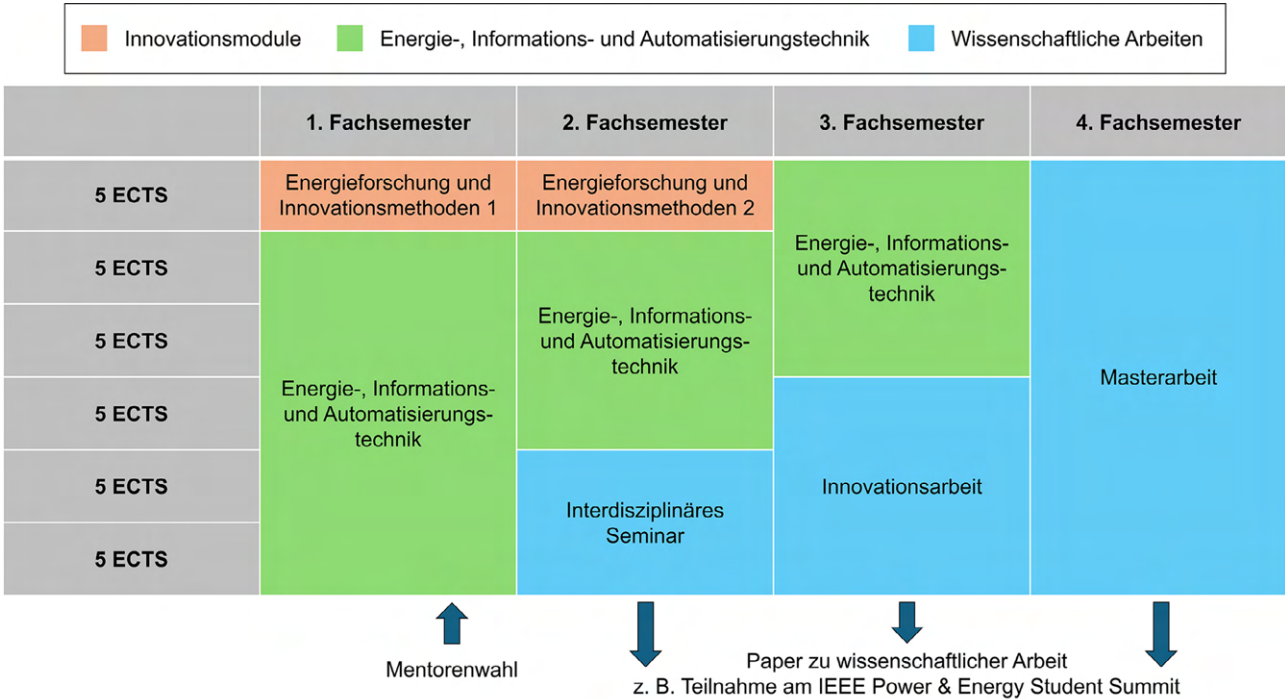


Abb. 1: Struktur des Masterstudiengangs Elektrische Energiesysteme

2. STUDIENGANGSPROFIL ANHAND VON INDUSTRIEANFORDERUNGEN

Der Masterstudiengang EES setzt sich, wie in Abbildung 1 gezeigt, aus drei Säulen zusammen: Innovations-, Energie-, Informations- und Automatisierungstechnikmodulen und Forschungsarbeiten (Technische Universität Ilmenau, 2024). Im Rahmen der Innovationsmodule (Säule 1), werden Projekte mit den Methoden „Scrum“ und „Design Thinking“ bearbeitet. Die Inhalte sind dabei eng mit dem Erlernen wissenschaftlicher Arbeitstechniken verknüpft. In den Energie-, Informations- und

Automatisierungstechnikmodulen (Säule 2) werden theoretische Grundlagen vermittelt, die mit dem Wissen aus den Innovationsmodulen in den Forschungsarbeiten (Säule 3) praktisch angewendet werden.

Der Masterstudiengang weist im Vergleich mit anderen Studiengängen einige Besonderheiten auf. Hauptmerkmal dieses Studiengangs ist die ausgewogene Integration von Forschungs- und Ingenieurkursen, die durch Innovationsmodule ergänzt werden. Die spezifischen Charakteristika des Studiengangs lassen sich wie folgt zusammenfassen:

(1) Forschungsschwerpunkt

Der forschungsorientierte Masterstudiengang ist zur Gewährleistung eines optimalen Betreuungsverhältnisses auf 20 Studienanfänger je Wintersemester limitiert. Mentoren (Professoren oder Hochschullehrende) stehen den Studierenden während des Masterstudiums zur Seite und unterstützen bei der Auswahl der Module. Die individuelle Betreuung und Abstimmung mit den Mentoren erlaubt eine auf die fachlichen Neigungen der Studierenden abgestimmte Zusammenstellung des technischen Modulplans.

Gleichzeitig betreuen die Mentoren die wissenschaftlichen Arbeiten (Säule 3). Beginnend mit dem „Interdisziplinären Seminar“ im 2. Fachsemester erwerben die Studierenden im Rahmen der Forschungsarbeiten Kompetenzen im Bereich des wissenschaftlichen Arbeitens. Die „Innovationsarbeit“ im 3. Fachsemester bildet die Brücke zur „Masterarbeit“ im 4. Fachsemester. Die aktive Beteiligung an Forschungsprojekten der Fachbereiche fördert das Engagement der Studierenden.

Während des Studiums können die Studierenden Ergebnisse ihrer Forschungsarbeiten als Beiträge für z. B. eine nationale Studierendenkonferenz einreichen, um wissenschaftliche Arbeitstechniken und Präsentationsfähigkeiten zu vertiefen.

Bei der Erstellung der wissenschaftlichen Beiträge werden sie durch Mitarbeitende der Fachbereiche unterstützt. Die frühen Berührungspunkte mit wissenschaftlichem Arbeiten bereiten die Studierenden optimal auf einen Einstieg in akademische Karrieren vor.

(2) Innovationsmodule mit Projektarbeit

Die Innovationsmodule Energieforschung und Innovationsmethoden 1 und 2 sind so konzipiert, dass sie die Studierenden zur eigenständigen Durchführung von Projektarbeit anleiten. Obwohl auch andere Universitäten solche Module

anbieten, zeichnet sich der Master EES durch die Zusammenarbeit mit Praxispartnern und einem Design Thinking Coach aus.

(3) Einblicke aus der Praxis

Die enge Beziehung zwischen Alumni und den Fachbereichen ermöglicht Kooperationen für Lehre und Lernen. Seit vielen Jahren halten Alumni des Master EES regelmäßig Vorträge über ihre Fachgebiete. Diese sind in die Vorlesungen der Fachbereiche eingebunden und ermöglichen es den Studierenden, ihr theoretisches Wissen in Anwendung zu sehen. Zur Verankerung des theoretischen Wissens werden ergänzend Exkursionen angeboten, die in Zusammenarbeit mit den Hochschulgruppen des IEEE und Verband der Elektronik, Elektrotechnik und Informationstechnik e.V. (VDE) organisiert werden.

Energieforschung und Innovationsmethoden 1 – Grundlagen und Scrum

Im Rahmen von Energieforschung und Innovationsmethoden 1 (EFI 1) werden die Studierenden mit wissenschaftlichen Arbeitstechniken vertraut gemacht und wenden diese praktisch an.

Die Einführung in wissenschaftliches Arbeiten ist entlang der sechs Stufen von Blooms Taxonomie organisiert (Armstrong, 2024). In zwei Vorlesungen werden die Grundlagen des wissenschaftlichen Schreibens und Review-Prozesses vermittelt. Die Studierenden können die wichtigsten Review-Kriterien definieren (Stufe 1) und den Aufbau einer wissenschaftlichen Arbeit beschreiben (Stufe 2). Um ihr Verständnis zu festigen, analysieren die Studierenden ein vorgegebenes Paper gemäß dem Elsevier-Review-Prozess (Elsevier, 2024). Die Analyse umfasst

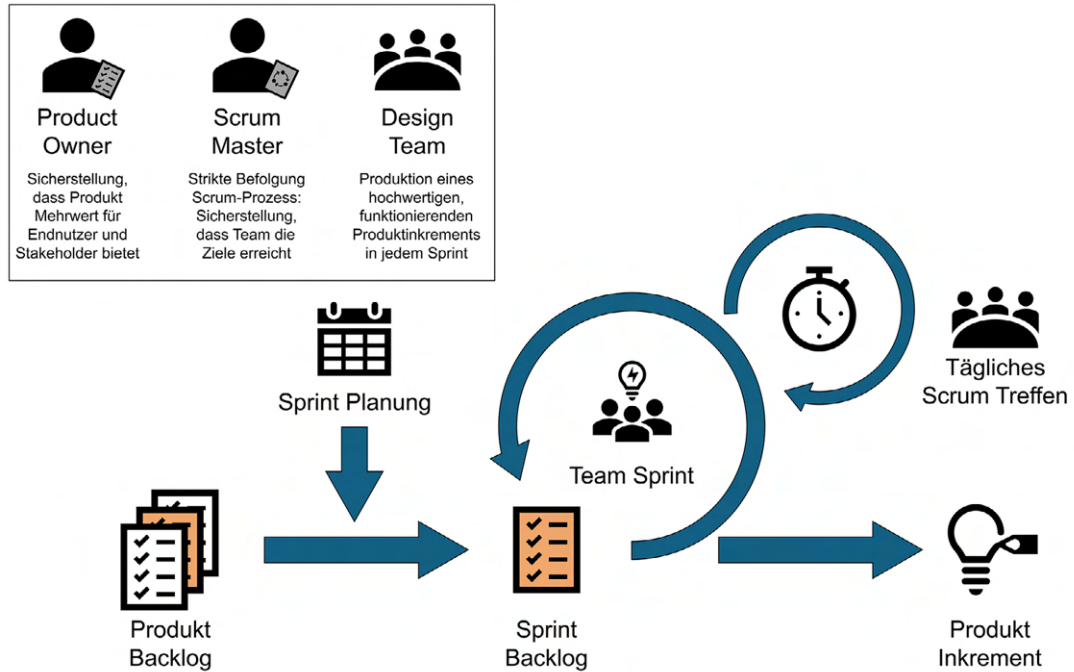


Abb. 2: Schritte in der Scrum-Methode

die Struktur des Papers, die Forschungsfragen und den Vergleich mit etablierten Kriterien für gute wissenschaftliche Praxis (Stufe 4).

Die zweite Aufgabe besteht in der Erstellung eines eigenen Papers. Dazu wählen die Studierenden eine Forschungsfrage und verteidigen diese in einer Präsentation (Stufe 5). Nach erfolgreicher Verteidigung erstellen die Studierenden ein Paper von bis zu drei Seiten, das alle Teile eines wissenschaftlichen Papers enthält (Stufe 6).

Ein weiterer zentraler Bestandteil des Kurses ist der dreitägige Hackathon, der auf der Scrum-Methode (siehe Abb. 2) basiert. Scrum ist ein iterativer, agiler und inkrementeller Prozess für die Produktentwicklung (Sutherland & Schwaber, 1997). Ziel ist

es, eine innovative Designaufgabe innerhalb der Teamstruktur in Zusammenarbeit mit Wissenschaftlern der TU Ilmenau zu lösen. Das Team besteht aus „Scrum Master“, „Product Owner“ und „Design Team“, wobei die Rollenverteilung auf einer Selbsteinschätzung der Studierenden basiert, die sowohl aus dem Master EES als auch anderen (nicht)technischen Masterstudiengängen kommen.

Der Scrum Master hilft dem Team, die Scrum-Prinzipien anzuwenden und zu verstehen. Durch die Befolgung des Prozesses stellt er sicher, dass das Team die Ziele erreichen kann. Der Product Owner stellt durch Priorisierung und Kommunikation sicher, dass das Produkt einen Mehrwert bietet. Das Design Team plant, erstellt und liefert das Produkt. Es versucht, in jedem Sprint ein funktionierendes Inkrement zu erstellen.

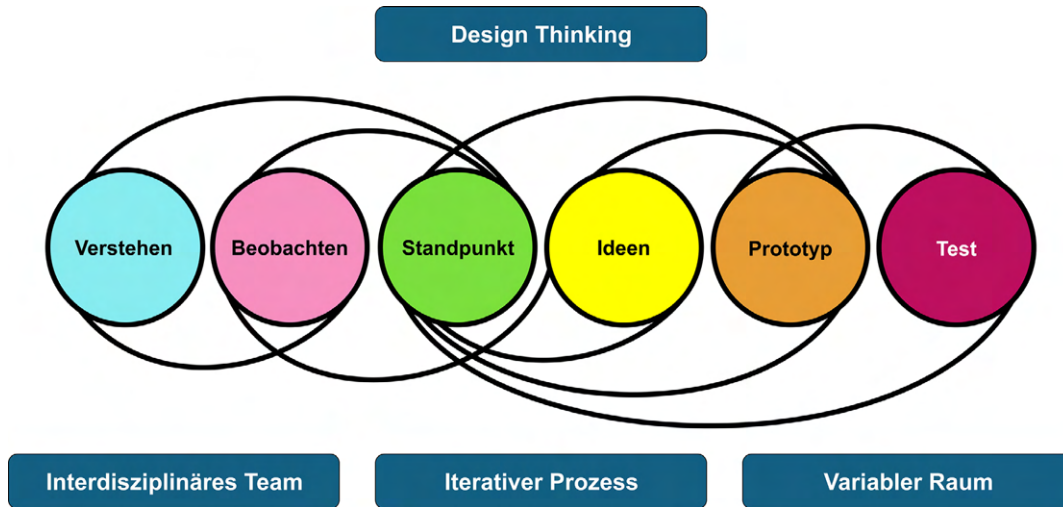


Abb. 3: Sechs Schritte des Design Thinking-Prozesses in einem iterativen Schema (Wölbling et al., 2012)

In Anbetracht des interdisziplinären Teams muss eine offene Designaufgabe geschaffen werden. In den letzten Jahren haben sich die Teams mit folgenden Aufgaben befasst:

- Entwicklung eines Prototyps für einen Energietrainer (Aichroth, 2022)
- Anwendung von 3D-Brillen in der Systemführung

Die Studierenden präsentieren die Ergebnisse des Hackathons vor den Stakeholdern, bestehend aus Vertretern der TU Ilmenau und der Energiewirtschaft. Als Abschluss der Lehrveranstaltung werden die Ergebnisse des Hackathons in einen Projektantrag überführt. Dieser Teil der Lehrveranstaltung bereitet die Studierenden darauf vor, einen Forschungsantrag mit Zeit- und Budgetplan zu erstellen und diesen vor einem Konsortium zu verteidigen.

Energieforschung und Innovationsmethoden 2 – Design Thinking

Das Modul EFI 2 stellt eine Fortsetzung des Moduls EFI 1 dar, wobei eine vorherige Teilnahme an EFI 1 nicht obligatorisch ist. Ziel des Moduls ist die Förderung der interdisziplinären Zusammenarbeit von Studierenden unterschiedlicher Fachrichtungen. In den vergangenen Jahren bestand das Team aus Studierenden der Elektrotechnik sowie Wirtschaftswissenschaften. Die Studierenden wenden Design Thinking unter Anleitung eines Design Thinking-Coaches auf eine Designaufgabe an. Der Kurs ist als Blockkurs mit sechs Tagesworkshops konzipiert, wobei die Studierenden in jedem Tagesworkshop einen der Design Thinking Blöcke (siehe Abb. 3) bearbeiten. In Vorbereitung auf die Blöcke werden den Studierenden Aufgaben, wie die Durchführung von Nutzerinterviews, erteilt. Auf Grundlage der erzielten Resultate erfolgt seitens der Teams eine Iteration der Ansätze, bis ein Zwischenergebnis für den Design-Block generiert wird. Die Resultate der einzelnen Tagesworkshops werden jeweils in die nächste Stufe integriert.

Zu den Aufgaben der letzten Jahre, die aus Forschungsprojekten und Diskussionen mit Praxispartnern abgeleitet wurden, gehören:

- Steigerung der Akzeptanz von Dekarbonisierungsverfahren für kleine und mittlere Unternehmen im Hinblick auf eine multimodale Energieversorgung
- Einsatz von KI zur Steigerung des Interesses an elektrischen Energiesystemen (Power Systems Group TU Ilmenau, 2024)

Die von den Studierenden entwickelten Prototypen werden weiter genutzt. Ausgehend von der letztgenannten Designaufgabe und der Präsentation, wurden neue Projektformate an der TU Ilmenau initiiert. Der Kurs brachte verschiedene Akteure aus Universität und Praxis zusammen, die bereits gemeinsame Projekte im Bereich Design Thinking umgesetzt haben.

3. FEEDBACK DER ALUMNI UND WEITERENTWICKLUNG DES STUDIENGANGS

Dieser Abschnitt evaluiert den Studiengang und zeigt Potenziale für die Weiterentwicklung auf. Die Weiterentwicklung erfolgt dabei auf Basis des Feedbacks der Alumni sowie unter Berücksichtigung der aktuellen Herausforderungen der Energiebranche, wie der Integration von künstlicher Intelligenz (KI).

Feedback der Alumni

Aufgrund der einstelligen Absolvierendenzahl des Masterstudiengangs EES pro Jahr sind quantitative Auswertungen des Studiengangs nicht möglich. Um den Einfluss des Studiengangs auf die berufliche Laufbahn und persönliche sowie fachliche Entwicklung messbar zu machen, werden die Alumni qualitativ befragt.

Alle Befragten hoben positiv die Multi- und Interdisziplinarität des Studiengangs hervor, die durch innovative Module und wissenschaftliche Arbeiten verankert ist. Zudem lobten die Befragten übereinstimmend den hohen Grad an Wahlfreiheit. Folgende Alumni-Statements lassen sich als Referenz für die Qualität des Masterstudiengangs heranziehen:

- *Dank der exzellenten und umfassenden Ausbildung während des Studiums fällt es mir leicht, komplexe Sachverhalte zu verstehen, zu hinterfragen und Lösungen für verschiedenste Herausforderungen in meinem Arbeitsalltag zu entwickeln.* (männlich, Projektleiter Energiewirtschaft, Beratungsunternehmen)
- *Während meines Masterstudiums habe ich in vielen Disziplinen das theoretische und praktische Handwerkszeug erlernt, das ich nun nutze, um die Energiewende effektiv mitzugestalten und dafür zu sorgen, dass uns allen nie das Licht ausgeht.* (weiblich, Absolventin des konsekutiven Doktorandenprogramms, Abteilungsleiterin Systembetrieb bei einem Stromnetzbetreiber)

Die beruflichen Werdegänge der Absolvierenden zeigen ihre große Bedeutung für die Branche. Mehr als die Hälfte der Alumni ist heute in leitenden Positionen im Energiesektor tätig. Der Masterstudiengang EES ist auch eine wichtige Quelle für Doktoranden an der TU Ilmenau. Seit seiner Einführung stammt etwa die Hälfte der Doktoranden im Bereich der Energiesysteme aus der Gruppe der Alumni dieses Studiengangs.

Methodenkompetenz: Künstliche Intelligenz im Studium

KI-Systeme erfahren eine zunehmende Anwendung in den Bereichen Forschung, Entwicklung und Projektmanagement. Der Masterstudiengang EES greift diese Entwicklung auf und integriert sie in mehreren Modulen gezielt in die Lehre. Studierende werden so frühzeitig an den reflektierten und professionellen Einsatz solcher Werkzeuge herangeführt.

In einem technischen Wahlmodul bearbeiten Studierende selbst gewählte Forschungsfragen aus dem Bereich elektrischer Energiesysteme. Neben dem Fachwissen wird so auch die Befähigung zum wissenschaftlichen Arbeiten vermittelt. Um den Erkenntnisgewinn zu vertiefen und den Umgang mit KI-Werkzeugen zu fördern, wird KI aktiv in den Arbeitsprozess integriert.

Die Studierenden setzen KI ein, um

- Hypothesen zu formulieren und Informationen zu recherchieren.
- die technischen Inhalte strukturiert zu präsentieren.
- Visualisierungen oder Präsentationsmaterialien zu generieren.

Ergänzend zu ihrem Einsatz erfolgt eine kritische Reflexion der KI-Werkzeuge. In der Abschlusspräsentation müssen die Studierenden neben ihren Forschungsergebnissen auch den konkreten Einsatz von KI beschreiben, bewerten und mögliche Grenzen benennen. Die KI wird damit sowohl als Instrument als auch als Gegenstand wissenschaftlicher Diskurse betrachtet. Die bisherigen Evaluationen zeigen, dass der Nutzungsgrad von KI mit individueller Motivation, Vorkenntnissen und Routine im Umgang mit digitalen Werkzeugen korreliert. Während eine Gruppe KI intensiv zur Strukturierung und Visualisierung einsetzte, wurde diese von anderen Gruppen abgelehnt, da sie sich

in ihrer Arbeitsweise eingeschränkt fühlten. Diese Bandbreite wird in der Lehre genutzt, um kritische Reflexion und technologische Offenheit zu fördern.

Im Kontext der Innovationsmodule findet KI Anwendung als Instrument zur Beschleunigung des Prototyping sowie zur Generierung und Analyse von Ideen. Die Studierenden setzen KI für folgende Zwecke ein:

- Entwicklung von Ideen und Konzepten
- Erstellung von Prototypen, beispielsweise in Form von Chatbots
- Identifikation neuer Lösungsansätze, bei denen KI selbst Teil der Lösung ist

Ein gelungenes Beispiel ist die Entwicklung eines KI-unterstützten Chatbots zur Studienberatung sowie eines spielerischen Quizsystems, das potenziellen Studieninteressierten passende Studienrichtungen vorschlägt. Der Einsatz von KI erfolgte nicht nur als Instrument zur Lösungsfindung, sondern als aktiver Bestandteil der Lösung selbst. Die iterative Nutzung der KI trägt zur Stärkung der Innovationskompetenz und dem verantwortungsvollen Umgang mit KI der Studierenden bei.

4. ZUSAMMENFASSUNG

Der Beitrag skizziert das Studienkonzept des innovativen Masterstudiengangs EES. Die Kombination von technischen, wissenschaftlichen und innovativen Modulen ist das Herzstück des Studiengangs. Dabei führen die Innovationsmodule die Studierenden durch die Innovationsprozesse, die sie in ihrem Berufsleben begleiten werden. Die Innovationskomponente wird durch die Einführung von Herausforderungen aus der Praxis gestärkt, denen sich die Studierenden stellen.

Die Struktur des Studiengangs sowie der Einsatz von Methoden künstlicher Intelligenz und Innovationsthemen stellt dabei eine Blaupause für die moderne Ausbildung von Elektroingenieuren dar. Die detaillierte Beschreibung der entsprechenden Säulen im Rahmen dieser Publikation ermöglicht es Lehrenden, die Ideen zu adaptieren und so die Lehre für Studierende praxisnah zu gestalten.

Literatur

Aichroth, B. (21. Dezember 2022). An "energy trainer" for TU Ilmenau: students present results of a three-day hackathon on energy and innovation research. UniOnline. <https://www.tu-ilmenau.de/unionline/en/study/details/an-energy-trainer-for-tu-ilmenau-students-present-results-of-a-three-day-hackathon-on-energy-and-innovation-research-1033>

Armstrong, P. (2024). Bloom's Taxonomy. Vanderbilt University, Center for Teaching. Abgerufen am 26. August 2025, von <https://cdn.vanderbilt.edu/vu-sub/wp-content/uploads/sites/59/2010/06/19134035/Blooms-Taxonomy.docx>

Becker, F. S. (2016). Herausforderungen für Elektroingenieure/innen. ZVEI - Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V. https://www.zvei.org/fileadmin/user_upload/Presse_und_Medien/Publikationen/2016/september/Herausforderungen_fuer_Elektroingenieure/Herausforderungen-fuer-Elektroingenieure-ZVEI-2016.pdf

Bent, R. & Teigeler, M. (2022). DKE Commitment 2030: A guide and pioneer on the path to the All-Electric Society. <https://www.dke.de/resource/blob/2198422/582099a381a99cc7d6dc-b8a1193c91b8/commitment-2030---pdf-englisch-data.pdf>

Statistisches Bundesamt. (2024, 13. März). Studienjahr 2023: 1,6% mehr Studienanfängerinnen und -anfänger. Pressemitteilung Nr. 096 vom 13. März 2024 [Pressemitteilung]. https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2024/03/PD24_096_213.html

Elsevier. (2024). How to conduct a review. Abgerufen am 4. November 2024, von <https://www.elsevier.com/reviewer/how-to-review>

Kotsampopoulos, P. & Hatziaargyriou, N. (2024). Innovative Teaching Methods for Modern Power and Energy Systems (Technical Report PES-TR120).

Power Systems Group TU Ilmenau. (2024). Design Challenge completed! [Beitrag auf LinkedIn]. TU Ilmenau. Abgerufen am 29. Oktober 2024, von https://www.linkedin.com/posts/power-systems-group-tu-ilmenau_designthinking-innovation-user-activity-7219604300753186816-4SEW/

Sutherland, J. V. & Schwaber, K. (1997). Business Object Design and Implementation: OOPSLA '95 Workshop Proceedings. Springer.

Technische Universität Ilmenau. (2024). Master Electric Power and Control Systems Engineering (2021) - Interaktive Studienpläne der TU Ilmenau. Abgerufen am 26. März 2025, von <https://www.tu-ilmenau.de/modultafeln/ElectricPowerandControl-SystemsEngineering/Master/2021/>

VDI e.V. und Institut der Deutschen Wirtschaft e.V. (Hrsg.). (2024). VDI-/IW-Ingenieurmonitor: 1. Quartal 2024.

Wöbling, A., Krämer, K., Buss, C. N., Dribbisch, K., LoBue, P. & Taherivand, A. (2012). Design Thinking: An Innovative Concept for Developing User-Centered Software. In A. Maedche, A. Botzenhardt, L. Neer & A. H. Botzenhardt (Hrsg.), Management for Professionals. Software for people: Fundamentals, trends and best practices (S. 121-136). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-31371-4_7

Angaben zur Autorin und zu den Autoren

Carsten Thomas Gatermann

ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Fachgebiet Elektrische Energieversorgung der TU Ilmenau unter der Leitung von Prof. Westermann.

Nadja Isabelle Belz

ist wissenschaftliche Mitarbeiterin im Fachgebiet Elektrische Energieversorgung der TU Ilmenau unter der Leitung von Prof. Westermann.

Reinhold Pabst

ist Inhaber der Professur für Personalmanagement an der Ernst-Abbe-Hochschule Jena und selbstständiger Coach im Bereich Design Thinking und Organisationsentwicklung.

Dirk Westermann

ist seit 2005 Leiter des Fachgebiets Elektrische Energieversorgung an der TU Ilmenau und seit 2019 Direktor des Thüringer Energieforschungsinstituts (ThEFI).

PROJEKTBASIERTE LEHRE IN DER INFORMATIK ZUR ENTWICKLUNG VON ZUKUNFTSKOMPETENZEN

Frauke Stenzel, Steffen Küpper, Andreas Rausch; Technische Universität Clausthal
Ina Schiering; Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften – Hochschule Braunschweig/Wolfenbüttel
Gert Bikker; Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Braunschweig

ZUSAMMENFASSUNG

Das Studienprogramm „Digital Technologies“ ist ein praxisorientiertes Informatik-Studium. Das zugrundeliegende Konzept sieht einen starken Anwendungsbezug unter Berücksichtigung der Nachhaltigkeit vor. Herzstück des Studienprogramms ist die projektbasierte Lehre. Im Umfang von einem Drittel der Studienzeit lernen die Studierenden in Projekten an realen Aufgabenstellungen aus Forschung oder Industrie. Für die Umsetzung der projektbasierten Lehre wird die agile Projektmanagementmethode Scrum verwandt; ein inkrementelles und iteratives Vorgehensmodell, basierend auf empirischer Prozesskontrolle. Die Studierendenteams lernen in kurzen, gut planbaren Sprints selbstorganisiert und eigenverantwortlich. Im Rahmen dieser Projekte erwerben die Studierenden neben der Fähigkeit, erlerntes Wissen praxisnah umzusetzen, Kompetenzen im Bereich der Future Skills, wie agiles Arbeiten, Kommunikationsfähigkeit, Teamarbeit, Reflexionsfähigkeit, Selbstorganisation und Problemlösekompetenz.

Keywords: Projektbasierte Lehre, Scrum, Zukunftskompetenzen, Informatik-Studiengang

1. DAS STUDIENPROGRAMM „DIGITAL TECHNOLOGIES“

Digitale Transformation verändert Wirtschaft, Forschung sowie Gesellschaft und ist eine der aktuellen Herausforderungen in der Gesellschaft. Für die erfolgreiche Transformation werden Spezialist*innen benötigt, die neben den grundsätzlichen Technologien der Digitalisierung auch Wissen aus Anwendungsgebieten beherrschen, um die Digitalisierung zielgerichtet und nachhaltig zu gestalten. Dabei darf die digitale Transformation nicht nur im Zeichen der technologischen Innovation stehen, sondern muss insbesondere auch zentrale Aspekte der Nachhaltigkeit vorantreiben. Darüber hinaus benötigen solche Spezialist*innen überfachliche Kompetenzen, um die Herausforderungen der sich schnell wandelnde, globalisierten Wissenschafts- und Arbeitswelt bewältigen zu können.

2019 wurde für diesen Bedarf das praxisorientierte Informatik-Studium „Digital Technologies“ gestartet, als kooperatives Studienprogramm der Technischen Universität Clausthal mit der Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften. Die Studierenden absolvieren 1/3 ihrer Studienleistung im Bereich Informatik, 1/3 in frei wählbaren Anwendungsgebieten und 1/3 in semesterübergreifenden Digitalisierungsprojekten (Abb. 1).

Im ersten Studienjahr des Bachelorstudiengangs „Digital Technologies“ werden die Studierenden mit dem Fokus auf Fullstack Softwareentwicklung ausgebildet. Sie beherrschen die Grundlagen der Informatik, Mathematik und Softwareentwicklung sowie die dafür notwendigen Technologien und Werkzeuge

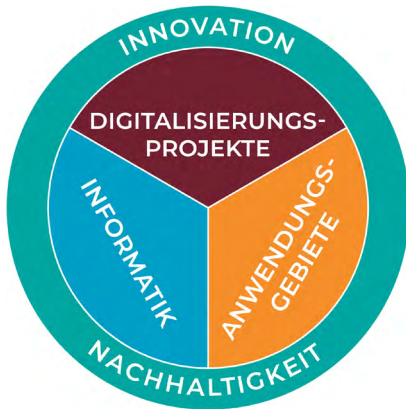


Abb. 1.: Aufteilung der Lernbereiche im Studiengang Digital Technologies mit dem Ziel, die Studierenden zu befähigen, Innovationen für eine nachhaltige Zukunft zu entwickeln.

(Toolchains). Ergänzt werden die Kompetenzen mit überfachlichen Grundlagen zum wissenschaftlichen Arbeiten, sowie den ersten Grundlagen in einem individuell wählbaren Anwendungsgebiet. Der zweite Studienabschnitt von drei Semestern behandelt weiterführende Inhalte aus der Informatik, Mathematik sowie den Anwendungsgebieten, die das Thema Nachhaltigkeit berücksichtigen. Die Studierenden haben dabei die Wahl aus sechs Anwendungsgebieten: Autonome Systeme, Circular Economy, Digitale Transformation, Energie, Industrie 4.0 und Mobilität. Eine Säule von frei wählbaren interdisziplinären Digitalisierungsprojekten dient der praktischen Vertiefung der Semesterinhalte. Den Abschluss des Studiums bildet das sechste Semester, in dem die Studierenden ein praktisches oder wissenschaftliches Bachelorprojekt bearbeiten und ihre Bachelorarbeit verfassen.

Für den Masterstudiengang „Digital Technologies“ sind sowohl in der Informatik als auch in den Anwendungsgebieten jeweils ein Haupt- und ein Nebenbereich zu wählen. Ergänzend kommen Module zur wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Praxis dazu. Parallel zu den Lehrveranstaltungen belegen die Studierenden die interdisziplinären Digitalisierungsprojekte zur praktischen Anwendung der Lehrinhalte. Den Abschluss

bildet die Masterarbeit. Die Informatik-Haupt- und Nebenbereiche können aus vier Bereichen gewählt werden: Cooperative Human-Machine Cooperation, Machine Learning and Big Data, Smart Cyber-Physical Systems und Engineering Methods and Dependability. Für die Wahl der Anwendungs-Haupt- und Nebenbereiche werden die bereits oben genannten sechs Anwendungsgebiete angeboten.

Herzstück des Studienprogramms ist die projektbasierte Lehre bzw. das projektbasierte Lernen in den interdisziplinären Digitalisierungsprojekten; im Umfang von 1/3 der Studienzeit lernen alle Studierenden selbstorganisiert an realen Problemen aus Forschung oder Industrie.

Dieser Beitrag ist ein Werkstattbericht aus diesen Digitalisierungsprojekten. Es wird der derzeitige Stand der Durchführung beschrieben, der auf einem kontinuierlichen Verbesserungsprozess basiert, der noch nicht abgeschlossen ist. Dieser Verbesserungsprozess beruht auf einer informellen begleitenden Beobachtung der Lehrveranstaltungen, Feedback von Lehrenden und Studierenden und einer regelmäßigen Reflektion. Weiterhin werden qualitative Lehrveranstaltungsevaluationen durchgeführt.

2. DIE DIGITALISIERUNGSPROJEKTE IM STUDIEN-PROGRAMM „DIGITAL TECHNOLOGIES“

Damit die Studierenden ihr erlerntes Wissen vertiefen und die Kompetenzen entwickeln, die sie benötigen, um mit ihrem Fachwissen Problemstellungen aus Forschung und Industrie erfolgreich bearbeiten zu können, wird die projektbasierte Lehre in den Lehrveranstaltungen „Interdisziplinäre Digitalisierungsprojekte“ eingesetzt. Dabei wird projektbasierte Lehre als ein Lehrkonzept verstanden, bei dem Studierende Projekte selbstorganisiert in festen Teams ein volles Semester lang bearbeiten. Ziel der Projekte ist es, ein lauffähiges Produkt zu erschaffen. Lehrende begleiten das Projektteam durch Anleitung und Betreuung.

Die Digitalisierungsprojekte haben einen Umfang von 10 Credits. Die Studierenden lernen selbstorganisiert und eigenverantwortlich in semesterübergreifenden Teams von 4 bis 6 Studierenden, d. h. die Projektteams bestehen aus Studierenden unterschiedlichen Semesters, was auch beinhaltet, dass Bachelor- und Masterstudierende in einem Projektteam zusammenarbeiten. Die Teams werden jedes Semester für die Projekte neu zusammengestellt. Das Bachelorstudium umfasst 5 Projekte und das Masterstudium 3 Projekte.

Der kontinuierlich stattfindende Verbesserungsprozess zeigte, dass Studierende zur erfolgreichen Teilnahme an den semesterübergreifenden Projekten grundlegende Kompetenzen benötigen. Dies resultierte in folgenden Anpassungen:

- Im Bachelor wurde für die ersten beiden Semester Projekte eingeführt, in denen die Studierenden in ihrer Kohorte lernen. Der Fokus liegt auf dem Erlernen der grundlegenden Softwareentwicklungs- und Projektkompetenzen sowie Teamfähigkeit.

- Im Master wird im ersten Semester ein spezielles Einstiegsprojekt eingeführt, das die Studierenden in ihrer Kohorte absolvieren. Der Fokus dieses Projekts liegt in der Vertiefung der Programmierkenntnisse und dem grundlegenden Verständnis der besonderen Projekt- und Teamarbeit im Studiengang.

3. UMSETZUNG DER PROJEKTBASIERTEN LEHRE

Bei den Digitalisierungsprojekten kommt die agile Projektmanagementmethode Scrum (Schwaber, 2004; Schwaber & Sutherland, 2020; Wirdemann, Ritscher & Mainusch, 2022) zum Einsatz, die im Bereich der Softwareentwicklung ein Standard ist. Scrum ermöglicht Projektteams, sich auf das aktuell Wichtige zu fokussieren und gibt den Teams mehr Selbstverantwortung und Entscheidungsbefugnisse. Scrum ist ein inkrementelles und iteratives Vorgehensmodell, das durch kurze, gut planbare Zyklen, sog. Sprints, gekennzeichnet ist und auf einer empirischen Prozesskontrolle basiert.

Scrum wurde in der Lehre an Hochschulen eingesetzt (Lutter, o. J.; Sturm, 2021), unter anderem in einer Informatik-Lehrveranstaltung in Kombination mit Inverted Classroom (Morisse et al., 2023).

Dieses agile Framework wurde im Studiengang „Digital Technologies“ auf die Projekte und das Lernen bzw. Lehren in den Projekten angepasst.

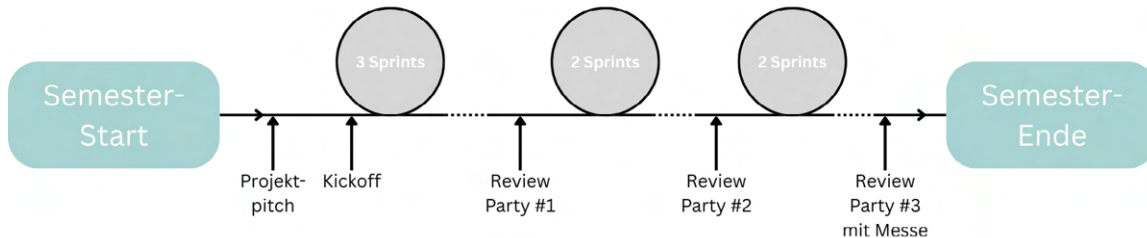


Abb. 2: Ablauf der projektbasierten Lehre mit Scrum in einem Semester. Es finden 7 Sprints statt.

Verlauf über das Semester

Der zeitliche Ablauf über ein Semester ist in Abb. 2 dargestellt. Das Semester startet mit dem Projektpitch der Lehrenden. Hier stellen die Lehrenden das Projekt, die Kompetenzen, die in diesem Projekt benötigt werden, und die Fähigkeiten vor, die erlernt werden. Danach erhalten die Studierenden Zeit, um aus dem Angebot drei Wunschprojekte zu wählen. Währenddessen stehen die Lehrenden an Projektständen, teils mit Postern bzw. bereits vorhandenen Demonstratoren. Die Studierenden gehen zu den Ständen, bekunden ihr Interesse an den Projekten und beide Seiten können im direkten Gespräch Fragen klären. Anschließend wählen die Studierenden ihre Projekte. Im Anschluss an die Wahl treffen sich alle Lehrenden und stellen die Projektteams gemeinsam zusammen. Dieser Ablauf wurde durch mehrmaliges Reflektieren und Anpassen durch die Lehrenden entwickelt und stärkt aus unserer Beobachtung das Commitment beider Seiten zum Projekt.

Bei den Projektpitches werden ca. 20 % mehr Projekte angeboten, als aufgrund der zu erwartenden Studierendenzahl benötigt werden. Dies hat zur Folge, dass einige Projekte nicht umgesetzt werden. Einige Lehrenden beschreiben diese Situation als herausfordernd. Sie haben Projekte konzipiert und diese werden von den Studierenden nicht angenommen, bzw. nicht gewählt.

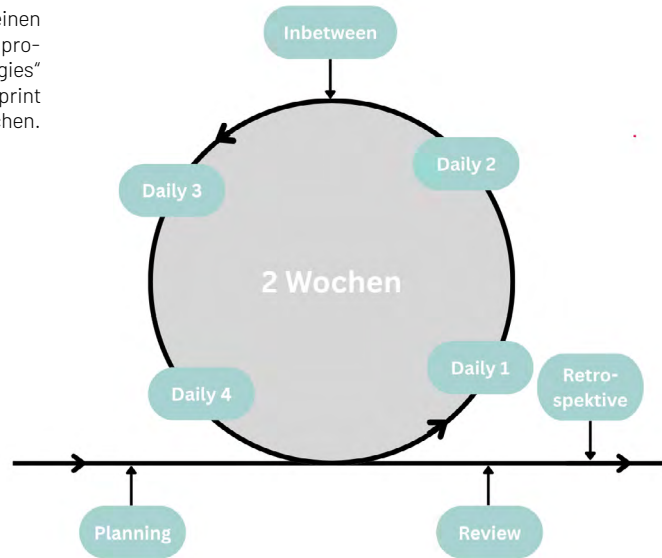
Alle Projekte starten dann mit dem KickOff am darauffolgenden Projekttermin. Die Lehrenden vermitteln die Projektvision, um ein gemeinsames Projektverständnis zu entwickeln, besprechen einen ersten groben Projektplan und leiten Maßnahmen zum Teambuilding an, damit die Studierenden ein Zugehörigkeitsgefühl aufbauen können. Daneben legt das gesamte Projektteam fest, wie es miteinander arbeiten will. Danach beginnt der erste Sprint mit dem Planning.

Über das Semester verteilt finden sieben Sprints statt (vgl. Abb. 2). Dreimal im Semester treffen sich alle Projektteams zu gemeinsamen Review Partys und präsentieren ihre bis dahin erlangten Projektergebnisse. Dieses Event wird im Studienprogramm „Digital Technologies“ bewusst Review Party genannt, um die (Teil-)Ergebnisse der Projekte zu feiern. Bei der letzten Review Party präsentieren die Studierenden zusätzlich ihre Produkte in Form einer Messe.

Ein Sprint

Der Lehrende erstellt im Vorfeld sog. Userstories (Anforderungen an das Produkt). Jede Userstory beschreibt eine Funktionalität, die das Produkt bieten soll, das die Studierenden im Projekt entwickeln. Zusätzlich definiert der Lehrende zu dieser Funktionalität Akzeptanzkriterien, die erfüllt sein müssen,

Abb. 3.: Ein Sprint mit seinen Events, wie er im Studienprogramm „Digital Technologies“ umgesetzt wird. Ein Sprint dauert 2 Wochen.



damit die Userstory als erledigt betrachtet werden kann. Die Userstories sollen so klein sein, dass sie in einem Sprint bearbeitet werden können.

Ein Sprint (Abb. 3) dauert im Rahmen der Digitalisierungsprojekte zwei Wochen und startet mit dem Planning. Der Lehrende bespricht im ersten Teil des Planning die Userstories mit den Studierenden. Anschließend werden diese hinsichtlich ihrer Komplexität von den Studierenden geschätzt. Durch diese Schätzung kann eine Gleichverteilung der Arbeitslast auf alle Teammitglieder eher gewährleistet werden. Gemeinsam entscheiden Lehrende und Studierende, welche der Userstories in diesem Sprint umgesetzt werden. Im Verlauf des Semesters passiert es häufig, dass aufgrund der gewonnenen Erkenntnisse Userstories hinzugefügt oder gestrichen werden. Durch diese Herangehensweise erhalten die Studierenden klare Informationen, was sie in einem Sprint erreichen sollen. Sie übernehmen dafür Verantwortung und können frei entscheiden, wie sie das tun.

Im zweiten Teil des Plannings werden die Userstories in Tasks zerlegt. Dies ist Aufgabe der Studierenden, bei der diese in der Regel zu Beginn des Semesters Unterstützung benötigen. Zu einem späteren Zeitpunkt können die Studierenden dies eigenverantwortlich durchführen. Nun wählen die Studierenden die Tasks, die sie im aktuellen Sprint erledigen wollen und für die sie verantwortlich sind. Der Prozess wird durch ein Scrum Board (Abb. 4) sichtbar gemacht.

Im Rahmen der Digitalisierungsprojekte wurde an dem Framework Scrum Anpassungen vorgenommen. Die Studierenden treffen sich zweimal pro Woche digital zum Daily (vgl. Abb. 3), im Gegensatz zu den täglich stattfindenden Dailys in der Praxis. Dabei handelt es sich um kurze Treffen der Projektteams (ca. 15 Min), die in professionellen Softwareentwicklungsteams gerne morgens im Stehen mit einer Tasse Kaffee durchgeführt werden. Ziel dieser Meetings ist, sich gegenseitig über den Projektstatus zu informieren. So kann es sich ergeben, dass die Erkenntnisse eines Teammitglieds für die Tasks der Anderen

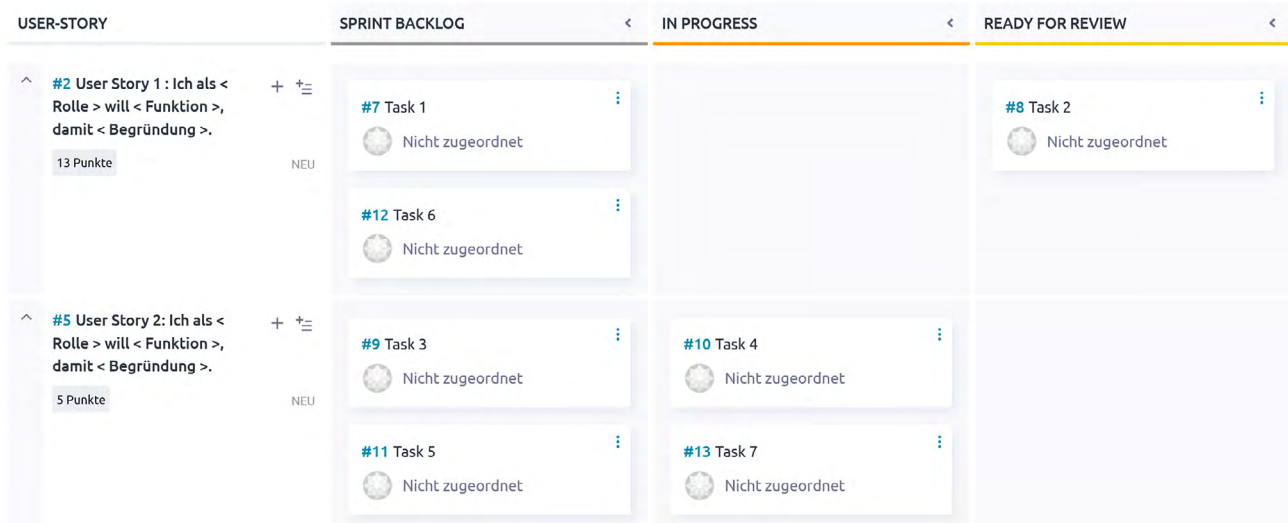


Abb. 4: Scrumboard für einen Sprint, erstellt mit der Software Taiga.

Konsequenzen haben. Ebenso ist hier Raum, um die Teamkollegen um Unterstützung zu fragen, wenn jemand mit seinem Task nicht weiterkommt. Zusätzlich wurden Inbetweens eingeführt, die in der Mitte des Sprints liegen. Hier treffen sich die Teams, um miteinander zu arbeiten. Diese Treffen werden bei Bedarf von den Lehrenden begleitet.

Zum Ende eines Sprints, also nach zwei Wochen, findet das Review statt. An dem Treffen nehmen die Lehrenden die Userstories ab. Dazu präsentieren die Studierenden ihre Produkte zu den Userstories. Die Lehrenden kontrollieren, ob die Funktionalitäten erreicht und die Akzeptanzkriterien erfüllt wurden. Weiterhin unterstützen die Lehrenden den Lernprozess der Studierenden und den Projektfortgang bei Bedarf durch sog. Schools, d. h. sie geben gezielt Input zu projektrelevanten Themen.

Zuletzt gibt es am Ende eines Sprints die Retrospektive. Die Studierenden werden angeleitet, ihr Vorgehen zu reflektieren.

Fragen, die sich die Teammitglieder gemeinsam stellen, können sein: Was ist gut gelaufen? Was lief nicht so gut? Was wollen wir als Team im nächsten Sprint verbessern? Für die Retrospektive kann sich das Projektteam auch einen thematischen Schwerpunkt setzen, z. B. die Verteilung der Tasks auf die Teammitglieder.

Bis auf die Dailys finden die Events für alle Projekte immer an dem gleichen Tag statt, so dass die Projekte synchron laufen. Lehrende, die mehrere Projekte in einem Semester anbieten, lassen die Events nacheinander stattfinden.

4. FAZIT

Das Framework Scrum ist ein geeignetes Verfahren, Studierende beim selbstorganisierten Lernen mit projektbasierter Lehre zu begleiten. Es ermöglicht den Studierenden zum einen ihr erlerntes Wissen in praktischen Projekten zu vertiefen und

anzuwenden. Zum anderen findet ein Kompetenzaufbau im Bereich der Future Skills (Ehlers, 2020) statt. Dies sind Kommunikationsfähigkeit und Kooperationskompetenz, Teamarbeit, Reflexionsfähigkeit, Selbstorganisation und Problemlösekompetenz. Außerdem erleben die Studierenden ihre Selbstwirksamkeit, insbesondere beim Lösen von fachlichen und kommunikativen Herausforderungen, die ihnen im Rahmen der Projekte als selbstorganisierte Teams begegnen. Durch den Einsatz von Scrum in der Lehre lernen die Studierenden agiles Arbeiten, was nach dem Future-Skills 2021 des Stifterverbands (Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft e.V., 2021) eine der digitalen Schlüsselkompetenzen ist.

Die Studierenden haben in qualitativen Evaluationen angemerkt, dass sie die Projekte „cool finden“. Laut ihren Aussagen haben Teamarbeit, Reviews, eigene Initiative und selbständiges Lösungsfinden zu ihrem Lernerfolg beigetragen. Hinderlich waren in der Regel die Kommunikation und das Zeitmanagement. Feedback zur Weiterentwicklung gibt es besonders auf der organisatorischen Ebene.

Darüber hinaus wird beobachtet, dass die Studierenden häufig in den Projekten feststellen, dass sie Inhalte benötigen, die in Lehrveranstaltungen nicht vermittelt werden. In diesen Fällen begleiten die Lehrenden die Studierenden beim eigenständigen Erlernen dieser Inhalte und stärken somit die Lernkompetenz der Studierenden (Ehlers, 2020).

Literatur

Ehlers, U.-D. (2020). Future Skills: Lernen der Zukunft – Hochschule der Zukunft. In Zukunft der Hochschulbildung. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-29297-3>

Lutter, A. & Werft, W. (o. J.). EduScrum. Abgerufen am 01. April 2025 von: <https://www.eduscrum.hs-mannheim.de/>

Morisse, K., Heidemann, C. & Möller, S. (2023). Informatik-Grundlagenmodul mit den Methoden Inverted Classroom und Scrum. In Dölling, D., Schäfle, C., Kürsten, S.; Hunger, M., Hirt, J. & Riegler, P. (Hrsg.). Tagungsband Mint Symposium zur Hochschullehre an den MINT-Fächern, S. 124 – 131.

Schwaber, K. (2004). Agile Project Management with Scrum. Microsoft Press, U.S.

Schwaber, K. & Sutherland, J. (2020). Scrum Guide. Abgerufen am 27. März 2025 von <https://scrumguides.org/docs/scrumguide/v2020/2020-Scrum-Guide-US.pdf#zoom=100>

Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft e.V. (2021). Future Skills 2021. <https://www.stifterverband.org/medien/future-skills-2021>

Sturm, N., & Rundnagel, H. (2021). Agiles Lernen digital gestützt: Die Methode eduScrum in der Hochschullehre. In Hochschulforum Digitalisierung (Hrsg.). Digitalisierung in Studium und Lehre gemeinsam gestalten. Innovative Formate, Strategien und Netzwerke (S. 577 – 598). Wiesbaden: Springer VS.

Wirdemann, R., Ritscher, A. & Mainusch, J. (2022). Scrum mit User Stories. Carl Hanser Verlag.

Angaben zu den Autorinnen und Autoren

Dr. Frauke Stenzel

Wissenschaftliche Mitarbeiterin am DIGIT – Center for Digital Technologies, Technische Universität Clausthal

Steffen Küpper

Geschäftsführer und wissenschaftliche Mitarbeiter am DIGIT – Center for Digital Technologies, Technische Universität Clausthal

Prof. Dr. Andreas Rausch

Professor und Geschäftsführender Direktor am Institute for Software and Systems Engineering, Technischen Universität Clausthal

Prof. Dr. Ina Schiering

Professorin in der Fakultät Informatik, Ostfalia Fachhochschule für angewandte Wissenschaften – Hochschule Braunschweig/Wolfenbüttel

Prof. Dr. Gert Bikker

Institutsdirektor Schienensystemtechnik, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Braunschweig

DAS eLEARNING-PRAKTIKUM: MATHEMATIKLEHRAMTS-STUDIERENDE GESTALTEN DIE LEHRE VON MORGEN

Regula Krapf, Victoria Krystin Heldt
Universität Bonn

ZUSAMMENFASSUNG

Seit dem Sommersemester 2022 wird an der Universität Bonn das Modul „eLearning-Praktikum“ für Mathematiklehramtsstudierende angeboten. In diesem Modul lernen die Teilnehmenden, mithilfe von digitalen Tools eigenständig Lernmaterialien für die Hochschullehre zu entwickeln. Sie experimentieren mit verschiedenen Videoformaten wie Lightboardvideos, Screencasts und Animationsvideos, setzen die Software h5p für interaktive Inhalte ein, gestalten Online-Tests mit STACK-Aufgaben und entwerfen digitale Lernmodule. Diese Materialien werden im Rahmen eines Peer Review überarbeitet und anschließend in der Lehre eingesetzt. Dieser Beitrag beschreibt die Ziele, die Rahmenbedingungen und die Umsetzung des eLearning-Praktikums anhand eines Best-Practice-Beispiels. Darüber hinaus werden Ergebnisse einer Befragung der Teilnehmenden vorgestellt, die Einblicke in deren Einstellungen und Lernergebnisse bieten.

Keywords: Praktikum, interaktive Videos, eLearning, Mathematik, Lernen durch Lehren

1. EINLEITUNG

Wissenschaftler*innen sind sich weitestgehend einig, dass Lernaktivitäten vor allem dann lernwirksam sind, wenn sie zu einer aktiven und konstruktiven Auseinandersetzung mit den Inhalten führen (Chi, 2009). Während Videoschauen zumeist als passive Tätigkeit betrachtet wird (Bersch et al., 2020), bietet das Erstellen eines Videos eine aktive Lernerfahrung, von der gerade Lehramtsstudierende aus dreierlei Hinsicht profitieren: Erstens festigen und vertiefen sie ihr Fachwissen, zweitens lernen sie, Lerninhalte didaktisch aufzubereiten und zu präsentieren und drittens erwerben sie technische Kenntnisse zur Videoproduktion und -nachbearbeitung (Campbell et al., 2022; Atkinson et al., 2024). Kommen solche selbst erstellte Lernmaterialien tatsächlich zum Einsatz, kann dies nicht nur die Motivation derjenigen stärken, die die Materialien generieren (Pirhonen & Rasi, 2016; Campbell et al., 2022), sondern auch der Studierenden, die damit lernen (Vasilchenko et al., 2020), da Studierende eine Rolle als Role Model übernehmen. Die Studie von Campbell et al. (2022) deutet auch auf eine gesteigerte Selbstwirksamkeit sowohl auf der fachlichen Seite als auch im Umgang mit digitalen Technologien hin. Diese sowie die meisten anderen Studien beziehen sich allerdings auf vereinzelte Aktivitäten, bei denen Studierende Videos erstellen, nicht aber auf komplette Lehrveranstaltungen, die sich damit befassen. An der Universität Bonn wird seit dem Sommersemester 2022 das Modul „eLearning-Praktikum“ für Mathematiklehramtsstudierende angeboten. Ziel dabei ist es, digitale Lernmaterialien wie Erklärvideos, Lernmodule oder Online-Tests zu

erstellen, die in anderen Lehrveranstaltungen (oder im schulischen Mathematikunterricht) zur Wissensvermittlung eingesetzt werden. Zwischen dem Wintersemester 2023/24 und dem Wintersemester 2024/25 war das eLearning-Praktikum an das geförderte Lehrprojekt „FlipMathGeo“ gekoppelt, im Rahmen dessen Lernmaterialien für die Selbststudienphase eines Flipped Classroom zur Vorlesung „Einführung in die Mathematik für Geowissenschaften“ entwickelt werden sollten.

In diesem Beitrag sollen Ziele und Umsetzung des eLearning-Praktikums im oben genannten Zeitraum anhand eines Best-Practice-Beispiels zum Thema „ χ^2 -Test“ vorgestellt werden. Außerdem werden Ergebnisse einer Umfrage unter den Teilnehmenden präsentiert.

2. ZIELE UND RAHMENBEDINGUNGEN DES eLEARNING-PRAKTIKUMS

Das eLearning-Praktikum ist ein Wahlpflichtmodul (6 ECTS-Punkte) für Studierende im lehramtsbezogenen Bachelorstudiengang Mathematik an der Universität Bonn. Ziel der Durchführung in den Wintersemestern 2023/24 und 2024/25 sowie dem Sommersemester 2024 war es, Lernmaterial für die Vorlesung „Einführung in die Mathematik für Geowissenschaften“ zu entwickeln, welches erstmalig im Sommersemester 2025 pilotiert wurde. Konkret erhielten die Studierenden die Aufgabe, zu einem der vorgegebenen Themen ein videobasiertes Lernmodul und einen Online-Test zu konzipieren. Die Studierenden erstellten die Materialien teilweise in Zweierteams, teilweise auch weitestgehend allein. Im Verlauf des Projekts

wurde immer stärker auf Teamwork gesetzt, da sich dies als sehr gewinnbringend herausstellte. Als Basis für die Lernmodule wurde von der Dozentin (Erstautorin dieses Artikels) vorab ein rudimentäres Skript bereitgestellt, welches aus Definitionen und Sätzen bestand und damit insbesondere eine einheitliche Notation vorgab. Beispiele sollten die Studierenden in Absprache mit der Dozentin selbst konstruieren. Die Studierenden hatten auch die Möglichkeit, Vorschläge für die Umgestaltung des Skripts einzubringen. Zu Beginn des Semesters wurde eine verpflichtende Videobearbeitungsschulung angeboten und im Wintersemester 2024/25 zusätzlich auch eine STACK-Schulung. In jedem der drei Semester nahmen jeweils fünf Studierende am eLearning-Praktikum teil. Alle zwei Wochen fand ein gemeinsames Treffen statt, bei dem der aktuelle Fortschritt, Fragen und die nächsten Schritte besprochen wurden. Bei Fragen stand dabei auch der Austausch der Studierenden untereinander im Fokus: So stammten viele Ideen nicht von der Dozentin, sondern von anderen Studierenden, die dadurch Verantwortung übernehmen konnten. Der Leistungsnachweis erfolgte in der Form eines digitalen Portfolios sowie eines Abschlussberichts, in welchem die eigene Tätigkeit reflektiert wurde.

Von Seiten der Dozentin wurde der Erwerb folgender Kenntnisse im eLearning-Praktikum anvisiert (siehe auch Krapf, 2023):

- **Mathematische Kenntnisse:** Vertieftes Verständnis von mathematischen Kenntnissen sowie ein präziser Umgang mit der mathematischen Fachsprache
- **Mathematik- und mediendidaktische Kenntnisse:** Didaktische Konzeption von Videos¹ und Aufgaben (insbesondere Elementarisierung und Anpassung an die Zielgruppe), Konstruktion von Beispielen und Visualisierungen, Reflektion der

¹ In der ersten Sitzung gab es einen theoretischen Input zu mediendidaktischen Prinzipien der Videogestaltung.

Abb. 1: Beispiel für ein Video mit Interaktion

The video shows a woman writing on a lightboard. On the left, there is an interactive question: 'Welchen Wert hat hier z_1 ?' with input fields for 40, 80, 70, and 50. On the right, she has written a contingency table for the relationship between 'Vorkommen von Oxiden' (presence of oxides) and 'Vorkommen von Silicaten' (presence of silicates).

		Vorkommen von Oxiden		
		ja	nein	
Vorkommen von Silicaten	ja	15	35	50
	nein	25	45	70
		40	80	120

Below the table, she has written the formulas for expected frequencies:

$$b_{ij} = \frac{z_i \cdot s_j}{N}$$

$$b_{ni} = \frac{z_i \cdot s_i}{N}$$

eigenen Erklärungen, Strukturierung eines Tafelbilds, Umsetzung mediendidaktischer Prinzipien zur Videogestaltung nach Mayer (2009)

- **Technische Kenntnisse:** Videoschnitt, technische Erstellung von Lernmodulen und digitalen Aufgaben (insbesondere STACK), Benutzung von LaTeX

3. EIN BEST-PRACTICE-BEISPIEL

Im Rahmen des eLearning-Praktikums wurden Lernmodule bestehend aus interaktiven Videos (d. h. Videos mit h5p-Fragen), Textbausteinen aus dem Skript (z. B. Definitionen) und Online-Tests bestehend aus verschiedenen Aufgabenformaten entwickelt. Im Folgenden wird anhand des von der Zweitautorin² erstellten Lernmoduls zum Thema „ χ^2 -Test“ der Entwicklungsprozess und der Aufbau der Lernmaterialien aus der Sicht einer Teilnehmerin beschrieben. Zunächst wurde von der Dozentin ein Skript mit Definitionen und Sätzen, aber ohne Beispiele bereitgestellt. Die erste Herausforderung bestand darin, eine geeignete Gliederung des Lernmoduls zu entwickeln, um

der Zielgruppe eine schnelle und einfache Einführung in den χ^2 -Test zu ermöglichen. Die wichtigsten Definitionen und Formeln wurden dabei in Form von Textbausteinen in das ILIAS-Lernmodul eingebaut. Zu diesen Lerninhalten wurden dann zusätzlich Erklärvideos erstellt. Dabei erschien es als sinnvoll, möglichst schnell Anwendungsbeispiele einzuführen, an denen die verschiedenen Schritte des χ^2 -Tests erklärt werden, da die Studierenden der Geowissenschaften den Test wohl hauptsächlich in der Praxis anwenden werden. Daher wurde zu den meisten Themen zuerst ein Video gedreht, in welchem das Konzept erklärt wird und anschließend ein Video, in welchem ein selbst gewähltes Beispiel zu dem Konzept gegeben wird (siehe Abb. 1).

Die Videos wurden alle am Lightboard, einer mit LEDs beleuchteten Glastafel, gedreht. Die Verwendung eines Lightboards hat im Vergleich mit einer Kreidetafel den Vorteil, dass die Person immer von vorne zu sehen ist, sodass die Blickrichtung stets erkennbar ist, was den Lernprozess unterstützen kann (Mayer et al., 2020). Vor dem Videodreh besteht eine zentrale Aufgabe darin, ein durchdachtes Videokonzept zu entwickeln und die didaktische Aufbereitung zu planen. Im Vorfeld wurde das

² Die Zweitautorin nahm im Wintersemester 2024/25 selbst am eLearning-Praktikum teil und ist seither als studentische Hilfskraft im Projekt „FlipMathGeo“ beschäftigt.



Übungsbeispiel. Welche Charakteristika haben erwartete absolute Häufigkeiten?

 Lösungseingabe

Welche Aussagen über die erwarteten absoluten Häufigkeiten stimmen?
Kreuzen Sie die korrekten Aussagen an.

- ☐ Die Summe der erwarteten absoluten Häufigkeiten kann von der Summe der beobachteten Häufigkeiten abweichen.
- ☐ Wenn alle erwarteten absoluten Häufigkeiten gleich groß sind, bedeutet das, dass die beobachteten Häufigkeiten ebenfalls alle gleich groß sind.
- ☐ Weichen erwartete absolute Häufigkeiten stark von den beobachteten ab, wird die Nullhypothese mit höherer Wahrscheinlichkeit abgelehnt.
- ☐ Die erwarteten absoluten Häufigkeiten sind stets nicht-negativ, da sie aus den Randsummen und dem Umfang der Gesamtstichproben berechnet werden.

Auswerten

 Erklärungen

Abb. 2: Beispiel für eine Aufgabe mit Lösungsmöglichkeiten in einem Lernmodul

Tafelbild mit der Dozentin abgesprochen. Bei den Drehterminen waren jeweils zwei Teilnehmende sowie die Dozentin oder eine geschulte studentische Hilfskraft anwesend. Auf eine exakte Formulierung eines Sprechertexts wurde zugunsten eines natürlicheren Auftretens verzichtet; stattdessen wurde kleinschrittig mit mehreren Schnitten gefilmt und während des Drehs Feedback gegeben und einzelne Passagen mehrfach aufgenommen. Beim Schnitt der Videos merkte man selbst schnell, was man beim Filmen der Videos noch an der Artikulation oder Körperhaltung verbessern kann, sodass die Videos sich über das Praktikum hin verbesserten. Bei der Eingliederung der Videos in das Lernmodul wurden mithilfe von h5p, je nach Länge, ein bis zwei Interaktionen zur Förderung der Aufmerksamkeit und des Mitdenkens in Form von Aufgaben hinzugefügt (siehe Abb. 1). Bei den Interaktionen in den Videos war es

wichtig, dass diese einfach und schnell gelöst werden können und keine mehrschrittigen Umformungen nötig sind. Ergänzend zu den h5p-Fragen wurden noch Aufgaben erstellt, die die Studierenden am Ende der jeweiligen Seite im Lernmodul bearbeiten können. Hierbei wurde darauf geachtet, neben Kalkülaufgaben auch Aufgaben zum inhaltlichen Verständnis des Themas zu formulieren (siehe Abb. 2). Die Aufgaben bestanden dabei jeweils aus einer Lösungseingabe mit automatischer Auswertung sowie einer detaillierten Musterlösung.

Im Anschluss an die Konzeption des Lernmoduls wurde ein Online-Test erstellt, den die Studierenden nach der Bearbeitung des Lernmoduls lösen sollen. Dieser sollte jedes Themengebiet des Lernmoduls abdecken und möglichst viele STACK-Aufgaben enthalten, damit er zur Selbstkontrolle mehrmals mit neuen

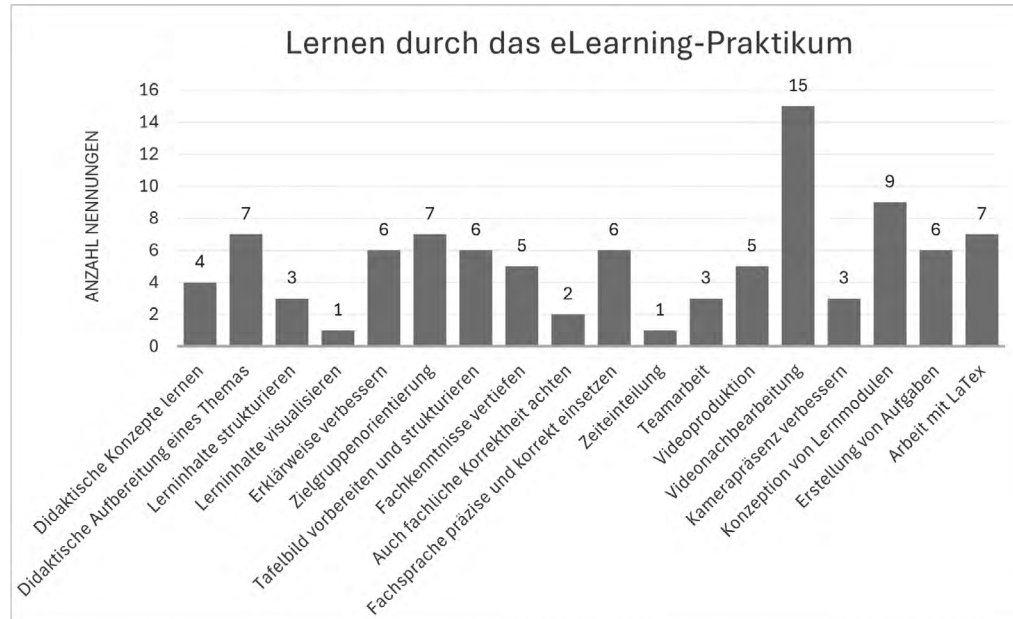


Abb. 3: Antworten auf die offene Frage

zufälligen Zahlwerten bearbeitet werden kann. Gerade bei der Erstellung der Online-Tests waren die regelmäßigen Team-Meetings hilfreich. Wenn Probleme mit STACK auftraten, konnte oftmals ein*e Kommiliton*in helfen und man konnte auftretende Herausforderungen gemeinsam lösen. In den Treffen wurden häufig inhaltliche Tipps gegeben, wie sich Aufgaben optimieren lassen, wodurch die Qualität der Lernmodule und Online-Tests erhöht werden konnte. Die fertiggestellten Tests und Lernmodule wurden vor dem Einsatz von den Studierenden im Rahmen eines Peer Review gegenseitig sowie durch die Dozentin Korrektur gelesen und überarbeitet. Obwohl alle Lernmodule für den Einsatz in der Lehre als nutzbar betrachtet werden konnten, wiesen manche Lernmodule dennoch inhaltliche oder didaktische Mängel auf. Daher wurden drei Teilnehmende im Anschluss an das Praktikum weiterbeschäftigt und überarbeiteten die betroffenen Materialien, insbesondere durch Neuaufnahme einiger Videos.

4. UMFRAGEERGEBNISSE

In jedem Semester wurde am Ende des Semesters eine Umfrage unter den Teilnehmenden des Praktikums durchgeführt, die darauf abzielt, die persönlichen Lernziele, den tatsächlichen Lerneffekt und Erfahrungen zu erfassen. In den drei Semestern des Untersuchungszeitraums nahmen insgesamt 15 Studierende (d. h. alle Teilnehmenden) an der Erhebung teil. Die Umfrage bestand überwiegend aus offenen Fragen sowie einigen geschlossenen Fragen. Die offenen Fragen wurden durch die Erstautorin ausgewertet und kategorisiert. Aus Platzgründen wird nur auf zwei Aspekte eingegangen.

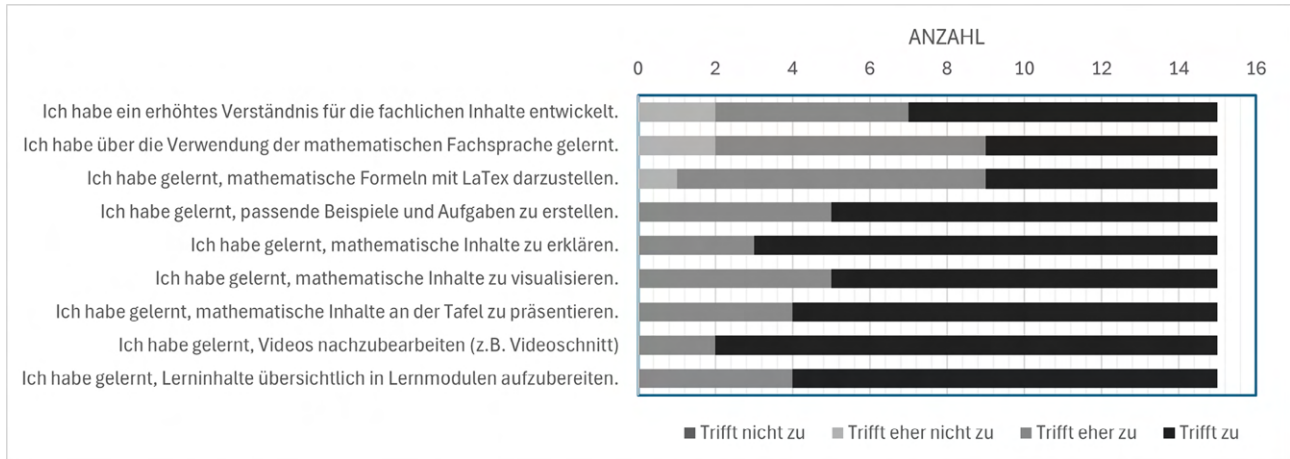


Abb. 4: Auswertung der geschlossenen Fragen

Zunächst wurden die Studierenden in einer offenen Frage gebeten, zu beschreiben, was sie im eLearning-Praktikum gelernt haben.³ Die Ergebnisse sind in Abb. 3 dargestellt. Alle Teilnehmenden nannten die Videonachbearbeitung, insbesondere den Videoschnitt. Am zweithäufigsten wurde die Arbeit mit dem Lernmanagementsystem ILIAS erwähnt, insbesondere die Konzeption von Lernmodulen (9 Nennungen). Viele führten zudem die Arbeit mit LaTeX (7 Nennungen) sowie die Erstellung von Aufgaben und Lösungen (6 Nennungen) an. Aus didaktischer Sicht berichteten die Studierenden am häufigsten, dass sie gelernt haben, Lernmaterialien an die Zielgruppe anzupassen (7 Nennungen), mathematische Themen didaktisch aufzubereiten (6 Nennungen), das Tafelbild vorzubereiten und zu strukturieren (6 Nennungen) sowie die eigene Erklärweise zu verbessern (5 Nennungen). Aus fachlicher Perspektive hoben

mehrere Studierende den Umgang mit der mathematischen Fachsprache und eine präzise mathematische Notation hervor (6 Nennungen). Zudem gaben einige an, ihre mathematischen Kenntnisse vertieft zu haben (5 Nennungen). Es gab jedoch auch Stimmen, die angaben, fachlich keine neuen Erkenntnisse gewonnen zu haben. Anschließend wurden die Studierenden in einer geschlossenen Frage nach den von der Dozentin formulierten Lernzielen befragt. Die Ergebnisse dieser Frage sind in Abb. 4 dargestellt. Es gibt eine hohe Übereinstimmung zwischen den Antworten zur offenen und geschlossenen Frage.

In einer weiteren offenen Frage wurden die Studierenden gefragt, was sie besonders motiviert hat und was sie weniger motiviert hat.⁴ Am häufigsten wurden die Videodrehtermine (8 Nennungen) und das Arbeiten mit der Lernplattform ILIAS (7

³ Frage: „Was haben Sie im eLearning-Praktikum (aus fachlicher, didaktischer und technischer Sicht) gelernt? Bitte beschreiben Sie dies sehr ausführlich.“

⁴ Frage: „Beschreiben Sie Ihre Motivation beim eLearning-Praktikum. Was hat Sie besonders motiviert, was weniger?“

Nennungen) als motivierend beschrieben, etwas weniger auch der Videoschnitt (5 Nennungen) – dies hing auch mit technischen Schwierigkeiten zusammen, die dabei auftauchten und eine Quelle für Frustration waren (6 Nennungen). Zu den Videodrehen merkte ein*e Teilnehmer*in an: „Die Videos waren am Anfang etwas demotivierend, da man seine Fehler oder seine noch Unprofessionalität stark reflektiert und durch das Schneiden sehr oft zu sehen bekommen hat. Dieses hat sich jedoch zu Ende des Moduls zu Freude und Motivation umgeschlagen.“ Die Studierenden schätzten auch die Selbstständigkeit und Möglichkeit Verantwortung zu übernehmen (5 Nennungen). Einige Studierende fanden es besonders motivierend, didaktische Überlegungen zu treffen (5 Nennungen), was sie auch für die spätere Lehrtätigkeit hilfreich fanden: „[motiviert hat mich] Themen didaktisch aufzuarbeiten, weil das auf den späteren Beruf vorbereitet, im Gegensatz zu manchen anderen Veranstaltungen an der Uni.“ Auch die Teamarbeit (4 Nennungen) sowie den Austausch und das Feedback bei den regelmäßigen Treffen (2 Nennungen) fanden bei einigen Anklang. Vier Studierende gaben auch an, dass sie die Sichtbarkeit eines Ergebnisses – das erstellte Lernmaterial – motiviert hat: „Man konnte seine eCampus-Seite wachsen sehen, welches einen auch zu Videodreh und Arbeiten motiviert hat.“

5. FAZIT UND AUSBLICK

In diesem Beitrag wurde die Konzeption und Umsetzung des Moduls „eLearning-Praktikum“ an der Universität Bonn sowie Evaluationsergebnisse vorgestellt. Die Auswertung zeigt, dass die Studierenden nach eigener Sicht hauptsächlich technische und didaktische Kenntnisse erwerben konnten, aber auch fachliche, insbesondere im Umgang mit der mathematischen Fachsprache. Außerdem zeigt die Umfrage, dass die Motivation

der Studierenden sehr hoch war und sie viel für ihre zukünftige Lehrtätigkeit lernen konnten. Die Ergebnisse stehen im Einklang mit bisherigen Erkenntnissen aus der Forschung zur Erstellung von Lernmaterialien durch Studierende (Campbell et al., 2022). Im Sommersemester 2025 kamen die im eLearning-Praktikum erstellten Materialien erstmals im Modul „Einführung in die Mathematik für Geowissenschaften“ zum Einsatz. Im Rahmen dieser Pilotierung fand eine erste Evaluation seitens der Geowissenschaftsstudierenden statt, bei der die Materialien insgesamt positiv bewertet wurden. Die Ergebnisse liefern wertvolle Impulse für die Überarbeitung im Hinblick auf den weiteren Einsatz.

Das eLearning-Praktikum hatte in der bisherigen Umsetzung primär zum Ziel, Lehrmaterial für Mathematikvorlesungen zu entwickeln. Es sind aber auch andere Umsetzvarianten denkbar, die in Zukunft erprobt werden sollen. Im Sommersemester 2025 steht beispielsweise das Thema „Videos ohne Worte“ im Fokus, d. h. es sollen animierte „Beweise ohne Worte“ erstellt werden, also Beweise, die aus einem selbsterklärenden Bild bestehen. Solche Videos können sich auch an Schüler*innen richten.

Literatur

Atkinson, A., Bell, P., De La Rosa, I., DeGeorge, T., Jonassen, L., Kokil, V., Lee, S., Malloy, M., Pinzon, K., Robertson, C., Curry Savage, J., Shahbaz, R., Villanueva, O., Wludyga, J., & Weckerle, M. (2024). Student-created videos in online STEM education: a large, interdisciplinary, randomized control study. *Discover Education*, 3, Artikel 178. <https://doi.org/10.1007/s44217-024-00283-8>

Bersch, S., Merkel, A., Oldenburg, R., & Weckerle, M. (2020). Erklärvideos: Chancen und Risiken: Zwischen fachlicher Korrektheit und didaktischen Zielen. *Mitteilungen der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik*, 109, 58–63.

Campbell, L. O., Heller, S., & Pulse, L. (2022). Student-created video: an active learning approach in online environments. *Interactive Learning Environments*, 30(6), 1–10. <https://doi.org/10.1080/10494820.2020.1711777>

Chi, M. (2009). Active – constructive – interactive: A conceptual framework for differentiating learning activities. *Topics in Cognitive Science*, 1(1), 73–105. <https://doi.org/10.1111/j.1756-8765.2008.01005.x>

Krapf, R. (2023). Sind Studierende die besseren Dozierenden? Wie Mathematiklehramtsstudierende den Inverted Classroom mitgestalten können. In: Tagungsband zum 5. Symposium zur Hochschullehre in den MINT-Fächern (S. 98–106).

Mayer, R. E. (2009). *Multimedia Learning* (2. Aufl.). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CB09780511811678>

Mayer, R. E., Fiorella, L., & Stull, A. (2020). Five ways to increase the effectiveness of instructional video. *Education Technology Research and Development*, 68(3), 837–852. <https://doi.org/10.1007/s11423-020-09749-6>

Pirhonen, J., & Rasi, P. (2016). Student-generated instructional videos facilitate learning through positive emotions. *Journal of Biological Education*, 51(3), 215–227. <https://doi.org/10.1080/00219266.2016.1200647>

Vasilchenko, A., Cajander, A., & Daniels, M. (2020). Students as Prosumers: Learning from Peer-Produced Materials in a Computing Science Course. In: 2020 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE), Uppsala, Schweden. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9274042>

Angaben zu den Autorinnen

Regula Krapf

ist Akademische Oberrätin am Mathematischen Institut der Universität Bonn. Sie lehrt seit 2021 in den Bereichen Lehramt Mathematik sowie Mathematik für Geowissenschaften. Zuvor war sie als wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Universität Koblenz-Landau und als Doktorandin in der Mathematischen Logik an der Universität Bonn tätig. In ihrer Forschung befasst sie sich mittlerweile vor allem mit Mathematikdidaktik.

Victoria Krystin Heldt

studiert seit dem Wintersemester 2022/23 Mathematik und Geschichte auf Lehramt für Gymnasien und Gesamtschulen an der Universität Bonn. Seit dem Wintersemester 2024/25 ist sie als studentische Hilfskraft am Mathematischen Institut beschäftigt.

VON DER STUDIENORIENTIERUNG BIS ZUM BERUFSEINSTIEG: POTENZIALE DER SCIENCE CAMPS DER ALLIANZ THÜRING

Jenny Gramsch, Sabine Fincke, Matthias Ernesto Testa, Ferdinand Meier; TU Ilmenau
Lars Abrahamczyk; Bauhaus-Universität Weimar

ZUSAMMENFASSUNG

Science Camps der Allianz THÜRING bieten Studierenden ingenieurwissenschaftlicher Studiengänge in Thüringen regelmäßig die Möglichkeit, in interdisziplinären Teams fächerübergreifende Themen zu bearbeiten. Die Umsetzung erfolgt in Zusammenarbeit mehrerer Hochschulen, wobei Studierende aller Thüringer Allianz-Hochschulen teilnehmen.

Im Beitrag werden die Erfahrungen mit Science Camps vorgestellt, die von 2022 bis 2024 an der TU Ilmenau durchgeführt wurden. Diese richteten sich an Teilnehmende verschiedener Phasen des Student Life Cycle: Studienorientierung und -einstieg, Bachelor- sowie Masterstudium.

Der hochschulübergreifende Ansatz und die Heterogenität der individuellen Voraussetzungen und Motive der Teilnehmenden führten zu speziellen methodischen und organisatorischen Ansätzen. Im Beitrag wird auf das Feedback der Teilnehmenden und Mitwirkenden eingegangen. Die umfassende Einbindung Studierender erwies sich als wertvoll für deren fachliche und überfachliche Kompetenzentwicklung.

Keywords: Allianz THÜRING, Science Camps, Ingenieurwissenschaften, Kooperation

1. EINLEITUNG

Die Science Camps der Allianz THÜRING (o.J.) sind ein innovatives Veranstaltungsformat, das ingenieurwissenschaftliche Themen interdisziplinär, praxisnah und zielgruppenspezifisch vermittelt. Kennzeichnend ist der hochschulübergreifende Ansatz sowohl in der Umsetzung, als auch in der Hochschulzugehörigkeit der Teilnehmenden. Sie richten sich an Bachelor- und Masterstudierende aus ganz Thüringen sowie Studieninteressierte. Thematisiert werden Fragestellungen, die das Zusammenwirken verschiedener Ingenieurdisziplinen erfordern. Im Mittelpunkt stehen Herausforderungen und Technologien mit hoher gesellschaftlicher Relevanz – beispielsweise der Einsatz von Künstlicher Intelligenz, Nachhaltigkeit oder Digitale Zwillinge.

Neben fachlicher Vertiefung fördern die Science Camp die Entwicklung überfachlicher Kompetenzen der Teilnehmenden zur Teamarbeit, Kommunikation und im Projektmanagement. Zugleich entstehen hochschulübergreifende Netzwerke, die den Austausch zwischen Studierenden und Lehrenden verschiedener Standorte stärken.

Das Format wurde im Projekt ProTELC (2021-2025) entwickelt und wird von der Bauhaus-Universität Weimar koordiniert. Seit 2022 finden Science Camps für Bachelor- und Masterstudierende statt. 2023 erfolgte die Ausweitung auf Studieninteressierte.

Dieser Beitrag stellt Konzepte, methodische Elemente und Erfahrungen der Science Camps an der TU Ilmenau vor. Kapitel 2

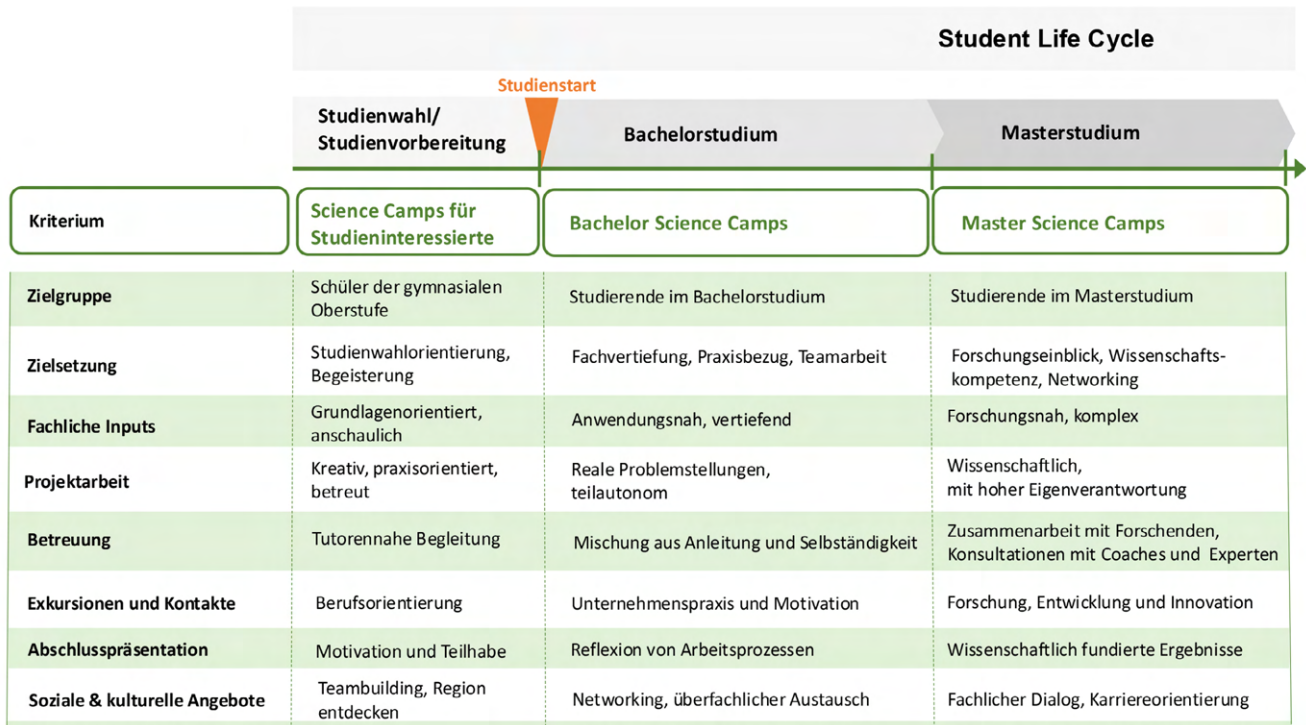


Abb. 1: Differenzierungen in der Gestaltung der Allianz THÜRING Science Camps

widmet sich der Umsetzung für unterschiedliche Zielgruppen. Kapitel 3 fasst Erkenntnisse und Entwicklungspotenziale zusammen.

2. SCIENCE CAMPS AN DER TU ILMENAU

Merkmale der Science Camps

Die Camps sind für Gruppen von 20 bis 35 Teilnehmenden konzipiert und finden über einen Zeitraum von 5 bis 10 Tagen in Präsenz statt. Im Zentrum steht die Bearbeitung interdisziplinärer Projektaufgaben in gemischten Teams (hinsichtlich

Studienrichtung, Hochschulzugehörigkeit). Die Projektteams werden durch studentische Tutoren, wissenschaftliche Mitarbeiter sowie Experten begleitet. Fachliche Impulse erfolgen in Form von Vorlesungen, Workshops, Tutorien und Diskussionsrunden. Exkursionen zu regionalen Unternehmen und Forschungseinrichtungen eröffnen Einblicke in vielfältige Berufsfelder, während Social Events und kulturelle Angebote den Austausch und das gemeinsame Erleben fördern. Den Abschluss bildet eine öffentliche Präsentation der Projektergebnisse, ergänzt durch eine systematische Evaluation. Je nach Zielgruppe unterscheiden sich Zielsetzungen, Methodik und Organisation. Abb. 1 zeigt die Differenzierungen in der Gestaltung.

Die Umsetzung erfordert eine sorgfältige Balance: zwischen fachlicher Tiefe und Verständlichkeit, zwischen individueller Förderung und Teamarbeit sowie in Bezug auf begrenzte Zeitressourcen aller Beteiligten. Herausforderungen liegen in der Abstimmung der Inhalte auf heterogene Vorkenntnisse der Teilnehmenden, in der Koordination vieler Mitwirkender und in der Synchronisation der Durchführungszeiten wegen unterschiedlicher Semesterzeiten beteiligter Hochschulen.

Merkmale der Science Camps sind die Einbindung externer Partner sowie der intensive Einsatz studentischer Tutoren in der Vorbereitung und Durchführung. Für die Projektarbeiten wird auf Infrastruktur der Fachgebiete, auf das FabLab-Netzwerk sowie studentische Teams mit interdisziplinären Erfahrungen zurückgegriffen. Die hochschulübergreifende Zusammenarbeit wird durch ein gemeinsames Lernmanagementsystem (VCT, o.J.) unterstützt.

Die Konzeption basiert auf erprobten Formaten der TU Ilmenau und der Bauhaus-Universität Weimar. Diese wurden weiterentwickelt, um aktuelle Themen aufzugreifen und ein nachhaltiges Lehr-Lern-Angebot für die ingenieurwissenschaftliche Nachwuchsförderung in Thüringen zu schaffen.

Studentische Tutoren

Der Einsatz studentischer Tutoren erfolgte bei der Prototypen-Entwicklung, der organisatorischen Begleitung und der Umsetzung von Einführungstutorien zu Fachthemen.

Ein Teil der eingebundenen Tutoren hat schon im Vorfeld eigene Erfahrungen mit interdisziplinären Teamprojekten und tutorieller Tätigkeit gesammelt. Alle Tutoren sind an ihren Aufgaben gewachsen. Eine besondere Herausforderung war für

mitwirkende Bachelorstudierende sich in das Master Science Camp einzubringen. Bei mehreren Tutoren zeigte sich eine ausgeprägte Begeisterung für die Vermittlung von Inhalten sowie ein Interesse an neuen fachlichen Themen, an denen sie auch nach dem Science Camp weiterarbeiten. Dies wird durch das Feedback der Tutoren belegt:

- Auf die Frage „*Was waren besondere Herausforderungen für Euch?*“ antwortete ein Tutor (Bachelor-Student): „Für mich war eine große Herausforderung plötzlich eine Autoritätsperson zu sein, die nicht nur fachliches, sondern auch organisatorisches Wissen haben musste. Dies war insbesondere bei den Master-Studierenden schwieriger, da die fachlichen Fragen oft über meinen damaligen Wissensstand hinausgingen.“
- Auf die Frage „*Was habt ihr gelernt?*“ antwortete ein studentischer Tutor: „Ich mag (es) Wissen weiterzugeben. Fachlich (habe ich) viel neues Wissen erworben, insbesondere zu der Art und Weise wie ich mit Raspberry Pi's arbeiten kann und wie effektiv mit neuronalen Netzwerken und mit Python gearbeitet werden kann. Dazu habe ich viel über Server Administration und Netzwerk Programmierung gelernt.“
- Auf die Frage „*Was war besonders cool?*“ gab es von Person 1 folgendes Feedback: „Bei den Schülern hat es mir sehr viel Spaß gemacht, ihnen etwas beizubringen und mit ihnen gemeinsam die Aufgaben zu lösen und Probleme zu beheben“. Person 2 fand die Simplität hinter der Nutzung von Pre-trained Neuronal Networks „cool“.
- Auf die Frage „*Worauf habt ihr Lust bekommen?*“ antwortete ein Tutor „Mehr KI/Neuronale Netze nutzen und dies für meine Bachelorarbeit thematisieren“. Person 2 möchte künftig selbst an einem solchen Camp bzw. einer solchen Gruppenarbeit teilnehmen. Person 3 äußerte: „Ich habe mir im letzten

Jahr mit Unterstützung meiner Kommilitonen in der Tutorien-Gruppe praktische Erfahrungen in der 3D-Druck-Technologie angeeignet. Hier konnte ich es weitergeben – mein erster 3D-Druck-Workshop – sogar in Englisch. Und ich habe positives Feedback von den Teilnehmenden erhalten.“

Einbindung von Mentoren (FabLab)

Mentoren vom Inkubator Lab des Gründungsservice der TU Ilmenau waren mit Expertise zum Thema „digitale Fabrikation“ und „Coaching“ in die fachliche und methodische Begleitung des praktischen Teils des Master Science Camps eingebunden. Die Mentoren unterstützten die Teams bei der Überprüfung der Projektideen auf Realisierbarkeit, gaben technische Hinweise und motivierten zu kreativen Lösungsansätzen. Ein eigens entwickelter Fragenkatalog half dabei, Stärken und Entwicklungsbedarfe der Teams rasch zu erfassen.

Die Konsultationen konnten flexibel nach Bedarf in Anspruch genommen werden. In Phasen geringer Interaktion suchten die Mentoren proaktiv den Kontakt, um Fortschritte zu erfragen und gezielt zu unterstützen. Ziel war es, eine produktive, professionelle Arbeitsatmosphäre zu schaffen, die die Studierenden zur eigenständigen Umsetzung ihrer Ideen befähigt.

Die enge Zusammenarbeit zwischen FabLab-Mentoren und Tutores erwies sich als besonders wirksam: Sie ermöglichte eine intensive Begleitung der Projektarbeit, die von den Teilnehmenden sehr geschätzt wurde und zu bemerkenswerten Ergebnissen innerhalb des kurzen Bearbeitungszeitraums führte.

Theorie anwenden, Praxis erleben

Die Science Camps für Bachelorstudierende richten sich an Studierende in der frühen Studienphase und zielen darauf ab, theoretische Grundlagen mit praktischer Anwendung zu verknüpfen. Im Bachelor Science Camp vom 07. bis 11. März 2022 wurden „Digitale Zwillinge“ thematisiert, welche eine hohe Relevanz für zahlreiche technische Disziplinen besitzen. Ziele des Camps waren die praxisnahe Auseinandersetzung mit dem Thema, die Förderung interdisziplinärer Zusammenarbeit sowie Einblicke in Berufsfelder von Ingenieuren in Forschung und Industrie.

Besonders geschätzt wurden von den Teilnehmenden die interdisziplinär ausgerichtete Team-Projektarbeit, der Austausch mit Experten, die Exkursionen zu Unternehmen und der direkte Austausch mit studentischen Tutores.

Wegen parallel stattfindender Prüfungen wurde eine große Anzahl (18) studentischer Tutores für jeweils kleine Zeitabschnitte eingebunden. Die durch die Tutores eingebrachten Impulse bereicherten die Projektarbeiten und den sozialen Austausch deutlich. Die Tutores empfanden ihre Mitwirkung als sehr wertschätzend und motivierend.

Die gewonnenen Erkenntnisse flossen in die Weiterentwicklung des Formats ein und wurden in UN|Online (2022) dokumentiert.

Forschungseinblicke, Wissenschaftskompetenz, Networking

Die ProTELC Master Science Camps orientieren sich an aktuellen Forschungsfragen und werden von Experten aus Wissenschaft und Industrie gestaltet. Ziele sind: wissenschaftliches Arbeiten stärken, Karrierewege im Forschungsbereich

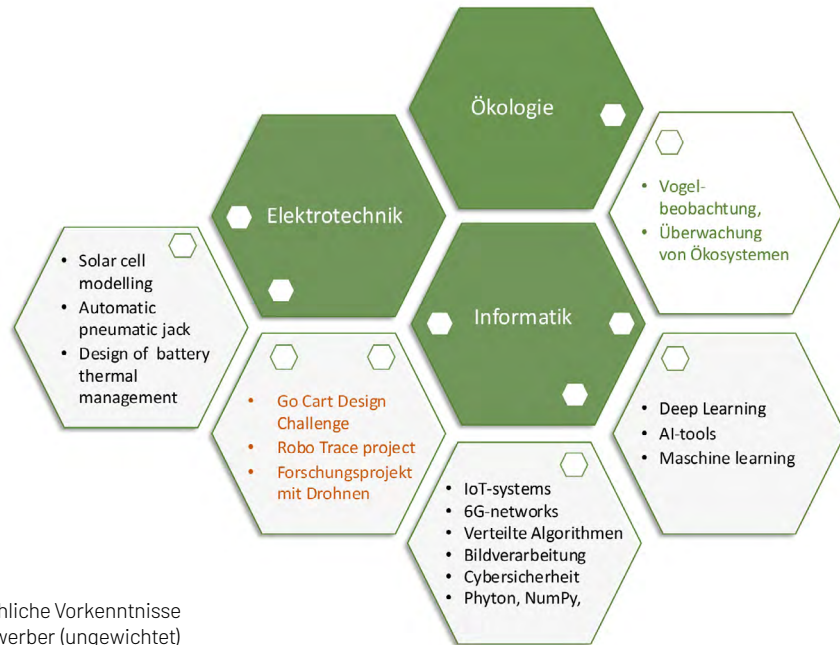


Abb. 2: Vertiefte fachliche Vorkenntnisse der Bewerber (ungewichtet)

fördern und Kontakte zu potenziellen Arbeitgebern im Bereich Forschung und Entwicklung knüpfen. Die integrierten Projektarbeiten sind komplex, forschungsorientiert und erfordern eine hohe Eigenverantwortung bei der Bearbeitung durch die Teams. Die Teilnehmenden arbeiten dabei eng mit Forschenden zusammen.

Aufgrund des hohen Anteils internationaler Teilnehmender wurde für das Master Science Camp zum Thema „Biodiversitätsmonitoring“ vom 23. September bis 2. Oktober 2024 Englisch als Kommunikationssprache gewählt. Ziele waren:

- Vermittlung von Kenntnissen in fortgeschrittener Signalanalyse und KI-Technologien im Kontext des Biodiversitätsmonitorings;
- Förderung interdisziplinärer Zusammenarbeit in multikulturellen Teams;

- Vernetzung mit regionalen Forschungsinstituten, Unternehmen und Stakeholdern aus Umwelt- und Naturschutz;
- Unterstützung des Übergangs in den regionalen Arbeitsmarkt / Praxiserfahrungen.

Die Teilnehmenden kamen aus fünf Thüringer Hochschulen und 15 verschiedenen Studienrichtungen. Vorkenntnisse und Motive waren sehr unterschiedlich, von ersten Einblicken bis zu vertieftem Fachwissen in fachliche Themen. Abb. 2 veranschaulicht dies. Die Einbindung ergänzender Workshops zu Spezialthemen, Expertenkonsultationen (überwiegend online) und Einbindung erfahrener FabLab-Mentoren in die Begleitung der Teamprojekte gehören zur speziell auf diese Zielgruppe abgestimmten Methodik. Fest in den Ablauf integrierte tägliche Kick-Off- und Feedback-Slots boten Struktur für Organisation, Kommunikation und Flexibilität. Abb. 3 stellt inhaltliche und methodische Komponenten dieses Science Camps dar.

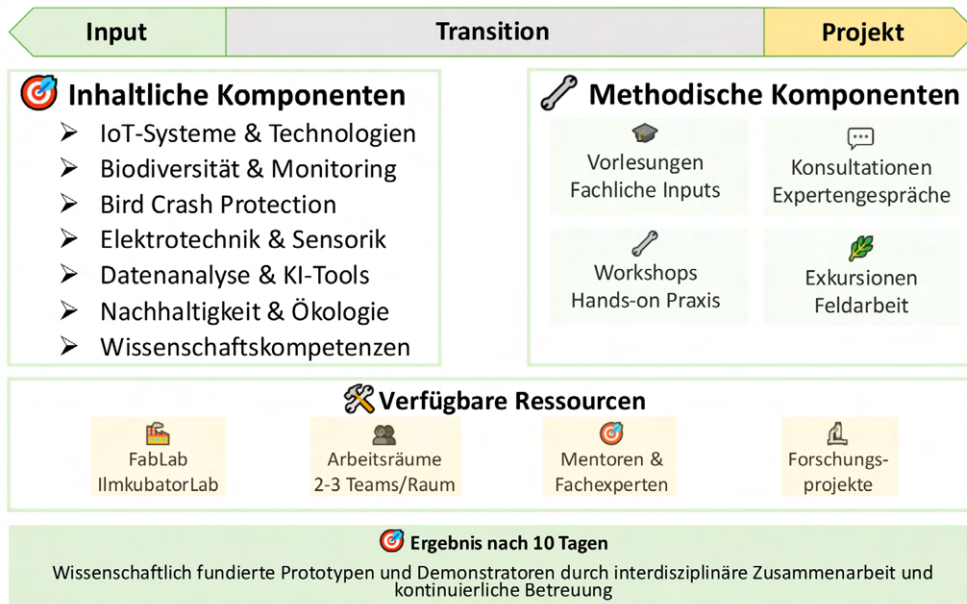


Abb. 3: Inhaltliche und methodische Komponenten des Master Science Camps

Mitwirkende berichteten von durchweg positiven Erfahrungen und blicken mit großer Wertschätzung auf die gemeinsame Arbeit zurück. Von den Teilnehmenden wurde die fachliche Breite und Tiefe der Inputs sowie die Flexibilität bei der Durchführung sehr geschätzt.

Die Teilnehmenden zeigten große Motivation, insbesondere bei der Projektarbeit und im Austausch mit Praxispartnern. Die präsentierten Ergebnisse waren trotz kurzer Bearbeitungszeiten durchweg professionell und überzeugend.

Orientierung durch Praxis erleben

Die Idee, das Science Camp-Format auf Studieninteressierte (Abiturstufe) zu übertragen, entstand auf Anregung der Tutoren. Aus ihren Erfahrungen mit interdisziplinären Projekten, ihrer Arbeit im Schülerforschungszentrum und Erinnerungen

an die eigene Abiturphase empfahlen sie, das Bachelor Science Camp-Format auch für die Studienorientierung zu nutzen.

Aussagen der Studierenden, wie z. B. „An so etwas wie unser letztes Bachelor Science Camp hätte ich als Schüler gern teilgenommen“, „Inhaltlich und organisatorisch würde vieles von dem passen, was wir beim Bachelor Science Camp gemacht haben“, motivierten zum Transfer.

Die Ziele des Science Camp für Studieninteressierte sind:

- Begeisterung für ingenieurwissenschaftliche Themen fördern;
- Einblicke in Forschung und Berufsfelder durch Besuche regionaler Unternehmen und Institute;
- Teamarbeit und interdisziplinäre Projektarbeit praktisch erlebbar werden lassen;
- Austausch mit Studierenden, Tutoren und Experten ermöglichen.

Erprobt wurde dies in Zusammenarbeit mit unserem Kooperationspartner MINT-EC (o.J.) an zwei Science Camp-Veranstaltungen an der TU Ilmenau 2023 und 2024. Der MINT-EC e.V. verfolgt dabei das Ziel, Schüler für MINT-Fächer zu begeistern, sie individuell zu fördern und besondere Leistungen mit dem MINT-EC-Zertifikat auszuzeichnen. Mitgliedsschulen durchlaufen ein Auswahlverfahren und gehören einem nationalen Excellence-Schulnetzwerk an.

Themenschwerpunkte der beiden Science Camps waren „Herausforderung Energieversorgung: Jugendliche erforschen Möglichkeiten und Grenzen der Stromerzeugung“ (2023) und „BIODIVERSITÄTSMONITORING – Moderne Technologien vs. Artenschutz“ (2024).

Auf die Frage „Was hat Ihnen am Science Camp besonders gefallen?“ antworteten Teilnehmende z. B.: „Mir hat der Austausch mit Professoren, Tutoren, Teilnehmenden besonders gefallen.“, „Ich habe den Eindruck, dass man schon als Student nah an der Forschung sein kann, wenn man das möchte.“, „Das Beste war definitiv die Projektarbeit und das Kennenlernen von wissenschaftlichem Arbeiten“.

Das Feedback der Teilnehmenden betont den Praxisbezug, die Nähe zur Forschung und die inspirierende Atmosphäre. Das Format stärkt erfolgreich den Übergang von Schule zum Studium. Mehr Feedback und Impressionen der Teilnehmenden sind in UNlonline (2023, 2024) zu finden.

3. ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Die Science Camps der Allianz THÜRING verbinden praxisnahe Projektarbeit mit fachlichem Austausch, methodischer Vielfalt und der Einbindung regionaler Partner aus Forschung, Wirtschaft und Zivilgesellschaft. Sie haben sich als erfolgreiches Format etabliert, um Motivation, fachliche Orientierung und interdisziplinäre Teamarbeit entlang des gesamten studentischen Lebenszyklus zu fördern – von Studieninteressierten bis hin zu Masterstudierenden. Sie stellen auch für eingebundene studentische Tutoren eine motivierende und wertschätzende Lerngelegenheit dar.

Zentrale Erfolgsfaktoren sind:

- Arbeit an sinnstiftenden, praxisnahen Projekten;
- gezielte Einbindung regionaler Expertise und Infrastruktur;
- breites methodisches Spektrum zur Berücksichtigung heterogener Vorkenntnisse;
- aktive Rolle studentischer Tutoren.

Trotz der organisatorischen Herausforderungen – insbesondere bei Formaten mit längerer Laufzeit oder vielen externen Mitwirkenden – überwiegt der Mehrwert für alle Beteiligten deutlich. Die positive Resonanz auf Seiten der Teilnehmenden, Partnern und Hochschulen unterstreicht das Potenzial des Formats.

Für die Zukunft streben die beteiligten Hochschulen eine Fortführung und gezielte Weiterentwicklung der Science Camps an. Potenzial ist in der Integration vergleichbarer Formate in ingenieurwissenschaftliche Curricula – etwa im Wahlpflichtbereich oder im Rahmen projektbasierter Lehrformate. Die Science Camps leisten einen wichtigen Beitrag zur praxisnahen Hochschulbildung und zur regionalen Vernetzung von Talenten, Institutionen und Ideen.

Danksagung

Das Projekt „ProTELC- Pro Thuringian Engineering Life Cycle (2021-2025) der Allianz THÜRING“ wird durch den Freistaat Thüringen- Zukunftsprogramm „Studium und Lehre stärken“ gefördert. Die Carl-Zeiss-Stiftung (Ilmkubator Lab) und die Stiftung „Innovation in der Hochschullehre“ (Projekt examING) fördern FabLab-Infrastruktur an der TU Ilmenau. Das Leistungszentrum InSignA sowie Akteure im Bereich Umwelt- und Naturschutz unterstützten mit fachlicher Expertise und Einblicken in Forschungsbereiche. Wir bedanken uns bei allen Mitwirkenden für die Unterstützung der Science Camps.

Literatur

Allianz THÜRING. (o.J.). THÜRING. Allianz Thüringer Ingenieurwissenschaften. Abgerufen am 7. April 2025, von <https://www.allianz-thuering.de>

MINT-EC. (o.J.). MINT-EC – Das nationale Excellence-Schulnetzwerk. Abgerufen am 7. April 2025, von <https://www.mint-ec.de>

UNOnline. (2022, 11. März). 1. Science Camp der Allianz Thüringer Ingenieurwissenschaften an der TU Ilmenau war großer Erfolg. Abgerufen am 7. April 2025, von <https://www.tu-ilmenau.de/unionline/studium/details/science-camp-787>

UNOnline. (2023, 26. Juni). Herausforderung Energieversorgung: Jugendliche erforschen Möglichkeiten und Grenzen der Stromerzeugung. Abgerufen am 7. April 2025, von <https://www.tu-ilmenau.de/unionline/campus/details/herausforderung-energieversorgung-1-1188>

UNOnline. (2024, 12. Juni). Mit KI die Natur schützen: Viele „Wow-Momente“ beim MINT-EC-Science Camp. Abgerufen am 7. April 2025, von <https://www.tu-ilmenau.de/unionline/campus/details/mit-ki-die-natur-schuetzen-1421>

VCT. (o.J.). Virtueller Campus Thüringen: Hochschulübergreifend nutzbares Lernmanagementsystem der Thüringer Hochschulen. Abgerufen am 7. April 2025, von <https://virtueller-campus-thueringen.de>

Angaben zu den Autorinnen und Autoren

Jenny Gramsch

Teamleitung der Studienorientierung an der TU Ilmenau, Koordinatorin Projekt ProTELC am Standort Ilmenau, Leiterin Schülerforschungszentrum Ilmenau

Sabine Fincke

Wissenschaftliche Mitarbeiterin TU Ilmenau, Zentralinstitut für Bildung, Projektmitarbeiterin ProTELC, Koordination Orientierungs- und practicING- Angebote

Lars Abrahamczyk

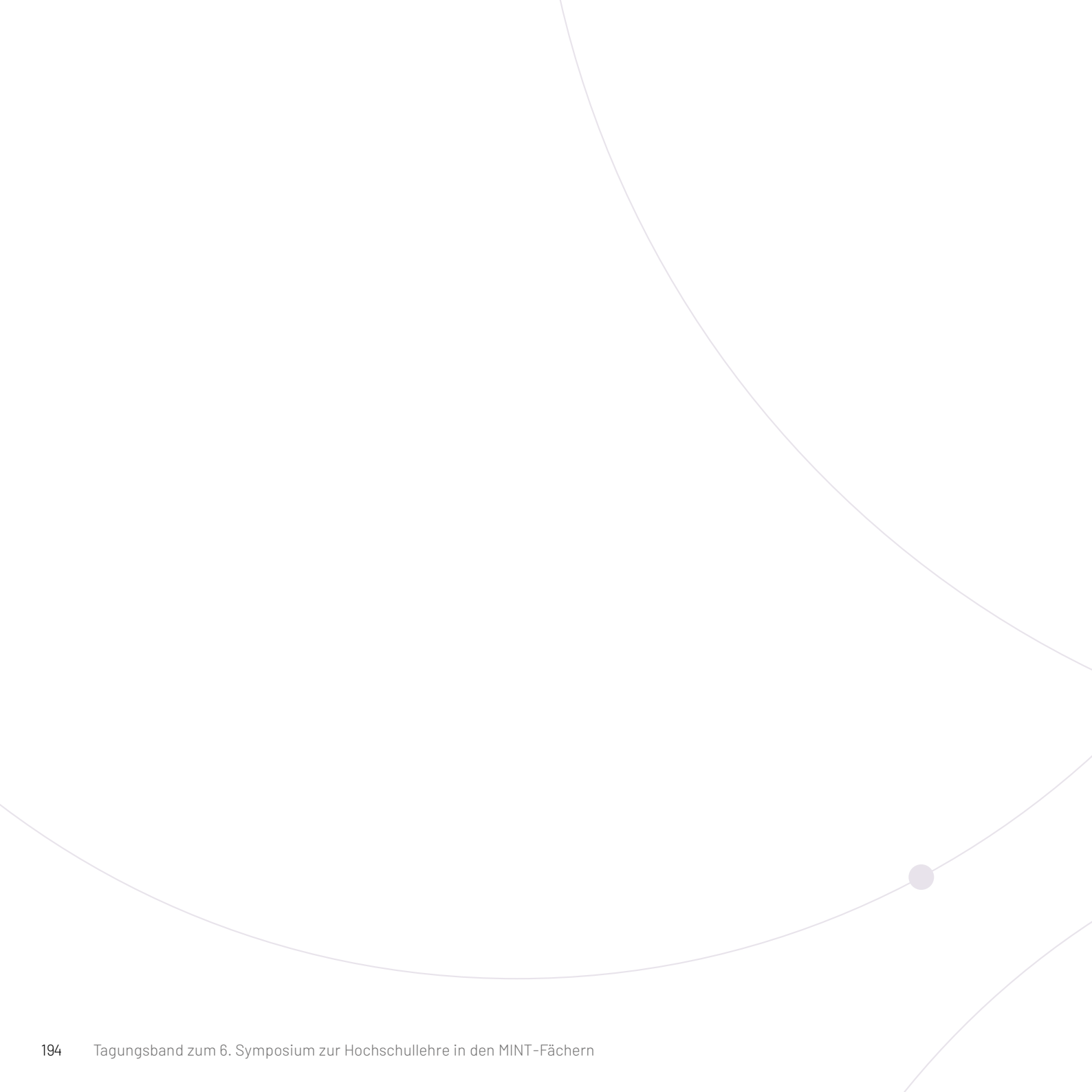
Junior-Professur Komplexe Tragwerke, Institut für Konstruktiven Ingenieurbau, Bauhaus-Universität Weimar

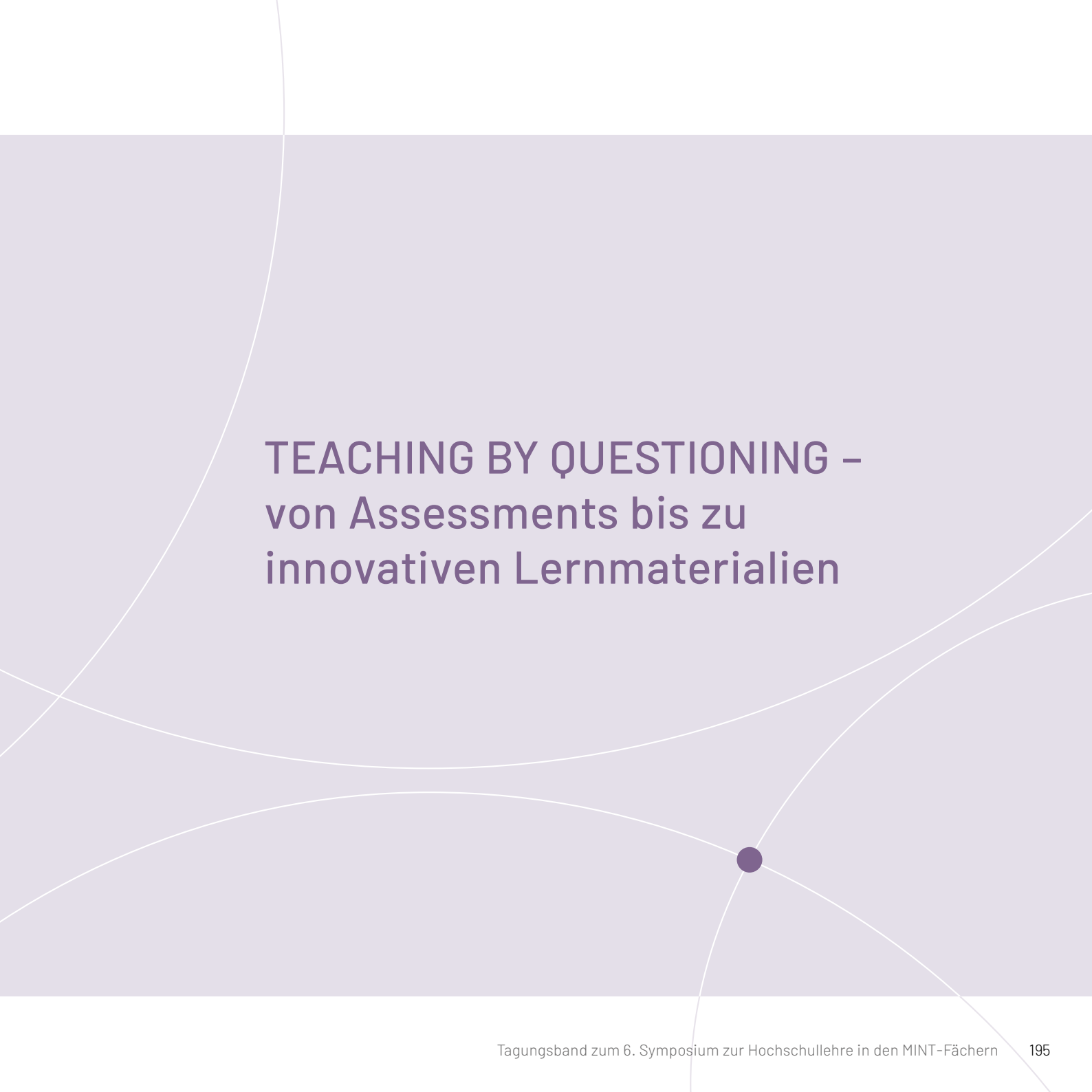
Matthias E. Testa

Mitarbeiter TU Ilmenau beim Ilmkubator Gründungsservice und im Projekt examING, Schwerpunkte Coaching und FabLab

Ferdinand Meier

Mitarbeiter TU Ilmenau im Zentralinstitut für Bildung, Projekt examING, Schwerpunkt FabLab, Instructor Fab Academy





TEACHING BY QUESTIONING – von Assessments bis zu innovativen Lernmaterialien

ENTWICKLUNG EINES TESTS ZUR IDENTIFIZIERUNG VON FEHLVORSTELLUNGEN BEIM LESEN VON CODE

Dimitri Eckert, Christian Kautz
Technische Universität Hamburg TUHH

ZUSAMMENFASSUNG

Die Fähigkeit, Code zu verstehen, ist in der Informatik entscheidend, da sie einen wichtigen Teil der Programmierarbeit ausmacht. Studien belegen, dass sie essenziell für viele andere Programmierfähigkeiten ist. Besonders der Kontrollfluss, also die Reihenfolge der Befehlsausführung, bereitet oft Schwierigkeiten. Wir präsentieren hier die ersten Schritte zu einem Concept Inventory, das genutzt werden kann, um das Verständnis von Studierenden zu testen und Lehrmaßnahmen zu evaluieren.

Erste Ergebnisse zeigen Herausforderungen bei der Abdeckung aller studentischer Fehlvorstellungen, aber auch die Validierungen einiger Testfragen, eine relativ breite Verteilung der Schwierigkeitslevel und hohe Diskriminierungs-Indizes der Testfragen. Einzelheiten zur Methodik und Auswertung können bei den Autoren erfragt werden.

Keywords: Programmieren, Informatik, Concept Inventory, Kontrollfluss, Fehlvorstellungen

1. WIESO IST DIE FÄHIGKEIT CODE VERSTEHEN ZU KÖNNEN WICHTIG?

Die Fähigkeit, Code zu lesen und zu verstehen, ist eine wichtige Fähigkeit in der Informatik und gleichzeitig eines ihrer aktivsten Forschungsgebiete (Maalej et al., 2014; Siegmund, 2016)

Lister et al. (2004) fanden heraus, dass die Fähigkeit, Programme zu lesen, eine entscheidende Voraussetzung für viele andere Fähigkeiten im Zusammenhang mit der Programmierung ist, und auch die Studien von Sheard et al. (2008) und Lopez et al. (2008) zeigen eine eindeutige positive Korrelation zwischen den Leistungen der Lernenden bei Lese- und Schreibaufgaben.

In einer Interviewstudie (Busjahn & Schulte, 2013) betonten Informatik-Dozierende, dass das Lesen und Verstehen von Code eine wesentliche Fähigkeit sei, auch wenn sie nicht explizit, sondern eher implizit durch andere Aufgaben wie das Debuggen vermittelt wird.

In seinem Buch über Programmieren mit Hilfe von KI argumentiert Porter (2024), dass mit dem Vormarsch leistungsfähiger KI-Tools die Fähigkeit, Code zu lesen und zu verstehen, noch wichtiger wird, während Code schreiben und Syntaxkenntnisse an Bedeutung verlieren könnten.

2. KONTROLLFLUSS

Ein Konzept, welches Studierenden beim Verstehen von Programmen häufig Mühe bereitet (Sychev & Denisov, 2023), ist der Kontrollfluss, also die strenge zeitliche Reihenfolge, in der Programmbefehle ausgeführt werden. In üblichen imperativen Programmiersprachen gibt es die folgenden drei (für eine Turing Maschine ausreichenden (Böhm & Jacopini, 1966)) einfachen Kontrollstrukturen: Sequenz, Auswahl und Iteration. Unser Test umfasst diese 3 Kontrollstrukturen, wobei Sequenz nicht explizit abgefragt wird, sondern implizit vorausgesetzt wird.

Die Testaufgaben haben alle den gleichen Aufbau: Ein kurzes Programm ist gegeben und die Teilnehmenden müssen die Ausgabe des Programms angeben.

3. WIESO EIN STANDARDISIERTER TEST?

Um dieses wichtige Themenfeld der Informatikdidaktik systematisch untersuchen zu können, bedarf es geeigneter Messinstrumente. Einerseits braucht es eine breite Erhebung, welche Schwierigkeiten die Studierenden haben, wie häufig diese vorkommen und wie hartnäckig sie sich halten. Aber auch für die Überprüfung der Wirksamkeit von Maßnahmen in der Lehre sind valide, verlässliche und standardisierte Testmethoden unabdingbar (Decker & McGill, 2019). Da das Verständnis von Kontrollfluss eine grundlegende Voraussetzung für viele komplexere Aspekte der Informatik ist, können Tests auch verwendet werden, um zu überprüfen, ob die Studierenden die notwendigen Voraussetzungen mitbringen oder ob weitere Interventionen notwendig sind. (Taylor et al., 2014)

4. ANFORDERUNGEN

Die Anforderungen an ein geeignetes Testinstrument sind die folgenden:

- **Validität:** Der Test soll messen, wie gut die Lernenden das Konzept des Kontrollflusses verstanden haben und dieses anwenden können, um einfache Programme zu verstehen. Dies muss durch qualitative Untersuchungen nachgewiesen werden. Wichtig ist auch, dass andere Faktoren, wie zum Beispiel das Wissen über andere Programmierkonzepte, das Testergebnis möglichst wenig beeinflussen.
- **Reliabilität:** Tew (2010) problematisiert widersprüchliche Forschungsergebnisse, die in Teilen durch lokal entwickelte Bewertungsinstrumente verursacht werden. Damit unterschiedliche Situationen verglichen werden können, braucht es also ein standardisiertes, reliables Messinstrument.
- **Ausdifferenzierung:** Es gibt eine Vielzahl von Teilkonzepten, die verstanden werden müssen, um ein gutes Verständnis von Kontrollfluss zu bekommen. Sehr oft ist es schwierig zu erkennen, welche Teilkonzepte die Studierenden schon verstanden haben und welche nicht. Ein geeignetes Messinstrument sollte also auch soweit wie möglich eine Ausdifferenzierung zwischen den verschiedenen Teilkonzepten ermöglichen, um nicht nur quantitativ zu messen, wie gut die Studierenden das Konzept Kontrollfluss verstanden haben, sondern auch qualitativ zu erfassen, welche Teilkonzepte Schwierigkeiten bereiten und wie verbreitet einzelne Fehlvorstellungen sind.

5. BESONDERHEITEN EINES CONCEPT INVENTORY

Concept Inventories sind standardisierte Bewertungsinstrumente, mit denen das Verständnis von Lernenden für die Kernkonzepte eines Themas gemessen werden können (Taylor et al., 2014). Der ausschließliche Fokus der Concept Inventories auf Kernkonzepte unterscheidet sie von anderen Messinstrumenten, wie z. B. Abschlussprüfungen, bei denen die Lernenden häufig detaillierte Berechnungen durchführen oder auswendig gelernte Details wiedergeben müssen, die oftmals sehr kursspezifisch sind. Concept Inventories sind geeignete Tests, wenn es darum geht das Verständnis von Lernenden abzufragen, konzeptuelle Schwierigkeiten aufzudecken und verschiedene Kohorten, Lehrende, Lehrkonzepte usw. miteinander zu vergleichen.

6. METHODIK

In Adams & Wieman (2011) wird eine detaillierte Prozessanleitung zur Erstellung von Formative Assessments of Instruction nach den Standards for Psychological and Educational Testing vorgestellt, an die wir uns – soweit für uns sinnvoll umsetzbar – halten:

Phase 1: Genaue Definition und Abgrenzung der zu untersuchenden Konzepte

Der Fokus des hier vorgestellten Tests ist in den Abschnitten 1 und 2 genauer ausgeführt.

Anders als von Adams & Wieman (2011) empfohlen ist unser Test nur als Abschlusstest konzipiert, da die abgefragten Konzepte und besonders die Syntax vor einem ersten Kontakt mit Programmiersprachen nicht bekannt sind und der Test für Lernende ohne Vorerfahrung daher nicht sinnvoll zu bearbeiten ist. Als Onlinetest mit Auswahlaufgaben erfüllt er aber die

Anforderung, dass er einfach und ohne großen Zeitaufwand durch die Lehrenden einsetzbar ist.

Phase 2: Entwicklung und Evaluation der Testspezifikationen (Aufgabenformat, zeitliche Beschränkungen, Zielpopulation und Anwendungsvorgaben)

Der Test ist für Lernende entwickelt, welche die grundlegenden Konzepte des Kontrollflusses in textbasierten, imperativen Programmiersprachen zum potentiell ersten Mal lernen. Wie von Adams & Wieman (2011) empfohlen besteht die finale Version des Tests aus Single-Choice-(SC)-Fragen um eine eindeutige, reliable und effiziente Auswertung zu ermöglichen. Der Test braucht 15-20 Minuten zur Bearbeitung. Somit ist der Test in der aktuellen Form sogar unterhalb des vorgeschlagenen zeitlichen Rahmens (20-50 Minuten) und ist in einer Vorlesung mit vertretbarem zeitlichen Aufwand einsetzbar.

Phase 3: Entwicklung, Feldtests, Bewertung und Auswahl der Aufgaben sowie des Bewertungsschemas und Phase 4: Zusammenstellung und Evaluierung des Tests für den operationellen Einsatz.

Hier stellen Adams & Wieman (2011) die folgenden Zwischenschritte vor:

- (1) Themen, die für Lehrende wichtig sind, ermitteln.
- (2) Anhand ausgewählter Interviews und Beobachtungen ermitteln, wie Lernende über diese Konzepte denken und auf welche Weise sie vom Denken von Expert*innen abweichen können.
- (3) Freitext-Test erstellen, um die Denkweisen der Lernenden genauer zu untersuchen.
- (4) Test mit vorgegebenen Antworten erstellen, um das Denken der Lernenden zu messen.
- (5) Validierungsinterviews mit Lernenden und Fachexpert*innen zu den Testfragen durchführen.
- (6) Probeläufe durchführen und die Ergebnisse statistisch analysieren.

Wir sind in einigen Punkten von der vorgeschlagenen Reihenfolge abgewichen: Schritt (1) und (2) haben wir durch eine Literaturrecherche ersetzt, da schon eine große Fülle an Forschung zu relevanten Fehlvorstellungen und Schwierigkeiten in der Einsteigerprogrammierung existiert (z. B. Cortinovis et al., 2023; Qian & Lehman, 2017; Sorva, 2012). Daraus haben wir eine Liste von Fehlkzepten herausgearbeitet, die in den Bereich „Kontrollfluss“ fallen. Diese Liste haben wir kontinuierlich mit eigenen Beobachtungen ergänzt.

Danach sind wir direkt dazu übergegangen, eine erste Version des Tests im Freitextformat wie in Schritt (3) zu erstellen. Diese Version des Tests haben wir dann in fünf verschiedenen Informatik-Einführungsvorlesungen in der jeweiligen Programmiersprache (C, C++, Python und Java) eingesetzt, um eine möglichst große Bandbreite an Studierendenantworten zu bekommen. Aus diesen Antworten haben wir dann die Distraktoren für die SC-Form des Tests hergeleitet (Schritt (4)). Dabei haben wir uns an folgende Empfehlungen von Adams & Wieman (2011) gehalten: Bei der Erarbeitung von Distraktoren ist es wichtig, dass die richtige Antwort nicht durch „Testintelligenz“ gefunden werden kann. Es ist aber unproblematisch, wenn die Distraktoren „verführerisch“ für Studierende mit bestimmten Fehlvorstellungen sind. Mehrteilige Antworten und Antworten, die verschiedene Erklärungsansätze zulassen, sollten vermieden werden, weil dies die Interpretation erschwert.

Zu Beginn hatten wir im Test auch nach den Begründungen für die Antworten gefragt, um einen vertieften Einblick in das Denken der Studierenden zu bekommen. Da die Begründungen aber in den allermeisten Fällen viel zu kurz und generisch waren, um Schlussfolgerungen daraus zu ziehen, haben wir in späteren Iterationen die Begründung der Antwort nicht mehr abgefragt um Testzeit zu sparen. Parallel dazu haben wir

insgesamt 22 Validierungsinterviews mit Studierenden wie in Schritt (5) durchgeführt, wobei nicht immer der komplette Test abgefragt wurde.

Expert*inneninterviews haben wir nicht durchgeführt, da sich die Richtigkeit der Antworten sehr einfach überprüfen lässt, indem man die Programme ausführt und die Ausgabe mit den SC-Antworten vergleicht. Um sicherzustellen, dass die Fragen dem im Unterricht gelehrteten Stoff entsprechen, wurde der Test den Dozierenden im Vorfeld zur Ansicht gegeben.

Wie in Schritt (6) beschrieben haben wir den SC-Test im folgenden Jahr eingesetzt und eine erste statistische Analyse der Ergebnisse erstellt, zu sehen im Abschnitt „Statistische Auswertung“.

7. RESULTATE

Erkenntnisse aus der Testkonstruktion

Folgende erste Erkenntnisse konnten wir aus den bisherigen Iterationen des Tests erarbeiten:

- Schwierigkeit, die Vielzahl an studentischen Schwierigkeiten abzudecken und ausdifferenzieren.
- Es hat sich teilweise als schwierig erwiesen Aufgaben zu stellen, die nur Konzepte des Kontrollfluss abfragen. So gibt es zum Beispiel Studierende, die Probleme mit Ausgabebefehlen (`print()`, `std::cout` usw.) haben. Durch geschickte Wahl der Distraktoren kann das Risiko verringert – aber nicht eliminiert – werden, dass Studierende eine falsche Antwort aufgrund eines mangelnden Verständnisses der Ausgabebefehle wählen.

- In unseren Programmen wird möglichst oft der Inhalt der verwendeten Variablen ausgegeben, um den mentalen Programmzustand der Studierenden sichtbar zu machen.

Ein Beispiel findet sich in der folgenden Abbildung:

```
#include <iostream>
int main(){
    for(int i = 6; i < 1; i=i-2){
        std::cout << i << " ";
        std::cout << "Birne ";
    }
    std::cout << "Apfel ";
}
```

Abb. 1: Beispiel einer Aufgabe zu Schleifen, hier zur Illustration wie Variablenwerte und Stringausgaben genutzt werden, um die gedanklichen Prozesse der Studierenden sichtbar zu machen.

In dieser Aufgabe ist es besonders wichtig, dass auch die Kontrollvariable ausgegeben wird, um zwischen verschiedenen Fehlvorstellungen zu unterscheiden:

1. Fehlvorstellung: Eine Schleife kann rückwirkend „gerechtfertigt“ werden, wenn die Bedingung irgendwann wahr wird.
Studierendenantwort: „Birne Apfel 6 Birne Apfel 3 Birne Apfel 0...“
 2. Fehlvorstellung: Jede Schleife läuft immer weiter, unabhängig ob die Bedingung erfüllt ist; solange die Bedingung falsch ist, wird der Schleifenkörper einfach nicht ausgeführt.
Studierendenantwort „Birne Apfel 0 Birne Apfel -3 Birne Apfel -6...“
- Des Weiteren werden an verschiedenen Stellen im Programm konstante und eindeutige Strings ausgegeben um sichtbar zu machen, wo die Studierenden mental im Programmablauf stehen. („Apfel“ und „Banane“)

- Anzahl Fragen:

Laut (Adams & Wieman, 2011) sollte ein CI für den Großteil der Studierenden in 30 Minuten lösbar sein. Sie empfehlen daher 20-30 SC-Fragen. Unser Test enthält 10 Fragen und braucht bis zu 20 Minuten. Eine Erweiterung auf weitere Konzepte ist also in einem sinnvollen zeitlichen Rahmen möglich.

Ergebnisse aus Validierungsinterviews

In den Interviews konnten einige Distraktoren validiert werden, da die Studierenden die Auswahl dieser Distraktoren mit der Fehlvorstellung begründeten, die wir beim Erstellen des Tests intendiert hatten. Ein Beispiel dafür findet sich in Abbildung 2. Das zugehörige Studierendenzitat: *„Die erste Ausgabe müsste n-m, 4-0, also 4 sein. Dann wird n um 1 kleiner gemacht und m um 1 erhöht. Also ist n dann 3 und m ist 1. Also müsste [die Ausgabe] anfangen bei „4#“. Danach kommt 3-1 also „2#“, dann 2-2 also „0#“, dann ist n gleich 1 und dann wird die Schleife nicht mehr ausgeführt, weil n nicht mehr grösser als 1 ist. [...] Also müsste die Ausgabe sein „4#2#0#!“.“*

Ein häufiges Problem war, dass viele Studierende, die an unseren (freiwilligen) Interviews teilnahmen, besonders leistungsstark sind und die Fehler, die wir bei Studierenden in den schriftlichen Tests gesehen haben, im Interview nicht machten. Wir haben dem entgegengesteuert, indem wir spezifisch jene Studierenden angesprochen haben, die im Test schlecht abgeschnitten hatten. So konnten wir vier Interviews mit solchen Studierenden führen, was uns für eine umfassende Validierung noch nicht ausreichend erscheint, so dass wir beabsichtigen noch weitere Interviews zu führen.

Geben Sie bitte die Ausgabe des Programms an:

```
#include <iostream>
int main(){
    for(int n = 4; n > 1; n--) {
        for(int m = 0; m < 4; m++) {
            std::cout << n-m;
        }
        std::cout << "#";
    }
    std::cout << "!\n";
    return 0;
}
```

- ☐ 4#2#0#!
- ☐ 432#321#210#10-1#!
- ☐ 420###!
- ☐ 4#!3#!2#!3#!2#!1#!2#!1#!0#!1#!0#!-1#!
- ☐ 4#!3#!2#!1#!3#!2#!1#!0#!2#!1#!0#!-1#!
- ☐ 4#2#0#-1#!
- ☐ 4321#3210#210-1#!
- ☐ 4321###!
- ☒ keine Antwort

Abb. 2: Beispiel einer Aufgabe zu verschachtelten Schleifen, bei der der oberste Distraktor validiert werden konnte.

Statistische Auswertung

Item Difficulty:

Die Item Difficulty ist der Anteil der Studierenden, die das Item richtig beantwortet haben. Ein Spektrum an Schwierigkeitsgraden ist wünschenswert, da dadurch eine feinere Abstufung in den Fähigkeiten der Studierenden mit dem Test abgefragt werden kann. Die Item Difficulties für unseren Test über alle Vorlesungen hinweg sind wie folgt (N=526):

Tab. 1: Item Difficulties für alle Testitems

Item 1	Item 2	Item 3 (Abb. 1)	Item 4	Item 5	Item 6	Item 7	Item 8	Item 9	Item 10 (Abb. 2)
0.54	0.56	0.51	0.70	0.71	0.50	0.63	0.36	0.27	0.47

Discrimination Index:

Der Discrimination Index beschreibt, wie gut ein Item zwischen den Gruppen der starken und schwachen Studierenden unterscheidet. Die Gruppen sind definiert als die 27%, die am meisten, respektive wenigsten Antworten im gesamten Test richtig beantwortet haben. Der Index berechnet sich aus der Differenz des Anteils derer in der stärkeren Gruppe, die das Item richtig beantwortet haben, und dem Anteil derer in der unteren Gruppe, die das Item richtig beantwortet haben. Die Discrimination Indices für unseren Test über alle Vorlesungen hinweg sind wie folgt:

Tab. 2: Discrimination Indices für alle Testitems

Item 1	Item 2	Item 3 (Abb. 1)	Item 4	Item 5	Item 6	Item 7	Item 8	Item 9	Item 10 (Abb. 2)
0.65	0.52	0.64	0.59	0.74	0.55	0.80	0.86	0.69	0.64

8. FAZIT UND AUSBLICK

Wir haben in diesem Paper den Prozess zur Erstellung wie auch die ersten Ergebnisse eines Tests zum Verständnis von einfachen Kontrollstrukturen dargestellt. In Validierungsinterviews konnten für einige der SC-Antworten nachgewiesen werden, dass sie genau die intendierten Fehlvorstellung abfragen. Weitere Interviews sind aber notwendig um den gesamten Test zu validieren. Die Item Difficulties der einzelnen Testfragen erstrecken sich von 0.27 bis 0.71 und decken somit eine relativ große Breite an Fähigkeitsniveaus in den untersuchten Populationen ab. Die Item Discrimination Indices bewegen sich zwischen 0.51 und 0.86 und zeugen somit von einer hohen Differenzierung von starken und schwachen Studierenden durch die Testfragen. Außerdem haben wir auch einige Erkenntnisse zu effektiven Testfragen aufgeführt.

Wichtige nächste Schritte sind die vertiefte Validierung der Testitems und SC-Antworten durch Interviews und Item-Response-Theory, die Überprüfung der Reliabilität des Tests durch erneute Anwendung in zukünftigen Jahrgängen derselben Vorlesungen unter identischen Bedingungen und die Erweiterung des Prozesses auf die verwandten Themen Subroutinen und Rekursion und auf weitere Lernkontexte.

Literatur

Adams, W. K., & Wieman, C. E. (2011). Development and validation of instruments to measure learning of expert-like thinking. *International Journal of Science Education*, 33(9), 1289–1312. <https://doi.org/10.1080/09500693.2010.512369>

Böhm, C., & Jacopini, G. (1966). Flow diagrams, turing machines and languages with only two formation rules. *Communications of the ACM*, 9(5), 366–371. <https://doi.org/10.1145/355592.365646>

Busjahn, T., & Schulte, C. (2013). The use of code reading in teaching programming. *Proceedings of the 13th Koli Calling International Conference on Computing Education Research*, 3–11. <https://doi.org/10.1145/2526968.2526969>

Cortinovis, R., Bolton, P. F., & Caceffo, R. (2023). An Open List of Computer Programming Student's Common Problems and its Leverage in Teaching Practice. *Anais Do III Simpósio Brasileiro de Educação Em Computação (EDUCOMP 2023)*, 108–118. <https://doi.org/10.5753/educomp.2023.228328>

Decker, A., & McGill, M. M. (2019). A Topical Review of Evaluation Instruments for Computing Education. *Proceedings of the 50th ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, 558–564. <https://doi.org/10.1145/3287324.3287393>

- Lister, R., Fone, W., McCartney, R., Seppälä, O., Adams, E. S., Hamer, J., Moström, J. E., Simon, B., Fitzgerald, S., Lindholm, M., Sanders, K., & Thomas, L. (2004). A Multi-National Study of Reading and Tracing Skills in Novice Programmers. *ACM SIGCSE Bulletin*, 36(4), 119–150. <https://doi.org/10.1145/1041624.1041673>
- Lopez, M., Whalley, J., Robbins, P., & Lister, R. (2008). Relationships between reading, tracing and writing skills in introductory programming. *Proceedings of the Fourth International Workshop on Computing Education Research*, 101–112. <https://doi.org/10.1145/1404520.1404531>
- Maalej, W., Tiarks, R., Roehm, T., & Koschke, R. (2014). On the Comprehension of Program Comprehension. *ACM Transactions on Software Engineering and Methodology*, 23(4), 1–37. <https://doi.org/10.1145/2622669>
- Porter, L. (2024). *Learn AI-assisted Python Programming: With GitHub Copilot and ChatGPT*. Simon and Schuster.
- Qian, Y., & Lehman, J. (2017). Students' Misconceptions and Other Difficulties in Introductory Programming: A Literature Review. *ACM Transactions on Computing Education*, 18(1), 1–24. <https://doi.org/10.1145/3077618>
- Sheard, J., Carbone, A., Lister, R., Simon, B., Thompson, E., & Whalley, J. L. (2008). Going SOLO to assess novice programmers. *Proceedings of the 13th Annual Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education*, 209–213. <https://doi.org/10.1145/1384271.1384328>
- Siegmund, J. (2016). Program Comprehension: Past, Present, and Future. 2016 IEEE 23rd International Conference on Software Analysis, Evolution, and Reengineering (SANER), 13–20. <https://doi.org/10.1109/SANER.2016.35>
- Sorva, J. (2012). *Visual Program Simulation in Introductory Programming Education*. Aalto Universit.
- Sychev, O., & Denisov, M. (2023). Explain Trace: Misconceptions of Control-Flow Statements. *Computers*, 12(10), 192. <https://doi.org/10.3390/computers12100192>
- Taylor, C., Zingaro, D., Porter, L., Webb, K. C., Lee, C. B., & Clancy, M. (2014). Computer science concept inventories: Past and future. *Computer Science Education*, 24(4), 253–276. <https://doi.org/10.1080/08993408.2014.970779>
- Tew, A. E. (2010). Assessing fundamental introductory computing concept knowledge in a language independent manner. <https://dl.acm.org/doi/abs/10.5555/2126197>

Angaben zu den Autoren

Dimitri Eckert

arbeitet seit April 2021 als wissenschaftlicher Mitarbeiter und Doktorand in der Abteilung für Fachdidaktik der Ingenieurwissenschaften. Sein Forschungsgebiet sind Fehlvorstellungen, Concept Inventories und Interventionen zu grundlegenden Informatikkonzepten.

Christian Kautz

ist seit 2002 an der Technischen Universität Hamburg (TUHH) tätig. Seit 2012 leitet er hier die Abteilung für Fachdidaktik der Ingenieurwissenschaften. Neben seiner Lehrtätigkeit in Bereich Fachdidaktik und Grundlagenfächern des Ingenieurstudiums beschäftigt er sich mit dem Verständnis zentraler Begriffe bei Studierenden und mit fachübergreifenden kognitiven Fähigkeiten.

MEHR ALS FORMELN – SCHWIERIGKEITEN MIT DIFFERENTIALGLEICHUNGEN ERKENNEN UND VERSTÄNDNIS VERMITTELN

Tina A. Fuhrmann; Hochschule Merseburg
Christian Kautz; Technische Universität Hamburg



ZUSAMMENFASSUNG

Differentialgleichungen sind von großer Bedeutung für viele MINT-Disziplinen. Studierende sollten deshalb, neben prozeduralem Wissen, ein konzeptionelles Verständnis dieser Gleichungen entwickeln.

Dabei stoßen Studierende aber auf Schwierigkeiten. Lehrende sollten mit diesen vertraut sein, da ihre Kenntnis notwendige Grundlage für effektive Lehre ist. Die in diesem Beitrag aufgelisteten Schwierigkeiten wurden aus der Literatur zusammengetragen und durch semi-strukturierte Interviews ergänzt. Sie entstammen den Bereichen Vorwissen, Verständnis der Gleichung und Verständnis der Lösung.

Aufbauend auf den Schwierigkeiten wurden zwei Tutorials als ergänzende Lehrmaterialien entwickelt. Anhand teilnehmender Beobachtungen wurden sie iterativ überarbeitet und ihre Wirksamkeit qualitativ nachgewiesen. Quantitativ geschah dieser Nachweis anhand eines Vor-Nachtest-Settings an deutschen Hochschulen. Die Ergebnisse legen nahe, dass die Tutorials Studierenden helfen, typische Schwierigkeiten mit Differentialgleichungen zu überwinden.

Keywords: Mathematik, Didaktik, Differentialgleichungen, Tutorials, Aktivierende Lehre

1. EINLEITUNG

Differentialgleichungen (DGL) sind in nahezu allen MINT-Disziplinen ein wichtiges Thema – von A wie Angewandter Chemie bis Z wie Zukunftstechnologien. Studierende müssen im Studium sowie im Beruf mit diesen Gleichungen umgehen können, sie interpretieren und manchmal sogar anwenden, lösen oder programmieren können. Die Erfahrungen von Lehrenden, Ergebnisse in Klausuren und Fachliteratur belegen jedoch, dass diese Kompetenzen nicht genügend erreicht werden (Sijmkins et al., 2022). Studierende können z. B. vermeintlich einfache Aufgaben nicht richtig lösen und wichtige DGLen nicht interpretieren.

In diesem Beitrag untersuchen wir deshalb, ganz im Sinne des MINT Symposiums: Was bleibt, was kommt und was wirkt? Es **bleiben** auch zukünftig die Schwierigkeiten der Studierenden mit Differentialgleichungen und der Auftrag an Lehrende, das Verständnis zu fördern. Es **kommt** die Entscheidung im Hier und Jetzt, forschungsbasierte und verständnisfördernde Lehrmaterialien einzusetzen, die, wie im letzten Abschnitt gezeigt, **wirken**.

2. VERSTEHEN? IN MEINEM KURS SOLLEN STUDIERENDE „NUR“ RECHNEN KÖNNEN!

Der Aussage kann aus unterschiedlichen Richtungen begegnet werden:

Empirisch zeigt sich, dass Studierende mit (gewissem) Konzeptverständnis auch in Rechenaufgaben bessere Ergebnisse erzielen können (Sijmkens et al., 2022). Andererseits lässt sich bei guter Rechenfähigkeit nicht automatisch auf ausreichendes Basisverständnis schließen (z. B. Arslan, 2010).

Epistemologisch kann argumentiert werden, dass Verständnis der Kern der Mathematik ist, nicht mathematische Prozeduren. Wer Studierenden Mathematik beibringen möchte, muss sie Verstehen lehren.

Normativ kann hinter der Förderung des Konzeptverständnisses die Idee stehen, dass dieses dem Ziel der intellektuellen Autonomie dienlich ist. Studierende sollen in die Lage versetzt werden, mathematische Aussagen und Schlussfolgerungen selbst einschätzen zu können (Gravemeijer, 2004) und nicht blind dem vertrauen, was Lehrende, Bücher oder Online-Content aussagen. Wagenschein (1970) äußerte darüber hinausgehend die provokante These: „Verstehen ist ein Menschenrecht“, deshalb müssten wir Menschen mit einer stabilen mathematischen Identität ausbilden, statt mit einer Angst vor Mathematik.

Aus **pragmatischer** Sicht wird Adaptivity (Anpassungsfähigkeit) im Lehralltag manchmal fälschlicherweise so verstanden, dass „schlechtere“ Studierende nur oder vermehrt prozedurales Wissen erlangen sollen und „bessere“ Verständnis. Aus hiesigen Betrachtungen zeigt sich jedoch, dass alle ein gewisses

Maß an Konzeptverständnis benötigen, dies aber zwischen Studierenden unterschiedlich ausgeprägt sein kann (Prediger et al., 2022).

3. SCHWIERIGKEITEN IM BEREICH DIFFERENTIALGLEICHUNGEN

Studierende stoßen beim Lernen von DGLen, wie bei vielen anderen mathematischen Themen auch, oft auf Schwierigkeiten. Sie fokussieren deshalb häufig auf Rechenmethoden, ohne ein tieferes Verständnis der zugrundeliegenden Ideen und Konzepte zu entwickeln (Habre, 2000; Lozada et al., 2021). Wenn Lehrende die grundlegenden Schwierigkeiten verstehen, können sie Lehrmaterialien entwickeln, nutzen und richtig einsetzen um das Konzeptverständnis zu fördern.

Wir nutzten Fachliteratur und semi-strukturierte Interviews mit 9 Studierenden, um Schwierigkeiten mit DGLen zu extrahieren (u. a. Arslan, 2010; Camacho-Machín et al., 2012a, 2012b; Camacho-Machín & Guerrero-Ortiz, 2015; Czocher et al., 2013; Habre, 2000, 2023; Hyland, D., 2018; Hyland et al., 2021; Mallet & McCue, 2009; Rasmussen, 2001; Rasmussen & Kwon, 2007; Raychaudhuri, 2008; Rowland & Jovanoski, 2004; Sijmkens et al., 2022; Zandieh, 2000).

Im Lehralltag ist eine solch umfassende Untersuchung oft nicht möglich. Schwierigkeiten können dann durch regelmäßiges, qualitatives Feedback von Studierenden (z. B. Just-in-Time-Teaching, Peer Instruction) oder Lehrendeninterviews (z. B. Decoding the Disciplines) erkannt werden (Novak, 2011; Riegler, 2019; Middendorf & Shopkow, 2018).

Schwierigkeiten im Bereich Differentialgleichungen lassen sich bzgl. des **Vorwissens**, der **Gleichung** selbst und der **Lösung** untergliedern. Im Folgenden benennen wir einige Schwierigkeiten, die für ein grundlegendes Verständnis überwunden werden sollten.

Vorwissen

Schwierigkeiten treten bei soziomathematischen Normen, Denkprozessen und fachspezifischen Themen auf.

Soziomathematische Normen bezeichnen u. a. das implizite Verständnis dessen, was in der mathematischen Gemeinschaft als mathematisch akzeptable Erklärung oder ausgereifte Lösung anerkannt wird (Yackel et al., 2000; Yackel & Cobb, 1996). Studierende erachten z. B. „Die Lehrperson hat ... gesagt.“ als überzeugend und akzeptabel in der mathematischen Argumentation oder denken, dass Probleme schnell, einfach und eindeutig gelöst werden können müssen.

Unzureichend ausgeprägte **Denkprozesse** sind z. B. das Arbeiten mit, Auswählen von und Wechseln zwischen verschiedenen Repräsentationen (algebraisch, verbal, physisch, graphisch und numerisch) sowie Problemlösestrategien. Die Segmentierung (compartmentalization) von Wissen kann zusätzlich den Aufbau eines übergreifenden Verständnisses erschweren.

Bei **fachspezifischen Themen** ist das Konzeptverständnis von Funktionen, Ableitungen, Integralen und infinitesimalen Größen besonders relevant.

Gleichungen

Studierende haben trotz oft guter Rechenfähigkeiten Probleme, **DGLen richtig zu charakterisieren** (z. B. linear-nichtlinear, homogen-inhomogen).

Das Konzept „Differentialgleichung“ wird für manche Studierende **losgelöst** von bisher bekanntem mathematischen Wissen abgespeichert, wodurch dieses nicht für das neue Themengebiet genutzt werden kann. Es steht für sie nicht im Zusammenhang mit anderen mathematischen Konzepten wie Funktionen, der Darstellbarkeit in Diagrammen, mündlichen Formulierungen oder realen Problemen und ist ein Beispiel der Segmentierung von Wissen.

Manche Studierende erkennen die **Beziehung zwischen DGLen und Funktionen** nicht, insbesondere, dass eine DGL eine (andere als ihnen bisher bekannte) Art ist, Funktionen zu beschreiben. Zum Teil denken sie, dass Differentialgleichungen Funktionen sind. Z. B. meinen sie in der DGL $\dot{y} = ay + b$ dass a der Anstieg sei, analog einer Funktion $y = ax + b$.

Zu Schwierigkeiten mit **Variablen und Termen** gehört, dass deren Bedeutungen und gegenseitige Abhängigkeiten nicht erfasst werden. Beispielsweise sehen manche die (explizit genannte) abhängige als unabhängige Variable an (z. B. y in $y' = -ay$), die unabhängige Variable als Konstante (z. B. x in $y' = -axy$) oder erkennen die unabhängige Variable nicht (z. B. Abhängigkeit von der Zeit t in $\dot{y} = ay$). Symbole werden oft als Stellvertreter für Zahlen statt physikalische Größen (mit Einheiten) gesehen. Einheiten werden dann z. T. falsch zugeordnet, z. B. Änderungsrate die Einheit der abhängigen Größe.

Verschiedene **Darstellungsformen** bereiten oft Probleme. So können Studierende in textbasierten Problemen meist nicht erkennen, ob dieses durch eine DGL beschrieben werden kann, oder diese aufstellen. Bei graphischer Darstellung gibt es verschiedene Denkfehler mit Tangenten (z. B. eine DGL hat eine Tangente, die DGL oder ihre Ableitung beschreibt die Tangente an eine Funktion) und Kurven (z. B., dass eine DGL eine einzige Kurve hat).

Lösungen

Probleme in Bezug auf **Lösungsverfahren** umfassen das Verständnis ihrer Notwendigkeit, ihre Auswahl und Anwendung. Z. B. integrieren manche Studierenden DGLen direkt oder ermitteln Konstanten nicht aus dem Lösungsverfahren, sondern addieren diese am Ende. Oft überprüfen Studierende nicht oder nicht korrekt, ob eine (gegebene oder gefundene) Funktion die Lösung einer gegebenen DGL ist.

Für manche Studierende sind **Lösungen von Differentialgleichungen und Funktionen etwas Grundverschiedenes**. Das zeigt sich z. B. daran, dass (bekannte) Kurven für sie nicht als Lösungen in Frage kommen. Wenige denken sogar, dass die Lösung einer DGL eine Zahl sein muss.

Die **mangelhafte Unterscheidung zwischen Differentialgleichungen und deren Lösungen** zeigt sich in textbasierten Problemen z. B. daran, dass der Unterschied zwischen einer beschriebenen Funktion und einer beschriebenen DGL nicht erkannt wird. Sie kann sich auch darin äußern, dass aufgrund der Einfachheit einer DGL eine „einfache“ Lösung oder ein „einfacher“ Graph erwartet wird.

Für Studierende kann unverstanden bleiben, dass DGLen **mehrere Funktionen als Lösungen** mit teils sehr unterschiedlichem Verhalten haben können. Die unendliche Anzahl an Lösungsfunktionen kann damit verwechselt werden, dass alle möglichen Funktionen Lösungen seien. Analog ist manchen nicht bewusst, dass eine Funktion durch mehrere DGLen beschrieben werden kann.

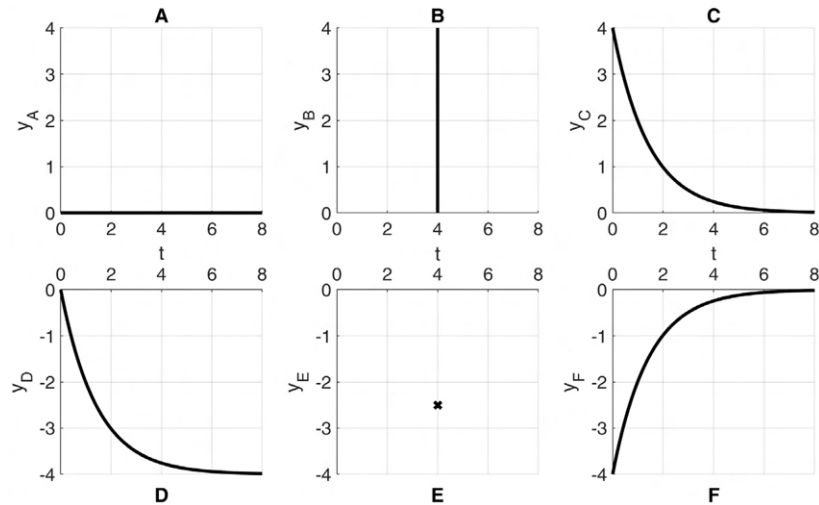
Auch bei Lösungen fällt der **Umgang mit und das Wechseln zwischen verschiedenen Repräsentationen** schwer. Arbeiten Studierende z. B. mit Diagrammen, beachten sie die algebraische Form kaum noch; auch nicht, um eigene Ideen zu überprüfen oder zu validieren.

Weitere Schwierigkeiten betreffen **Gleichgewichtslösungen** sowie **Anfangs- und Randwertprobleme**. Z. B. können Studierende ersterer oft keine Bedeutung zuweisen was teils darin begründet ist, dass sie konstante Funktionen nicht als Funktionen erkennen. Schwierigkeiten in Bezug auf allgemeine und spezielle Lösungen bei linearen DGLen sind vielfältig und sollen hier nicht näher ausgeführt werden.

4. VERSTÄNDNIS DURCH LEHRE FÖRDERN – MIT TUTORIALS

Wir haben zwei Tutorials (zu Deutsch auch Tutorien) zu „Grundverständnis von Differentialgleichungen“ und „Lösungen von Differentialgleichungen“ entwickelt. Diese forschungsbasierten Arbeitsblätter ermöglichen es Studierenden, in Kleingruppen in einen sokratischen Dialog einzutreten. Sie zielen auf die Vermittlung eines nachhaltigen, funktionalen Verständnisses der relevanten Konzepte ab, welches auf unbekannte Problemstellungen übertragen werden kann.

Abb. 1: Welche Graphen könnten eine Lösung für die DGL $\dot{y} = -ay$ sein?



Die Tutorials bringen Studierende in eine produktive Auseinandersetzung u. a. mit typischen, oben aufgelisteten, Schwierigkeiten. Sie aktivieren höhere kognitive Denkprozesse, welche für nachhaltiges Lernen erforderlich sind (Seidel & Shavelson, 2007). Die Aktivierung wird in den Tutorials erreicht durch die Berücksichtigung folgender didaktischer Prinzipien:

- Lehrende nehmen eine Rolle als LernbegleiterInnen ein, welche wiederkehrend durch Nach- und Hinterfragen mit den Gruppen interagieren, selbst aber möglichst wenig erklären.
- Elicit – confront – resolve: Fehl- oder fehlende Vorstellungen werden durch gezielte Aufgaben explizit gemacht; Beobachtungen, Studierendenaussagen oder eigenen Schlussfolgerungen gegenübergestellt, sodass sich logische Widersprüche ergeben; und der erzeugte Widerspruch wird durch systematisches Erarbeiten des mathematisch richtigen Konzeptes aufgelöst.
- Studierende arbeiten wiederholt mit symbolischen, verbalen und graphischen Darstellungsformen.
- Es werden spezifische, für Studierende gut nachvollziehbare, reale Probleme genutzt und ein „Aufsagen“ auswendig gelernter Konzepte weitestgehend verhindert.
- Aufgaben erfordern konkrete Handlungen und der erwartete Detailgrad wird explizit gemacht. Aufgabenstellungen wie „Definieren Sie“, „Was bedeutet“ oder „Beschreiben Sie“ sind zu allgemein und werden nicht genutzt.

Eine Beispielaufgabe zum zweiten Tutorial bezieht sich auf Abb. 1.

1.5. Der Student Heino begründet seine Auswahl in 1.3b wie folgt:

Da in $\dot{y} = -ay$ ein Minuszeichen vorkommt, muss der Anstieg negativ sein. C und D können also Lösungen für die Differentialgleichung sein, da diese beiden Kurven monoton fallen.

Begründen Sie, warum Heinos Aussage falsch ist.

Abb. 2: Konfrontation der Studierenden mit der falschen Begründung des fiktiven Studenten Heino zur Auswahl der Graphen aus Abb. 1.

Nach Aufgaben, welche falsche Vorstellungen der Studierenden explizit machen, werden diese über die Frage in Abb. 2 mit ihren Fehlern konfrontiert und aufgefordert, sie aufzulösen.

Heinos Aussage thematisiert eine typische Argumentation von Studierenden und zeigt auf, dass diese falsch ist. Studierende können durch die erneute Beschäftigung mit den Graphen in Zusammenhang mit der Gleichung ein tieferes Verständnis in verschiedensten Bereichen der im Abschnitt 2 genannten Schwierigkeiten aufbauen, z. B. der Bedeutung einzelner Symbole und Variablen einer DGL oder der simultanen Arbeit mit verschiedenen Repräsentationen. Studierendengruppen, denen die Auflösung des Widerspruchs nicht selbstständig gelingt, kann die Lehrperson durch Nachfragen weiterhelfen, z. B. „Wo sehen Sie y im Diagramm?“, „Wie erkennen Sie $\dot{y}$ im Graphen?“ oder „Könnten Sie Werte einsetzen, um Ihre Argumentation zu überprüfen?“. Studierende können dann selbstständig erkennen, dass A, C und F richtig sein müssen.

Da die Implementierung der Tutorials in der Lehre analog zu anderen Fachgebieten ist, sei dazu auf Literatur verwiesen (z. B. Kautz et al., 2024; Kautz & Fuhrmann, 2024; McDermott, 2003).

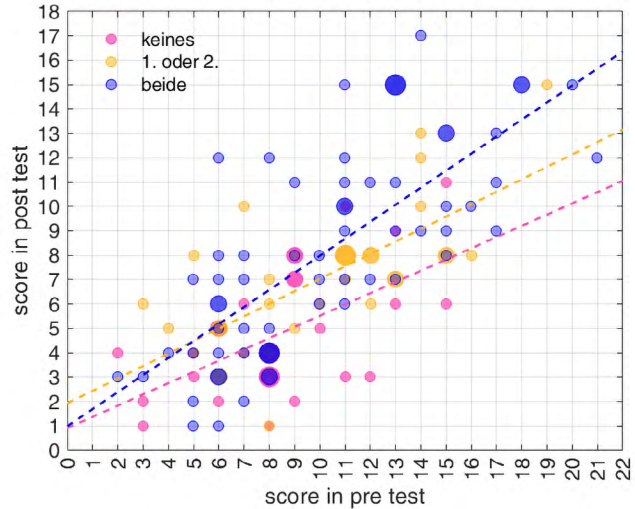
5. FÖRDERN DIE TUTORIALS WIRKLICH DAS VERSTÄNDNIS?

Die Effektivität von Tutorials als Lehrmethode wurde in zahlreichen Studien und Fachgebieten gezeigt und in Fachzeitschriften veröffentlicht (z. B. Hyland et al., 2018; PhysPort, 2025).

Wir haben ihre Effektivität mit Hilfe qualitativer und quantitativer Methoden beurteilt (teilnehmende Beobachtung, Vor-Nachtest-Setting). Untersucht wurden Studierende in MINT Disziplinen an Hochschulen für angewandte Wissenschaften, da diese in anderen Studien unterrepräsentiert sind. Wir vermuten, dass die Ergebnisse auf Studierende an Universitäten übertragbar sind.

Qualitativ zeigt sich, dass Studierende mit fehlendem oder unzureichendem Konzeptverständnis an den intendierten Stellen Fehler machen und diese, mit oder ohne Hilfe der Lehrperson, auflösen können. Auch Schwierigkeiten aus dem Bereich des Vorwissens werden innerhalb der Kleingruppen bei Bedarf thematisiert und aufgelöst. Die Fragestellungen der Tutorials sind gut verständlich und Diskussionen innerhalb der Gruppen konstruktiv.

Abb. 3: Studierende mit Tutorials erzielen im Nachtest (Ordinate) höhere Punktzahlen als solche ohne. Da Vor- und Nachtest unterschiedliche Tests sind, unterscheiden sich die erreichbare sowie die mittlere erreichte Punktzahl in beiden Tests.



Für die quantitative Bewertung wurde ein Vor- und ein Nachtest zur Einschätzung des Konzeptverständnisses entwickelt. Bisherige Untersuchungen ($n=128$; Abb. 3) zeigen, dass Studierende, welche beide Tutorials durchführten (blaue Punkte und Linie), im Nachtest deutlich bessere Ergebnisse erzielten, als diejenigen ohne (pink) oder mit einem Tutorial (gelb). Im Vergleich zur Gruppe ohne Tutorials hat die Gruppe mit zwei Tutorials im Nachtest eine um ca. 50 % höhere Punktzahl erreicht. Das deutet darauf hin, dass die Tutorials zur Erlangung eines grundlegenden Konzeptverständnisses beitragen. (Einzelheiten zur Methodik und Auswertung sowie die Tests und Tutorials können bei der Erstautorin erfragt werden.)

6. FAZIT UND AUSBLICK

Studierende stoßen auf verschiedene Schwierigkeiten, wenn sie ein grundlegendes Konzeptverständnis von Differentialgleichungen erlangen wollen (oder sollen). Nach jetzigem Stand helfen die von uns entwickelten Tutorials ihnen, Schwierigkeiten aufzulösen und das Konzeptverständnis zu fördern. Die Implementierung im Lehrbetrieb (2×90 min) scheint vielen Lehrenden (ggfs. mit Anpassungen) möglich zu sein.

Die Effektivität der Tutorials wird derzeit in einer größeren Studie untersucht. Ergebnisse werden zukünftig in der Fachliteratur veröffentlicht.

Es wäre wünschenswert, dass unsere Tutorials zukünftig einen breiten Einsatz in der Hochschullehre finden und so zur Verbesserung des Konzeptverständnisses von Differentialgleichungen bei vielen Studierenden beitragen.

Literatur

- Arslan, S. (2010). Do students really understand what an ordinary differential equation is? *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 41(7), 873–888. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2010.486448>
- Camacho-Machin, M., & Guerrero-Ortiz, C. (2015). Identifying and exploring relationships between contextual situations and ordinary differential equations. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 46(8), 1077–1095. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2015.1025877>
- Camacho-Machin, M., Perdomo-Diaz, J., & Santos-Trigo, M. (2012a). An exploration of students conceptual knowledge built in a first Ordinary Differential Equations Course (Part I). *The Teaching of Mathematics*, 15(1), 1–20.
- Camacho-Machin, M., Perdomo-Diaz, J., & Santos-Trigo, M. (2012b). An exploration of students conceptual knowledge built in a first Ordinary Differential Equations Course (Part II). *The Teaching of Mathematics*, 15(2), 63–84.
- Czocher, J. A., Tague, J., & Baker, G. (2013). Where does the calculus go? An investigation of how calculus ideas are used in later coursework. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 44(5), 673–684. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2013.780215>
- Gravemeijer, K. (2004). Local Instruction Theories as Means of Support for Teachers in Reform Mathematics Education. *Mathematical Thinking and Learning*, 6(2), 105–128. https://doi.org/10.1207/s15327833mtl0602_3
- Habre, S. (2000). Exploring Students' Strategies to Solve Ordinary Differential Equations in a Reformed Setting. *The Journal of Mathematical Behavior*, 18(4), 455–472. [https://doi.org/10.1016/S0732-3123\(00\)00024-9](https://doi.org/10.1016/S0732-3123(00)00024-9)
- Habre, S. (2023). Qualitative aspects of differential equations in an inquiry-oriented course. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 54(3), 351–364. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2021.1954250>
- Hyland, D. (2018). Investigating students' learning of differential equations in physics [Dublin City University]. <https://doras.dcu.ie/22672/>
- Hyland, D., Van Kampen, P., & Nolan, B. (2021). Introducing direction fields to students learning ordinary differential equations (ODEs) through guided inquiry. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 52(3), 331–348. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2019.1670367>
- Hyland, D., Van Kampen, P., & Nolan, B. C. (2018). Outcomes of a service teaching module on ODEs for physics students. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 49(5), 743–758. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2017.1410736>
- Kautz, C., Direnga, J., & Schäfle, C. (2024). Physik gemeinsam konstruieren. *Physik Journal*, 1, 33–37.

Kautz, C., & Fuhrmann, T. A. (2024). Using research-based instructional materials to foster conceptual understanding—Tutorials in Introductory Physics. In C. Schäfle, S. Stanzel, E. Junker, & C. Lux (Eds.), *Proceedings of the 12th International Conference on Physics Teaching in Engineering Education PTEE 2024* (pp. 38–46). <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bvb:861-opus4-25764>

Lozada, E., Guerrero-Ortiz, C., Coronel, A., & Medina, R. (2021). Classroom Methodologies for Teaching and Learning Ordinary Differential Equations: A Systemic Literature Review and Bibliometric Analysis. *Mathematics*, 9(7), 745. <https://doi.org/10.3390/math9070745>

Mallet, D., & McCue, S. (2009). Constructive development of the solutions of linear equations in introductory ordinary differential equations. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 40(5), 587–595. <https://doi.org/10.1080/00207390902759626>

McDermott, L. C. (2003). *Instructor's Guide for Tutorials in Introductory Physics*. Pearson Education.

Middendorf, J., & Shopkow, L. (2018). *Overcoming Student Learning Bottlenecks: Decode the Critical Thinking of Your Discipline* (1st ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003446255>

Novak, G. M. (2011). Just-in-time teaching. *New Directions for Teaching and Learning*, 2011(128), 63–73. <https://doi.org/10.1002/tl.469>

PhysPort. (2025). Research References for Tutorials in Introductory Physics: Abgerufen am 21.03.2025 von https://www.physport.org/methods/method.cfm?G=Tutorials_in_Introductory_Physics

Prediger, S., Götze, D., Holzäpfel, L., Rösken-Winter, B., & Selter, C. (2022). Five principles for high-quality mathematics teaching: Combining normative, epistemological, empirical, and pragmatic perspectives for specifying the content of professional development. *Frontiers in Education*, 7, 969212. <https://doi.org/10.3389/feduc.2022.969212>

Rasmussen, C. (2001). New directions in differential equations: A framework for interpreting students' understandings and difficulties. *The Journal of Mathematical Behavior*, 20(1), 55–87. [https://doi.org/10.1016/S0732-3123\(01\)00062-1](https://doi.org/10.1016/S0732-3123(01)00062-1)

Rasmussen, C., & Kwon, O. N. (2007). An inquiry-oriented approach to undergraduate mathematics. *The Journal of Mathematical Behavior*, 26(3), 189–194. <https://doi.org/10.1016/j.jmathb.2007.10.001>

Raychaudhuri, D. (2008). Dynamics of a definition: A framework to analyse student construction of the concept of solution to a differential equation. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 39(2), 161–177. <https://doi.org/10.1080/00207390701576874>

Riegler, P. (2019). *Peer Instruction in der Mathematik: Didaktische, organisatorische und technische Grundlagen praxisnah erläutert*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-60510-3>

Rowland, D. R., & Jovanoski, Z. (2004). Student interpretations of the terms in first-order ordinary differential equations in modelling contexts. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 35(4), 503–516. <https://doi.org/10.1080/00207390410001686607>

Seidel, T., & Shavelson, R. J. (2007). Teaching Effectiveness Research in the Past Decade: The Role of Theory and Research Design in Disentangling Meta-Analysis Results. *Review of Educational Research*, 77(4), 454–499. <https://doi.org/10.3102/0034654307310317>

Sijmkens, E., Scheerlinck, N., De Cock, M., & Deprez, J. (2022). Benefits of using context while teaching differential equations. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 1–21. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2022.2039412>

Wagenschein, M. (1970). *Ursprüngliches Verstehen und exaktes Denken* (Vol. 2). Klett.

Yackel, E., & Cobb, P. (1996). Sociomathematical Norms, Argumentation, and Autonomy in Mathematics. *Journal for Research in Mathematics Education*, 27(4), 458–477. <https://doi.org/10.5951/jresmetheduc.27.4.0458>

Yackel, E., Rasmussen, C., & King, K. (2000). Social and sociomathematical norms in an advanced undergraduate mathematics course. *The Journal of Mathematical Behavior*, 19(3), 275–287. [https://doi.org/10.1016/S0732-3123\(00\)00051-1](https://doi.org/10.1016/S0732-3123(00)00051-1)

Zandieh, M. (2000). A theoretical framework for analyzing student understanding of the concept of derivative. *CBMS Issues in Mathematics Education*, 8, 103–122.

Angaben zur Autorin und zum Autor

Tina A. Fuhrmann

Studium der Medizinischen Physik in Halle (Saale), derzeit Lehrkraft für Mathematik und Physik an der Hochschule Merseburg und Doktorandin an der TU Hamburg und KU Leuven; Einsatz der Tutorials in der eigenen Lehre (Physik, Mathematik).

Christian Kautz

Studium der Physik, Mitarbeit in der Physics Education Group an der University of Washington und dort an der Entwicklung von Tutorials in der Physik beteiligt, seit 2002 an der TU Hamburg, Leitung der Arbeitsgruppe Fachdidaktik der Ingenieurwissenschaften; Einsatz der Tutorials in der eigenen Lehre (Mechanik, Elektrotechnik) und Entwicklung neuer Tutorials für weitere Fächer (u. a. Strömungsmechanik und Thermodynamik).

MODIFIKATION DES „DEFINITION-SATZ-BEWEIS“-FORMATS IN EINER ANALYSIS-LEHRVERANSTALTUNG

Martin Pohl
OTH Regensburg

ZUSAMMENFASSUNG

Studierende haben zu Beginn des Mathematikstudiums häufig Probleme beim Erlernen der mathematischen Arbeitsweise, bei der das Beweisen mathematischer Zusammenhänge im Vordergrund steht. Dieses erfolgt in zwei Schritten: Zunächst muss eine Beweisidee entwickelt werden. Im zweiten Schritt wird diese Idee zu einem logisch korrekten Beweis ausgearbeitet. In einer Lehrveranstaltung im traditionellen „Definition-Satz-Beweis“-Format werden nur die mathematischen Ergebnisse präsentiert, der Weg zur Entwicklung einer mathematischen Idee bleibt meist verborgen. Ich habe dieses traditionelle Format in einem Lerntext für Just-in-Time Teaching (JiTT) durch einige neue Elemente ergänzt, die den Unterschied zwischen dem Entstehen der mathematischen Ideen und den fertig formulierten Ergebnissen sichtbar machen. Neben dem Einsatz für JiTT können einige dieser Elemente auch in Präsenzveranstaltungen genutzt werden. Die Rückmeldungen der Studierenden zu diesen neuen Elementen sind sehr positiv.

Keywords: „Definition-Satz-Beweis“-Format, Analysis, Lehrinnovationen, Just-in-Time Teaching

1. AUSGANGSLAGE

Übergang von der Schule zur Hochschule

In der Mathematik bereitet der Übergang von der Schule zur Hochschule vielen Studierenden große Probleme. Dies ist unter anderem dadurch begründet, dass in der Schule mathematische Verfahren zum Lösen von Aufgaben angewendet werden, während die Hochschulmathematik die genaue Begründung der mathematischen Zusammenhänge in den Mittelpunkt stellt. In den mathematischen Lehrveranstaltungen werden die Ergebnisse häufig in einem „Definition-Satz-Beweis“-Format präsentiert. Die Studierenden haben in meiner Wahrnehmung zu Beginn des Studiums noch keine Erfahrung mit der mathematischen Arbeitsweise. Zum einen haben sie Probleme mit der Analyse von Definitionen und dem Erarbeiten von Beweisen. Zum anderen scheinen die Ideen der Beweise für die Studierenden einfach vom Himmel zu fallen, was sie als „darauf wäre ich nie selbst gekommen“ formulieren. Die Studierenden müssen die mathematischen Inhalte nicht nur verstehen, sie müssen beim Bearbeiten von Übungsaufgaben, seien es Beweisaufgaben oder komplizierte Rechenaufgaben, selbst mathematische Ideen entwickeln. Dies erfordert Fantasie und Ausdauer. Daneben müssen die Studierenden den Wert von Fehlern erkennen. Sie müssen einige Ideen und Ansätze ausprobieren, von denen viele nicht zum Ziel führen. Erst wenn die richtige Idee vorliegt, erfolgt die mathematisch saubere Ausarbeitung des Beweises oder der Lösung. Dabei wird der Weg zum Auffinden der Idee oft verwischt. Ich halte es für wichtig, dass die Studierenden zu diesen beiden Aspekten der mathematischen Arbeitsweise

– Entwickeln einer Idee und Ausarbeitung der Lösung – hingeführt werden. Dies geschieht bei dem traditionellen „Definition-Satz-Beweis“-Vorgehen in mathematischen Lehrveranstaltungen in der Studieneingangsphase zu wenig.

Einsatz von JiTT

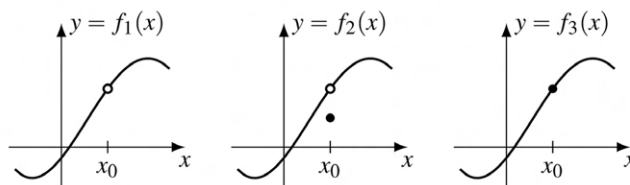
Beim Einsatz von JiTT, siehe z. B. Simkins et al. (2010), beschäftigen sich die Studierenden im Rahmen eines Leseauftrags vor der Präsenzveranstaltung mit den mathematischen Konzepten. In einer Metastudie konnten Freeman et al. (2014) nachweisen, dass diese Methode zu einem besseren Lernerfolg der Studierenden führt, auch wenn die Studierenden in einer traditionellen Lehrveranstaltung einen größeren Lernerfolg empfinden, wie Deslauriers et al. (2019) berichten. Für die im Selbststudium zu bearbeitenden Leseaufträge ist ein guter Lerntext erforderlich. Gerade in der Studieneingangsphase sollte dieser Text so ausführlich sein, dass die mathematisch noch unerfahrenen Studierenden damit arbeiten können. Ich habe kein passendes Buch gefunden, das die Studierenden zu den mathematischen Ideen anschaulich und ausführlich einführt und gleichzeitig die erforderliche mathematische Strenge aufweist. Viele Lehrbücher folgen dem „Definition-Satz-Beweis“-Format und sind mit ihren oft sehr eleganten Formulierungen für das Selbststudium am Anfang des Studiums nicht ideal. Die aus dem amerikanischen Raum stammenden Calculus-Bücher konzentrieren sich auf die mathematischen Begriffe und auf Rechenverfahren, die ausführlich und anschaulich behandelt werden. In diesen Büchern sind jedoch kaum Beweise enthalten, die für ein Mathematikstudium unerlässlich sind. Ich habe von den Studierenden die Rückmeldung bekommen, dass die bekannten Lehrbücher für die JiTT-Leseaufträge nicht geeignet sind. Dies war für mich der Anlass, ein Lernbuch (Pohl, 2025/26) zu schreiben, in dem der Weg zu einer Beweisidee sichtbar wird.

Bestehende Unterstützungsangebote

Es gibt viele Angebote zur Unterstützung der Studierenden in der Studieneingangsphase. Dies sind zum einen Bücher, die die Studierenden zu einer Lösungsstrategie von Problemen einführen, wie der Klassiker von Pólya (2010, Erstausgabe 1945). Weitere Bücher unterstützen das Erlernen der mathematischen Arbeitsweise, wie die Bücher von Alcock (2017), Houston (2012), Grieser (2017), Hilgert et al. (2015) oder Velleman (2019). In dem Buch „How to think about analysis“ gibt Alcock (2016) einen Überblick über die wichtigsten Grundkonzepte der Analysis und bereitet die Studierenden auf die Analysis-Lehrveranstaltung vor. Sie beschreibt auch eine Methode, mit der Studierende einen Beweis Schritt für Schritt durcharbeiten können. Diese Bücher sind für einen Start in ein Mathematikstudium hilfreich, keines dieser Bücher ist jedoch als Grundlage für eine Lehrveranstaltung zur Analysis vorgesehen. Daneben werden in der Literatur verschiedene didaktische Ansätze zur Unterstützung der Studierenden im Rahmen von Workshops beschrieben, wie z. B. von Frischemeier et al. (2016) oder Ostsieker (2021).

2. MEINE MODIFIKATION DES „DEFINITION-SATZ-BEWEIS“-FORMATS

In diesem Abschnitt beschreibe ich die Elemente, die ich als Erweiterung des „Definition-Satz-Beweis“-Formats in meinen Lerntext aufgenommen habe. Der Text ist für Selbstlernaufträge im Rahmen einer Analysis-Veranstaltung für Mathematik-Studierende konzipiert. Zum Teil setze ich diese Elemente auch in Präsenzveranstaltungen ein. Zunächst ist der Lerntext – unabhängig von den verwendeten Elementen – sehr ausführlich gestaltet. Dies erleichtert den Studierenden das selbständige Erarbeiten neuer Inhalte. Daneben veranschauliche ich neue Konzepte, Beweisideen oder Anwendungen mit vielen Skizzen.

Abb. 5.1: Funktionen mit unterschiedlichem Verhalten bei x_0 **Aufgabe 207.**

1. Untersuchen Sie anhand der informellen Definition, welche der in Abb. 5.1 skizzierten Funktionen einen Grenzwert haben.
2. Untersuchen Sie, welche der in Abb. 5.1 skizzierten Funktionen im Sinne dieser informellen Definition an der Stelle x_0 stetig sind. ▲

Abb. 1: Beispiele zu
Grenzwert und Stetigkeit

Zur Modifikation des „Definition-Satz-Beweis“-Formats habe ich darüber hinaus drei neue Elemente in den Text aufgenommen: Ich führe die Studierenden ausführlich zu neuen Begriffen hin. Bei vielen Beweisen zeige ich mit heuristischen „Vorüberlegungen“, wie eine Beweisidee entwickelt werden kann. Einige Beispiele führe ich in einer „Langfassung“ aus, in der die Studierenden eine Strategie zum Auffinden eines Rechenweges erkennen können, gefolgt von einer „Kurzfassung“, die der Darstellung in Lehrbüchern entspricht.

Zur Definition zentraler Begriffe der Analysis führe ich mit Anwendungen, Beispielen und Skizzen hin. Damit entwickeln die Studierenden ein Gefühl für die neuen Begriffe. Ein Beispiel ist die Definition der beiden Begriffe des Grenzwerts einer Funktion an einer Stelle x_0 und der Stetigkeit einer Funktion an einer Stelle x_0 . Zu diesen Begriffen beobachte ich häufig das Fehlkonzep, bei dem die Studierenden aus der Existenz des Grenzwerts auf die Stetigkeit der Funktion schließen. Um dies zu vermeiden, untersuchen die Studierenden zunächst einige Beispiele, in denen der Unterschied zwischen den beiden Begriffen sichtbar ist. Ein Teil dieser Beispiele ist in Abb. 1 dargestellt. In dem Lerntext sind weitere Funktionen skizziert, die an der Stelle x_0 keinen Grenzwert haben.

Alle in Abb. 1 skizzierten Funktionen haben an der Stelle x_0 einen Grenzwert. Die Funktion f_1 ist an der Stelle x_0 nicht definiert, die Funktion f_2 hat einen von dem Grenzwert verschiedenen Funktionswert und nur die Funktion f_3 ist an dieser Stelle stetig. Nachdem die Studierenden das Verhalten dieser Funktionen in der Nähe von x_0 beschrieben haben – entweder in Kleingruppen während der Lehrveranstaltung oder im Rahmen der Leseaufträge – erfolgen informelle Definitionen der beiden Begriffe. Diese informellen Definitionen stehen zwischen der in Abb. 1 gezeigten Skizze und der Aufgabe. Nachdem die Studierenden die Beispiele in der Aufgabe 207 aus Abb. 1 noch einmal mit der informellen Definition untersucht haben, erfolgt die genaue Definition eines Grenzwertes und später die genaue Definition der Stetigkeit.

Ein zentrales Element in meiner Lehrveranstaltung sind „Vorüberlegungen“ zu den Beweisen. Hierbei zeige ich den Studierenden mögliche Wege, die zu einer Beweisidee führen können. Nach den Vorüberlegungen erfolgt eine mathematisch korrekte Formulierung der jeweiligen Beweise. Dadurch wird für die Studierenden sichtbar, dass die Entwicklung einer Idee für einen Beweis in dem fertig ausformulierten Beweis oft nicht mehr erkennbar ist. In Abb. 2 sind die Vorüberlegungen zum

Satz 2.45

Es seien a, b zwei positive Zahlen. Dann gilt $\sqrt{ab} \leq \frac{1}{2}(a+b)$.

Vorüberlegung: Wir entwickeln die Beweisidee dadurch, dass wir „von hinten nach vorn“ rechnen.

Zunächst stört uns bei der Ungleichung $\sqrt{ab} \leq \frac{1}{2}(a+b)$ die Wurzel und der Bruch. Wir erweitern die Ungleichung mit 2 und quadrieren das Ergebnis. Damit erhalten wir $4ab \leq a^2 + 2ab + b^2$. Wir bringen $4ab$ nach rechts und fassen das Ergebnis mit Hilfe der 2. Binomische Formel zusammen zu $0 \leq a^2 - 2ab + b^2 = (a-b)^2$.

Im ersten Moment liegt folgender Schluss nahe: Wunderbar, diese Ungleichung stimmt, also haben wir den Satz bewiesen. DAS IST FALSCH. Wir haben aus der Behauptung durch korrekte Umformungen eine richtige Ungleichung hergeleitet. Bei einem Beweis dürfen wir nie die Behauptung des Satzes verwenden. ■

Beweis: Für $a, b > 0$ gilt

$$\begin{aligned} (a-b)^2 \geq 0 &\implies a^2 - 2ab + b^2 \geq 0 \implies a^2 + 2ab + b^2 \geq 4ab \\ &\implies (a+b)^2 \geq 4ab \stackrel{\text{Satz 2.12}}{\implies} a+b \geq 2\sqrt{ab}. \end{aligned}$$

Daraus folgt die behauptete Ungleichung. ■

Abb. 2: Vorüberlegung und Beweis der Ungleichung zwischen arithmetischem und geometrischem Mittel

Vorüberlegung: Ein naheliegender Ansatz für den Beweis besteht darin, dass wir in der Darstellung $\frac{d(g \circ f)}{dx} = \frac{dg}{df} \cdot \frac{df}{dx}$ die Differenziale durch die Differenzenquotienten ersetzen. Damit erhalten wir

$$\frac{g(f(x)) - g(f(x_0))}{x - x_0} = \frac{g(f(x)) - g(f(x_0))}{f(x) - f(x_0)} \cdot \frac{f(x) - f(x_0)}{x - x_0}.$$

Mit $f(x) = y$ und $f(x_0) = y_0$ wird daraus

$$\frac{g(f(x)) - g(f(x_0))}{x - x_0} = \frac{g(y) - g(y_0)}{y - y_0} \cdot \frac{f(x) - f(x_0)}{x - x_0}.$$

Mit dem Grenzübergang $x \rightarrow x_0$ würde auch $y \rightarrow y_0$ gelten und damit wäre die Kettenregel gezeigt.

Aufgabe 249. Begründen Sie, warum dieser Ansatz mit den Differenzenquotienten nicht möglich ist. ▲

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, dass wir ...

Abb. 3: Vorüberlegung zum Beweis der Kettenregel

..., dass die Folge (a_n) mit $a_n = \frac{1}{\sqrt{n}}$ eine Nullfolge ist.

Beispiel: (Langfassung)

Wir gehen wie im letzten Beispiel vor, und rechnen bei (4.2) „von hinten nach vorne“. Wir müssen für ein beliebiges $\varepsilon > 0$ und für alle hinreichend großen n die Ungleichung $|a_n - 0| = \frac{1}{\sqrt{n}} < \varepsilon$ nachweisen.

Wir lösen diese Ungleichung nach n auf und erhalten die Bedingung $\sqrt{n} > \frac{1}{\varepsilon}$, was durch Quadrieren zu $n > \frac{1}{\varepsilon^2}$ wird. Sobald n diese Ungleichung erfüllt, folgt $|a_n - 0| = \frac{1}{\sqrt{n}} < \varepsilon$.

Damit finden wir die gesuchte Zahl $N_0 \in \mathbb{N}$: Für $n \geq N_0$ soll die Ungleichung $n > \frac{1}{\varepsilon^2}$ gelten. Wir wählen eine Zahl N_0 mit $N_0 > \frac{1}{\varepsilon^2}$. Dann gilt für alle $n \geq N_0$ ebenfalls die Ungleichung $n > \frac{1}{\varepsilon^2}$. ♦

Beispiel: (Kurzfassung)

Wir zeigen, dass $a_n = \frac{1}{\sqrt{n}}$ eine Nullfolge ist. Es sei ein beliebiges $\varepsilon > 0$ gegeben. Wir wählen eine Zahl $N_0 \in \mathbb{N}$ mit $N_0 > \frac{1}{\varepsilon^2}$. Dann folgt für alle $n \geq N_0$ die Ungleichung $|a_n - 0| = \frac{1}{\sqrt{n}} \leq \frac{1}{\sqrt{N_0}} < \varepsilon$. ♦

Abb. 4: Langfassung
und Kurzfassung
eines Beispiels

Beweis der Ungleichung zwischen dem arithmetischen und dem geometrischen Mittel dargestellt. Die Beweisidee entsteht durch eine Rechnung „von hinten nach vorn“. Auch wenn diese Umformungen richtig sind, ist die Verwendung der Behauptung in dem Beweis logisch falsch. Es ist mir wichtig, dies explizit zu formulieren, da die Studierenden die Umformung der Behauptung in eine richtige Aussage oft als gültigen Beweis ansehen. In Abb. 2 ist auch der fertig formulierte logisch korrekte Beweis zu sehen. Ohne die Vorüberlegungen ist es für Studierende nicht ersichtlich, warum der Beweis gerade so anfängt.

Im nächsten Beispiel zeige ich den Anfang der Vorüberlegungen für den Beweis der Kettenregel für Ableitungen. Diese Vorüberlegung beginnt mit einer Idee, die aufgrund der Kettenregel naheliegend ist. In einer in die Vorüberlegung eingebundenen Aufgabe begründen die Studierenden, warum dieser Weg nicht möglich ist. In Abb. 3 ist der Beginn dieser Vorüberlegung und die Aufgabe zu sehen.

Durch die explizite Trennung in diese „Vorüberlegung“ und den sauber notierten Beweis spüren die Studierenden den Unterschied zwischen dem Prozess der Beweisfindung und den in den Lehrbüchern präsentierten fertigen Beweisen. Gleichzeitig sehen sie einen Weg, auf dem sie selbst Beweise entwickeln können. Darüber hinaus erkennen sie, dass sich Fehler nicht vermeiden lassen und manchmal sogar hilfreich sind.

Ähnlich gehe ich bei den Beispielen vor. In einer „Langfassung“ zeige ich, wie ein Rechenweg zur Bearbeitung des Beispiels gefunden werden kann. Danach folgt eine „Kurzfassung“ mit der knappen Darstellung der Lösung. Dieses Element setze ich vorwiegend in dem Kapitel über Folgen und Reihen ein, das den Studierenden erfahrungsgemäß große Probleme bereitet. Ein Beispiel mit einer gekürzten „Langfassung“ und der darauffolgenden „Kurzfassung“ ist in Abb. 4 zu sehen.

Als Aktivierungselement habe ich viele Aufgaben in den Lern-text eingestreut, sowohl mit einfachen Beispielen als Vorbereitung von Sätzen, als auch mitten in den Beweisen zum

Ausarbeiten von Details. Daneben gibt es Aufgaben zur Vertiefung der Konzepte. Ein Beispiel hierfür ist eine Aufgabe, bei der die Studierenden zunächst die Funktion $x^2 \cdot \operatorname{sgn}(x)$ untersuchen, und dann eine Funktion angeben sollen, die an der Stelle $x = 0$ genau n -mal differenzierbar ist.

3. MESSUNG DER WIRKSAMKEIT DIESER ELEMENTE

Ich habe die oben beschriebenen Elemente und den für JiTT ausgearbeiteten Lerntext im Wintersemester 2023/24 in meiner Lehrveranstaltung Analysis 1 im Studiengang Mathematik mit 18 Studierenden eingesetzt. Die Wirksamkeit habe ich mit verschiedenen Evaluationselementen gemessen. Bei den Quizzes zu den JiTT-Leseaufträgen habe ich die Studierenden um eine Bewertung der neuen Elemente gebeten. In den 10 Quizzes habe ich zwischen 4 und 17 Rückmeldungen zu dieser Frage erhalten. Parallel zur Lehrveranstaltung haben die Studierenden ein Lerntagebuch (LTB) geführt, in dem sie unter anderem einschätzen sollten, welche der neu eingeführten Elemente für sie besonders hilfreich waren. Im Lauf des Semesters haben die Studierenden 6 LTB-Einträge verfasst, bei denen zwischen 3 und 10 Studierende eine Rückmeldung zu den neuen Elementen gegeben haben. Schließlich hat eine Studentin der sozialen Arbeit gemeinsam mit einem Lehramtsstudenten der Mathematik an der Universität Regensburg eine Interviewstudie durchgeführt. Um die Anonymität der Teilnehmerinnen und Teilnehmer zu wahren, hat die Studentin die Interviewtermine direkt mit den Studierenden der Analysis-Lehrveranstaltung vereinbart. Sie konnte nur 4 Studierende für einen Termin mit Interviews zu den Themen Konvergenz von Folgen und Reihen gewinnen.

Die Antworten der Studierenden in den LTB-Einträgen, den JiTT-Quizzes und den Interviews sind ähnlich. In den LTB-Einträgen und den JiTT-Quizzes wurden an erster Stelle die Skizzen und Graphiken als sehr hilfreich genannt. Daneben wurden die ausführliche Darstellung und die gut verständliche Sprache positiv hervorgehoben. Daher bewerten die Studierenden den Lerntext auch für die Nacharbeit der Lehrveranstaltung als hilfreich. Die Interviewstudie wurde wegen der geringen Teilnehmerzahl nicht systematisch ausgewertet.

Bei den Interviews wurden die Skizzen und Graphiken ebenfalls als sehr hilfreich bei der Einführung neuer Begriffe und Konzepte genannt. Die Hinführung zu den Definitionen und die Vorüberlegungen zu den Beweisen unterstützten die Studierenden beim Erlernen der mathematischen Arbeitsweise. Eine Person (P3) sagt zu den Beweisideen *„ohne sie [...] wäre ich da nicht drauf gekommen, [...] ohne die Vorüberlegungen.“* Zum Umfang der Vorüberlegungen zu neuen Begriffen sagt diese Person jedoch: *„Die Vorüberlegungen [sind] hilfreich, aber manchmal etwas zu ausführlich.“* Zu den Beispielen in Lang- und Kurzform wird von dieser Person ein interessanter Aspekt genannt: *„Wenn man einmal die Langform dann gelesen hat und verstanden hat, dann versteht man danach auch die Kurzform [...] das nimmt einem so bisschen die Angst.“*

4. FAZIT

Die Studierenden nennen die von mir in der Analysis-Lehrveranstaltung eingesetzte Modifikation des traditionellen „Definition-Satz-Beweis“-Formats sinnvoll und hilfreich. Ich beschreibe kurz meine Erfahrungen mit diesen Modifikationen.

Die Studierenden in dem genannten Analysis-Zyklus waren für mich die erste Kohorte an der Hochschule, die während der Corona-Pandemie in der Schule waren. Ich habe das Lernverhalten dieser Studierenden als anders im Vergleich mit früheren Kohorten erlebt. Ein großer Anteil der Studierenden hat mit Tablets gearbeitet, wobei teilweise viel Aufwand in das Erstellen einer „schönen Mitschrift“ gesteckt wurde. Anfänglich waren die Studierenden in der Präsenzveranstaltung kaum zu Gruppenarbeit zu bewegen, dies gelang mir erst mit Hilfe von Whiteboards für die Kleingruppen.

Darüber hinaus habe ich einige der ausführlichen Vorüberlegungen mit den Studierenden in der Präsenzveranstaltung diskutiert. Der dafür erforderliche Zeitaufwand war höher, als ich dies geplant hatte. Ich konnte den „Zeitverlust“ erst in den nachfolgenden Veranstaltungen des Analysis-Zyklus kompensieren. Zukünftig muss ich beim Einsatz dieser neuen Elemente eine genaue Planung der Aufteilung zwischen Leseauftrag und Präsenzveranstaltung durchführen. Weiter überlege ich, welche Elemente ich in die Lehrveranstaltung integriere und welche ich den Studierenden für deren Eigenstudium überlasse. Das passt zu der Rückmeldung der Studierenden, nach der dieser ausführliche Lerntext sehr gut zur Nachbereitung einer Lehrveranstaltung geeignet ist.

Die Elemente eignen sich auch für andere Studiengänge aus dem MINT-Bereich. Ich habe gute Erfahrungen in einer Analysis-Veranstaltung für die Informatik-Studiengänge an der OTH Regensburg gemacht. Dort habe ich die Hinführung zu neuen Begriffen und die Langfassungen von Beispielen eingesetzt, anhand derer die Studierenden eine Strategie zur Bearbeitung von Übungen erlernen können.

Danksagung

Mein Dank gilt der OTH Regensburg, von der ich für die Umsetzung der hier beschriebenen Ergänzungen der Analysis-Lehrveranstaltung eine Unterstützung im Rahmen des Bund-Länder-Programms „FH-Personal“ aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung und des Landes Bayern als Teil des Projekts ZAP.OTHR (Förderkennzeichen 03FHP172) erhalten habe.

Literatur

Alcock, L. (2016). How to think about analysis (Reprinted with corrections). Oxford University Press. <http://www.loc.gov/catdir/enhancements/fy1604/2014935451-b.html>

Alcock, L. (2017). Wie man erfolgreich Mathematik studiert. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-50385-0>

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 of the United States of America, 116(39), 19251–19257. <https://doi.org/10.1073/pnas.1821936116>

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. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 111(23), 8410–8415. <https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111>

Frischemeier, D., Panse, A. & Pecher, T. (2016). Schwierigkeiten von Studienanfängern bei der Bearbeitung mathematischer Übungsaufgaben. In A. Hoppenbrock, R. Biehler, R. Hochmuth & H.-G. Rück (Hrsg.), *Lehren und Lernen von Mathematik in der Studieneingangsphase* (S. 229–241). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-658-10261-6_15

Grieser, D. (2017). Mathematisches Problemlösen und Beweisen. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-14765-5>

Hilgert, J., Hoffmann, M. & Panse, A. (2015). Einführung in mathematisches Denken und Arbeiten. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-45512-8>

Houston, K. (2012). *Wie man mathematisch denkt: Eine Einführung in die mathematische Arbeitstechnik für Studienanfänger*. Springer.

Ostsieker, L. (2021). Konzept eines Workshops zur Nacherfindung der Definition von Folgenkonvergenz. In R. Biehler, A. Eichler, R. Hochmuth, S. Rach & N. Schaper (Hrsg.), *Lehrinnovationen in der Hochschulmathematik* (S. 47–67). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-62854-6_4

Pohl, M. (2025/26). *Eindimensionale Analysis: Ein Lernbuch*. Springer.

Pólya, G. (2010). *Schule des Denkens: Vom Lösen mathematischer Probleme* (Sonderausg. der 4. Aufl.). Sammlung Dalp. Francke.

Simkins, S. P., Maier, M. & Rhem, J. (Hrsg.). (2010). *New pedagogies and practices for teaching in higher education. Just-in-time teaching: Across the disciplines, across the academy* (1st ed.). Stylus Publishing.

Velleman, D. J. (2019). *How to prove it: A structured approach* (3rd ed.). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108539890>

Angaben zum Autor

Martin Pohl

ist seit 1994 Professor für Mathematik an der OTH Regensburg. Er engagiert sich vor allem für die Gestaltung der Studieneingangsphase, um die Studierenden beim Übergang von der Schule zur Hochschule zu unterstützen. Seit mehr als 10 Jahren setzt er in seinen Lehrveranstaltungen aktivierende Lehrmethoden wie JiTT und PI ein. Die in diesem Artikel beschriebenen Modifikationen der Analysis-Lehrveranstaltung hat er im Rahmen seiner Lehrinnovationsprofessur umgesetzt.

PRÜFUNGSERFOLG DURCH KORRIGIERTE HAUSARBEITEN? – EIN EXPERIMENT MIT MATHEMATIK-STUDIERENDEN

Joachim Günther, Lina Spagert
Hochschule München University of Applied Sciences

ZUSAMMENFASSUNG

Im Rahmen einer Studie wurde das Zusammenspiel von korrigierten Hausaufgaben und dem Prüfungserfolg in einem Mathematikurs an der Hochschule München untersucht.

Die Ergebnisse zeigen, dass Studierende, die regelmäßig Hausaufgaben abgaben, nicht nur häufiger an der Prüfung teilnahmen, sondern auch eine geringere Durchfallquote aufwiesen und bessere Prüfungsergebnisse erzielten. Ergänzend zur Erfassung der eingereichten Hausaufgaben wurden zwei sozialwissenschaftliche Befragungen durchgeführt. Diese ergaben, dass Studierende, die regelmäßig Hausaufgaben einreichten, ihre Mathematikkenntnisse positiver einschätzten und weniger Angst hatten, im Studium aufgrund von Mathematik zu scheitern.

Trotz gewisser Einschränkungen, wie Selbstselektion und einer geringen Stichprobengröße, deuten die Ergebnisse darauf hin, dass regelmäßige Hausaufgaben zur Verbesserung der Prüfungsergebnisse beitragen können.

Keywords: Hochschule, Mathematikkompetenzen, Hausarbeiten, Lernerfolg, Prüfungserfolg

1. AUSGANGSSITUATION UND ZIELSETZUNG

Die Mathematikkompetenzen der Studierenden, die einen Ingenieurstudiengang an deutschen Hochschulen beginnen, nimmt in den letzten Jahren kontinuierlich ab. Häufig bringen die Studierenden Defizite in der Schulmathematik mit (Heublein, 2014). Dies führt zu hohen Durchfallquoten in Mathematik im Grundstudium und hohen Abbrecherquoten.

Die Zusammenhänge zwischen Hausarbeiten und Prüfungserfolg, die die Autoren im Rahmen dieses Beitrags untersuchen, fanden in einer Lehrveranstaltung Mathematik 1 im Grundstudium des Studiengangs Wirtschaftsingenieurwesen an der Hochschule München statt. Da in allen Ingenieurstudiengängen an Hochschulen für angewandte Wissenschaften sehr ähnliche Mathematikkompetenzen gelehrt werden, kann man die Ergebnisse dieser Studie auch auf Mathematiklehrveranstaltungen in anderen Studiengängen übertragen.

Inhalte des Moduls Mathematik 1 sind:

- Kapitel 1 Funktionen und Kurven
- Kapitel 2 Differenzialrechnung für Funktionen einer Variablen
- Kapitel 3 Differenzialrechnung für Funktionen mehrerer Variablen
- Kapitel 4 Integralrechnung
- Kapitel 5 Vektoralgebra
- Kapitel 6 Vektoranalysis.

Das untersuchte Modul Mathematik 1 im ersten Semester umfasst vier Stunden Vorlesung und zwei Stunden Übungen für die Studierenden und trägt bei Bestehen der Prüfung (Arbeitszeit 90 min) am Semesterende mit 6 ECTS zum Gesamtstudium bei. Der Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen schließt mit dem Titel Bachelor of Engineering ab.

In den Übungen rechnen die Lehrenden interaktiv Mathematikaufgaben mit den Studierenden. Das bedeutet, die Studierenden rechnen zuerst eigenständig und dann werden Lösungswege und Ergebnisse in der ganzen Studiengruppe besprochen und mit den Dozierenden diskutiert. Die Lehrenden empfehlen den Studierenden nach jeder Vorlesungswoche Aufgaben, die sie selbstverantwortlich im Selbststudium rechnen sollen, um die Theorie aus der Vorlesung und die Kenntnisse aus der Übung eigenständig anzuwenden und zu vertiefen. Für das Selbststudium gibt es keine Kontrolle, die Studierenden entscheiden selbst, ob und wie intensiv die Übungen bearbeitet werden. Für die Selbststudiumsaufgaben stehen den Studierenden Lösungswege und Ergebnisse zur Verfügung. Der erwartete Umfang des Selbststudiums beträgt 90 Stunden im Semester, die Kontaktzeit mit dem Lehrenden umfasst 90 Stunden, die sich aus 60 Std. Vorlesung und 30 Stunden Übung zusammensetzen. Die Lehrenden bekommen im Laufe des Semesters keine Information darüber, ob und wie intensiv ihre Studierenden das Selbststudium wahrnehmen. Es wird zwar in der Semestermitte eine Testklausur durchgeführt, diese wird aber aufgrund der Prüfungsordnung nicht korrigiert und benotet.

Die Prüfungen in Mathematik 1 sind neben anderen Prüfungen wie Technische Mechanik die Prüfungen mit den höchsten Durchfallquoten (über 60%) im ersten Semester. Der Anteil der Studierenden, die sich zur Prüfung anmelden, aber dann nicht

zur Prüfung erscheinen, ist mit etwa 30 % in den Mathematikprüfungen sehr hoch. Das bedeutet, etwa ein Drittel der Studierenden „schieben“ die Prüfung ins nächste Semester.

Studierende im ersten Semester haben nach eigenen Beobachtungen und Diskussion mit anderen Lehrenden Schwierigkeiten, den notwendigen Umfang an Selbststudium und ihr eigenes Leistungsvermögen einzuschätzen, da es während des Semesters keine Leistungserhebungen und Bewertungen gibt. Häufig fangen sie mit dem Lernen viel zu spät im Semester an und bestehen die Prüfungen dann nicht. Die Selbstverantwortung für den eigenen Lernfortschritt im Gegensatz zum Schulunterricht wird von vielen Studienanfängern nicht erkannt.

Studierende, die zu Prüfungen nicht antreten oder die Prüfung nicht bestehen, reduzieren die Studienfortschrittsquote eines Semesters. Diese berechnen wir als Quotient aus der Anzahl der Studierenden mit bestandener Prüfung zur Anzahl der zur Prüfung angemeldeten Studierenden. Alle Hilfestellungen, die Erstsemesterstudierenden Unterstützung in der Studieneingangsphase bieten, sind zu begrüßen. Wenn diese Hilfestellungen erfolgreich sind, erhöht sich die Zahl der Studierenden, die einen Studienfortschritt erzielen. Vom Studienfortschritt hängt die Gesamtstudiendauer ab und geringere Studienabbruchquoten erhöhen die Zahl der Absolvierenden einer Hochschule.

Um den Studierenden in Mathematik 1 frühzeitig Feedback und Orientierung bezüglich ihrer Mathematik-Kompetenzen zu geben, wurde ein Experiment durchgeführt.

2. DATENERFASSUNG IM EXPERIMENT

Hausarbeiten

In der Mathematik-Lehrveranstaltung wurde jede Woche ein Paket „Mathematik-Hausarbeiten“ mit einem Arbeitsumfang von 1 bis 2 Stunden ausgegeben. Wenn die Studierenden diese Hausarbeiten (HA) bearbeiteten und abgaben, bekamen sie diese nach einer Woche korrigiert, mit individuellen Anmerkungen inklusive einer Bewertung in Prozent zurück, die angab, wie viele Aufgaben sie richtig bearbeitet haben. Die Bearbeitung und Einreichung der HA waren freiwillig und es gab keine Bonuspunkte für die Prüfung.

Befragung

Das Experiment wurde von der sozialwissenschaftlichen Fakultät im Rahmen der Vorlesung „Empirische Sozialforschung“ durch zwei Befragungen begleitet. Ziel dieser Erhebungen war es, zusätzliche Daten zu den Einstellungen der Studierenden gegenüber Hausaufgaben, ihrer Motivation zur Teilnahme und anderen persönlichen und soziodemografischen Faktoren zu sammeln. Diese Informationen sollten dazu beitragen, Aspekte des Lernprozesses besser zu verstehen und zu analysieren sowie das Experiment zu evaluieren.

In der dritten sowie in der elften Woche des Semesters wurde jeweils eine Online-Befragung durchgeführt. Im Fragebogen waren offene Fragen, Fragen mit Auswahl von vorgegebenen Antworten und Fragen zum Ankreuzen auf einer fünfstufigen Likert-Skala enthalten. Die Teilnahme an den Umfragen war freiwillig und erfolgte pseudonymisiert, um die Daten mit der Teilnahme an den Hausaufgaben und den Prüfungsergebnissen verknüpfen zu können. An der ersten Befragung nahmen

39 Studierende teil, und bei der zweiten Befragung waren es 35 Teilnehmende. In den folgenden Auswertungen unterscheiden sich die Stichprobengrößen, da mehr Studierende an den Befragungen teilnahmen als an den HA.

3. DATENAUSWERTUNG UND INTERPRETATION

Hausarbeiten

Insgesamt wurden 14 HA erstellt und an die Studierenden verteilt. Als Gesamtpopulation für die Auswertungen verwenden wir die 91 Studierenden, die sich zur Prüfung Mathematik 1 angemeldet haben.

Von diesen haben 34 Studierende mindestens eine HA eingereicht. Dies entspricht einer Teilnahmequote von 37,4 %. Diese 34 Studierenden haben 257 HA eingereicht, das sind im Mittel 18,4 HA pro Woche, die korrigiert wurden, und durchschnittlich 7,6 HA pro Person.

Fünf Studierende haben nur einmal eine HA eingereicht und fünf Studierende haben alle 14 Hausarbeiten bearbeitet und abgegeben (siehe Abb. 1).

Für eine genauere Betrachtung wurde die Gesamtpopulation in Gruppen eingeteilt. Mit dieser Gruppeneinteilung wird erwartet, dass sich Unterschiede in den Prüfungsleistungen und in den Befragungen zwischen den Gruppen ergeben. Zum Beispiel lautet eine Hypothese: Die Gruppe A, die die meisten Hausaufgaben einreichte, hat im Schnitt mehr Punkte in der Prüfung erarbeitet und zeigt eine höhere Bestehensquote in der Prüfung als die anderen Gruppen. Die Gruppen wurden wie folgt eingeteilt:

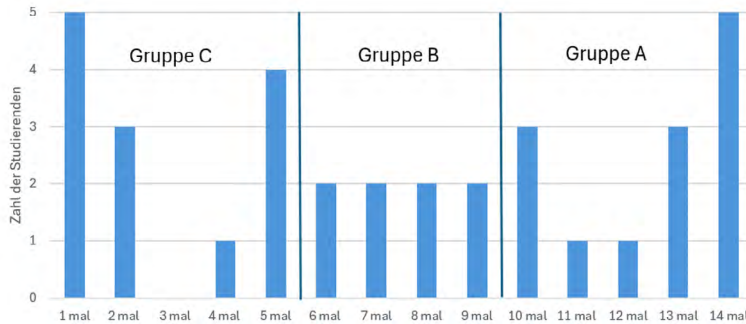


Abb. 1: Verteilung der Anzahl der eingereichten Hausarbeiten

	Anzahl Studierende	An der Prüfung teilgenommen	Teilnahmequote	Prüfung Bestanden	Durchfallquote	Studienfortschrittsquote	Mittelwert Punktezahl
Gruppe A 10 bis 14 HA	13	13	100%	8	38%	62%	48,7
Gruppe B 6 bis 9 HA	8	7	88%	1	86%	13%	37,6
Gruppe C 1 bis 5 HA	13	9	69%	1	89%	8%	37,4
Gruppe ABC	34	29	85%	10	66%	29%	43,5
Gruppe D keine HA	57	38	67%	8	79%	14%	30,3

Tab. 1: Prüfungsteilnahme und -erfolg differenziert nach Häufigkeit der Teilnahme an den Hausaufgaben

- Gruppe A: 10 bis 14 mal Abgabe der HA / hohe Teilnahme / $n=13$
- Gruppe B: 6 bis 9 mal Abgabe der HA / mittlere Teilnahme / $n=8$
- Gruppe C: 1 bis 5 mal Abgabe der HA / niedrige Teilnahme / $n=13$
- Gruppe ABC: alle aus den Gruppen A, B und C / $n=34$
- Gruppe D: keine Abgabe der HA / $n=57$

In Gruppe A befinden sich 13 Studierende, somit nehmen 14,3% der Studierenden das Angebot der HA intensiv wahr. Abbildung 1 zeigt die Verteilung der Studierenden in den Gruppen A, B und C.

Mit den Daten von Gruppe ABC und Gruppe D kann man einen Vergleich zwischen allen Teilnehmenden an den Hausarbeiten ($n=34$) und allen Nicht-Teilnehmenden ($n=57$) durchführen.

In Tabelle 1 sind folgende Daten der fünf Gruppen zusammengestellt:

Die Anzahl der Studierenden je Gruppe, die Anzahl der Prüfungsteilnehmenden, die Anzahl der Studierenden, die die Prüfung bestanden haben, und der Mittelwert der erreichten Punkte in der Prüfung. In Prozent werden die Teilnahmequote an der Prüfung, die Durchfallquote und die Studienfortschrittsquote jeder Gruppe errechnet.

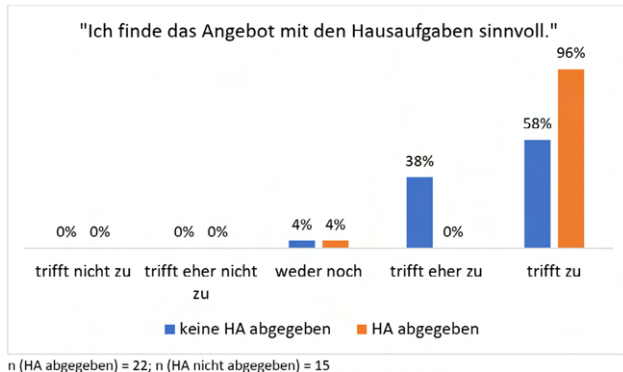


Abb. 2: Einschätzung des Hausaufgabenangebots

Der Vergleich der Gruppe ABC mit Gruppe D zeigt, dass die Teilnehmenden an den HA gegenüber den Nicht-Teilnehmenden eine höhere Prüfungsbeteiligung (85 % im Gegensatz zu 67 %), eine geringere Durchfallquote (66 % im Gegensatz zu 79 %), sowie eine höhere Studienfortschrittsquote (29 % im Gegensatz zu 14 %) aufwiesen. In der Prüfung sind die Hausaufgaben-Teilnehmenden im Mittel um 13,2 Punkte besser als die Nicht-Teilnehmenden (43,5 im Vergleich zu 30,3 Punkte).

Die Gruppe A erreichte im Vergleich zu allen anderen betrachteten Gruppen die höchste Teilnahmequote an der Prüfung (100 %), die geringste Durchfallquote (39 %) und die höchste Studienfortschrittsquote (62 %). Der Mittelwert der Punkte in der Prüfung der Gruppe A liegt mit 48,7 Punkten deutlich über dem Mittelwert aller anderen Gruppen, ein signifikanter Unterschied ($F(3) = 2,747$; $p = 0.05$).

Dies legt nahe, dass eine höhere Teilnahme an HA mit besseren Prüfungsergebnissen korreliert. Die Ergebnisse lassen sich so interpretieren: die Teilnahme an den HA verbessert die Prüfungsleistungen und die Wahrscheinlichkeit, die Prüfung zu bestehen, und damit im Studium voranzukommen. Die Ergebnisse

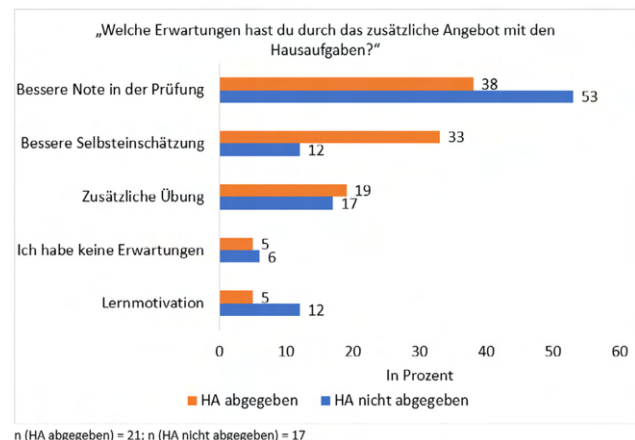


Abb. 3: Erwartungen an das Hausaufgaben-Angebot

von anderen Forschern bestätigen diese Interpretation (Ufer, 2015). Cooper et al. (2006) stellten fest, dass insbesondere in Fächern wie Mathematik und Naturwissenschaften, freiwillige HA einen positiven Einfluss auf die Leistung von Lernenden haben.

Befragung

Grundsätzlich fanden alle Studierenden in der ersten Befragung das Angebot der HA sinnvoll. Diejenigen, die auch HA bearbeitet haben, geben noch häufiger an, dass sie das Angebot als sinnvoll erachteten, wie Abbildung 2 zeigt.

In Bezug auf die Erwartungen¹ an das HA-Angebot ergeben sich in der ersten Befragung ebenfalls Unterschiede zwischen den Personen, die mindestens eine HA abgegeben haben und den Nicht-Teilnehmenden am HA-Angebot (siehe Abb. 3). Die

¹ Frage: Welche Erwartungen hast du durch das zusätzliche Angebot mit den Hausaufgaben? Antwortmöglichkeiten: „Lernmotivation“, „Bessere Selbsteinschätzung“, „Zusätzliche Übung“, „Bessere Note in der Prüfung“, „Ich habe keine Erwartungen“ und „Sonstiges“

		Einschätzung der Mathematik- Kenntnisse (B 1)	Angst, wegen Mathematik das Studium nicht zu schaffen (B1)	Einschätzung der Mathematik- Kenntnisse (B 2)	Vorbereitet fühlen für die Prüfung (B2)	Anspruch an das Prüfungs- ergebnis (B2)
Anzahl	Pearson-	.294	-.363*	.341*	.182	.420*
abgegebene	Korrelation					
Hausaufgaben	Sig. (2-seitig)	.069	.023	.045	.310	.012
	n	39	39	35	33	35

* $p < 0,05$; B1= erste Befragung; B2 = zweite Befragung

Tab. 2: Korrelationstabelle mit der Anzahl abgegebener Hausaufgaben

Mehrheit beider Gruppen erwartet eine bessere Note in der Prüfung (53 % der Nicht-Abgeber und 38 % der Abgeber). „Zusätzliche Übung“ wird von 19 % der HA-Teilnehmenden und 17 % der Nicht-Teilnehmenden genannt. Insbesondere bei der besseren Selbsteinschätzung zeigen sich Unterschiede zwischen den Gruppen: Eine bessere Selbsteinschätzung erwarten 33 % der HA-Teilnehmenden und 12 % der Nicht-Teilnehmenden. Lernmotivation spielt eine eher geringere Rolle und nur wenige haben keine Erwartungen. Abbildung 3 zeigt die Verteilung der Erwartungen der Studierenden.

Die zweite Befragung zeigt eine signifikante höhere Selbsteinschätzung² der Mathematikkenntnisse je häufiger die HA abgegeben wurden ($r = 0,341$, $p = 0,023$). Zudem haben die Personen, die häufiger HA abgeben, signifikant weniger Angst³, wegen Mathematik das Studium nicht abschließen zu können ($r = -0,363$, $p = 0,045$, Befragung 1). Die Korrelation mit der

Vorbereitung auf die Prüfung aus Befragung 2 ist positiv, jedoch nicht signifikant ($r = 0,182$, $p = 0,31$). Außerdem zeigt sich eine signifikant positive Korrelation mit dem Anspruch an das Prüfungsergebnis⁴ ($r = 0,420$, $p = 0,012$).

4. EINSCHRÄNKUNGEN DER ERGEBNISSE

Die vorliegende Studie bezieht sich ausschließlich auf eine Lehrveranstaltung. Von den 91 zur Prüfung angemeldeten Studierenden haben 34 ihre HA zur Korrektur eingereicht, und 39 Personen haben an der ersten und 35 Personen an der zweiten Befragung teilgenommen. Die Studierenden wurden nicht randomisiert in Gruppen der HA-Teilnahme oder Nicht-Teilnahme eingeteilt, sondern konnten selbst wählen, ob sie an den HA teilnehmen wollen oder nicht. Daher ist bei der Befragung zu berücksichtigen, dass möglicherweise ein Self-Selection-Bias

² Frage: Wie schätzt du aktuell deine Kenntnisse in Mathematik für die Vorlesung ein? (Antwortmöglichkeiten reichten von „sehr gut“ bis „mangelhaft“ in Anlehnung an Schulnoten)

³ Frage: Ich habe Angst, wegen Mathematik mein Studium nicht zu schaffen. (Antwortmöglichkeiten auf einer 5-stufigen Likertskala von „stimme überhaupt nicht zu“ bis „Stimme voll und ganz zu“)

⁴ Frage: Welchen Anspruch hast du hinsichtlich des Prüfungsergebnisses? Ich möchte ... (Antwortmöglichkeiten: „sehr gut bestehen“, „gut bestehen“, „befriedigend bestehen“, „ausreichend bestehen“, „nur bestehen“)

vorliegt und die Personen, die bereits bessere Mathematikkenntnisse besitzen, die HA häufiger bearbeitet haben als diejenigen, die generell über schlechtere Mathematikfähigkeiten verfügen oder weniger fleißig sind (Tripepi et al., 2010). Zudem enthalten einige der Gruppen bei der Analyse wenige Versuchspersonen. Daher ist Vorsicht bei statistischen Auswertungen und der Verallgemeinerung der Ergebnisse geboten.

5. ERGEBNISSE

Die vorliegende Studie zeigt, dass das kontinuierliche Bearbeiten von HA einen positiven Einfluss auf den Prüfungserfolg von Studierenden in Mathematikvorlesungen innerhalb eines Ingenieurstudiums hat. Trautwein et al. (2001) wiesen diesen Effekt bereits bei Schülern nach, indem sie feststellten, dass häufigeres Aufgeben von HA, auch wenn sie kleiner im Umfang sind, vorteilhafter für den Lernerfolg ist als das seltenere Vergeben größerer Mengen. Auch weitere Forschungen bestätigen den förderlichen Einfluss von HA auf die Leistungen in Mathematik und Naturwissenschaften. Fan et al. (2017) unterstreichen die Bedeutung kontinuierlicher HA für den schulischen Erfolg in diesen Disziplinen.

Außerdem konnte in der vorliegenden Studie festgestellt werden, dass Studierende, die kontinuierlich im Verlauf des Semesters HA freiwillig bearbeiten, ihre Mathematikkompetenzen höher einschätzen und häufiger an der Prüfung teilnehmen als Studierende, die HA nicht kontinuierlich bearbeiten.

Anregungen für die Lehre

Für die Lehre können aus den vorgestellten Untersuchungen unter anderem folgende Anregungen abgeleitet werden:

- Kontinuierliche wöchentliche HA und auch wöchentliche Zwischentests im Hörsaal, die benotet werden, dies entspricht Lehrveranstaltungen an amerikanischen Hochschulen (Günther & Widmann, 2023; Self & Wolfsteiner, 2012). Damit könnte man die Teilnahmequote an den HA erhöhen.
- Implementierung von regelmäßigen Feedback-Mechanismen in Lehrveranstaltungen, um Studierende über ihre Fortschritte zu informieren (z. B. Zwischenprüfungen). Dies könnte die Motivation steigern.

Anregungen für die Forschung

Für die Forschung können aus den vorgestellten Untersuchungen folgende Vorschläge abgeleitet werden:

- Wiederholung des Experiments mit weiteren Studiengruppen, um die Datenbasis zu vergrößern und größere Stichproben für statistische Auswertungen zu erhalten. Zudem sollten die Studierenden randomisiert in Gruppen eingeteilt werden, um einem Self-Selection-Bias vorzubeugen.
- Durchführung einer Langzeitstudie, um die Auswirkungen der HA auf den Studienerfolg über mehrere Semester und mehrere Lehrveranstaltungen hinweg zu untersuchen. Dies könnte helfen, langfristige Trends und Muster zu identifizieren.

Literatur

Cooper, H., Robinson, J. C. & Patall, E. A. (2006). Does Homework Improve Academic Achievement? A Synthesis of Research, 1987-2003. *Review of Educational Research*, 76(1), 1-62. <http://www.jstor.org/stable/3700582>

Fan, H., Xu, J., Cai, Z., He, J., & Fan, X. (2017). Homework and students' achievement in math and science: A 30-year meta-analysis, 1986-2015. *Educational Research Review*, 20, 35-54.

Günther, J. & Widmann, J. (2023). Comparison of Courses at Universities in the USA and Germany – Content, Teaching and Learning Methods, Performance Assessment and Grading. In L. Gómez Chova, C. González Martínez & J. Lees (Hrsg.), *ICERI2023 Proceedings* (S. 4153-4160). IATED. <https://doi.org/10.21125/iceri.2023.1052>

Self, B. & Wolfsteiner, P. (2012). Reflections on International Exchange of Students and Professors in Mechanical Engineering. In 2012 ASEE Annual Conference & Exposition Proceedings (25.1108.1-25.1108.9). ASEE Conferences. <https://doi.org/10.18260/1-2-21865>

Trautwein, U., Köller, O., & Baumert, J. (2001). Lieber oft Hausaufgaben als viel aufgeben? *Zeitschrift für Pädagogik*, 47(2), 233-247.

Tripepi, G., Jager, K. J., Dekker, F. W. & Zoccali, C. (2010). Selection bias and information bias in clinical research. *Nephron. Clinical practice*, 115(2), c94-9. <https://doi.org/10.1159/000312871>

Ufer, S. (2015). The role of study motives and learning activities for success in first semester mathematics studies. In K. Beswick, T. Muir & J. Fielding-Wells (Hrsg.), *Proceedings of the 39th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (Bd. 4, S. 265-272) University of Tasmania

Angaben zur Autorin und zum Autor

Lina Spagert

Die Autorin absolvierte nach dem Bachelor-Studium der „Sozialen Arbeit“ einen Master in „Angewandter Forschung in der Sozialen Arbeit“ an der Hochschule München und promovierte seit November 2023 zum Thema „Visibility of female Scientists“ an der HM in Kooperation mit der Ludwigs-Maximilians-Universität München.

Joachim Günther

Der Autor studierte Maschinenbau an der TU München und promovierte auf dem Gebiet der Konstruktionssystematik. 16 Jahre lang war er in Forschung und Entwicklung in der Industrie tätig. Seit 2013 ist er Professor für Maschinenbau und Ingenieurmathematik an der Hochschule München. Schwerpunkte seiner Lehre und Forschung sind u. a. aktivierende Lehrmethoden.

DATENGESTÜTZTE ANALYSE STUDENTISCHER FEHLERMUSTER

Klaus Giebertmann, Imran Chamieh
Hochschule Ruhr West

ZUSAMMENFASSUNG

Viele Studierende der Ingenieurwissenschaften tun sich schwer, mathematische Aufgaben formal korrekt zu lösen. An der Hochschule Ruhr West wurde daher das digitale Paper & Pencil-System entwickelt, das vollständige Lösungswege erfasst. Die Kombination aus handschriftlicher Eingabe und digitaler Auswertung eröffnet einen datengestützten Blick auf typische Denk- und Lösungsstrategien. Seit dem Wintersemester 2022/23 im Regelbetrieb, erlaubt das System nicht nur eine formative Rückmeldung, sondern auch die Auswertung studentischer Fehlermuster. Auf Basis von über 30.000 dokumentierten Fehlern, konnten häufige Fehlerquellen identifiziert und typisiert werden. Der Beitrag stellt zentrale Erkenntnisse aus der bisherigen Nutzung vor, beleuchtet das technische und didaktische Konzept und skizziert Perspektiven für eine KI-gestützte Weiterentwicklung.

Keywords: digitales Paper-Pencil-System, mathematisches Lernen, Lernprozessdiagnostik, Fehlermuster, MathWeb

1. EINLEITUNG

Mathematische Kompetenzen sind eine zentrale Voraussetzung für ein erfolgreiches ingenieurwissenschaftliches Studium. Dennoch haben viele Studierende Schwierigkeiten bei der Bearbeitung von Aufgaben. Dies zeigt sich insbesondere, wenn logische Herleitungen und strukturiertes Argumentieren erforderlich sind. Diese Herausforderungen betreffen weniger das Ergebnis als vielmehr den Lösungsweg. Wie Studierende mathematische Probleme angehen, strukturieren und dokumentieren, bleibt häufig unklar.

Ein didaktisches Kernproblem besteht darin, dass klassische digitale Lernsysteme meist ausschließlich das Endergebnis bewerten. Ob der Lösungsweg nachvollziehbar ist oder ob Denkfehler und Fehlvorstellungen auftreten, bleibt verborgen. Damit bleiben wertvolle diagnostische Potenziale ungenutzt, die für eine gezielte Förderung des Lernprozesses entscheidend wären.

Hier setzt das vom Autor an der Hochschule Ruhr West entwickelte digitale Paper-Pencil-System an. Es verbindet die Vorteile digitaler Aufgabenformate – etwa automatische Korrektur, Parametrisierung und Randomisierung der Aufgabenstellung sowie die plattformunabhängige Nutzung – mit der Möglichkeit, vollständige Lösungswege in strukturierter Form zu dokumentieren. Im Fokus steht nicht das bloße Ergebnis, sondern die mathematische Argumentation als zentrales Lernziel. Seit dem Wintersemester 2022/23 ist das System regulär im Einsatz und integraler Bestandteil der Übungsphasen

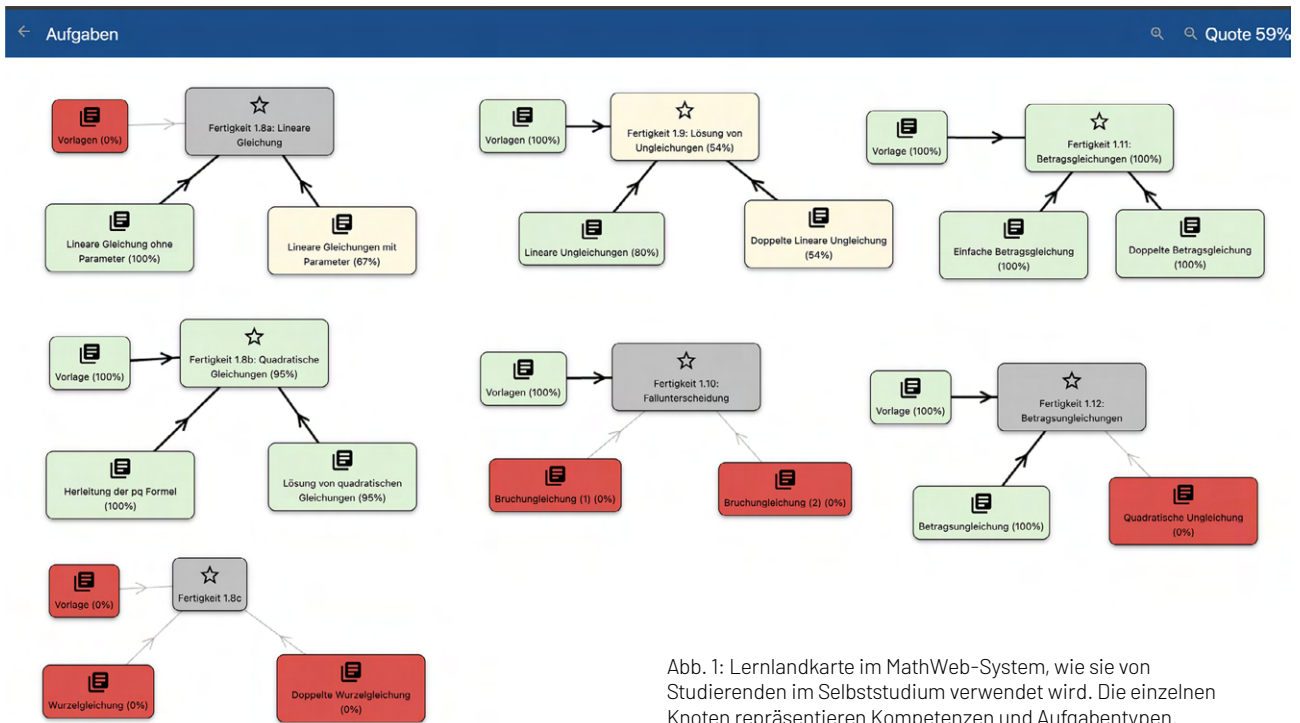


Abb. 1: Lernlandkarte im MathWeb-System, wie sie von Studierenden im Selbststudium verwendet wird. Die einzelnen Knoten repräsentieren Kompetenzen und Aufgabentypen.

in den Modulen Ingenieurmathematik I und II der Studiengänge Maschinenbau und Wirtschaftsingenieurwesen Maschinenbau. Es wird regelmäßig von rund 140 Studierenden des ersten Studienjahres genutzt.

Die Analyse der eingegebenen Rechenschritte ermöglicht die Identifikation typischer Fehlermuster und deren systematische Kategorisierung. Das eröffnet neue Perspektiven für die Gestaltung didaktischer Rückmeldungen: Statt lediglich richtig oder falsch zu unterscheiden, wie es gegenwärtig der Fall ist, sollen zukünftig gezielte Hinweise auf Denkwege gegeben werden – mit dem Ziel, das mathematische Verständnis nachhaltig zu fördern.

2. AUSGANGSLAGE

An der Hochschule Ruhr West bearbeiten rund 140 Studierende der ingenieurwissenschaftlichen Studiengänge Maschinenbau und Wirtschaftsingenieurwesen regelmäßig mathematische Übungsaufgaben. Diese Aufgaben sind über das MathWeb-System (Giebertmann & Frieze, 2016) in Lernlandkarten eingebunden und bilden einen zentralen Bestandteil der wöchentlichen Selbstlernphasen. Abbildung 1 zeigt exemplarisch eine Lernlandkarte aus studentischer Sicht.

MathWeb wird über die standardisierte LTI-Schnittstelle (Learning Tools Interoperability) in Lernmanagementsysteme wie Moodle oder ILIAS integriert. Dadurch lässt sich das System nahtlos in bestehende Kursstrukturen einbetten, ohne separate Benutzerkonten oder manuelle Verknüpfungen anlegen zu müssen. Durch den bewussten Verzicht auf rechenintensive Computeralgebrasysteme (CAS) und den Einsatz einer eigenen Bibliothek zur Umformungs- und Fehleranalyse ist eine hohe Skalierbarkeit bei gleichzeitig geringen Systemanforderungen gewährleistet (Giebertmann & Frieze, 2018).

Bislang kamen vor allem klassische Rechenaufgaben zum Einsatz, bei denen das Endergebnis oder definierte Zwischenschritte eingegeben werden müssen. Diese Aufgaben erlauben eine schnelle automatische Auswertung, sind jedoch wenig geeignet, um Denkprozesse der Studierenden nachvollziehbar zu machen.

Ein zentrales Problem: Aus einem korrekten oder falschen Endergebnis lässt sich kaum ableiten, an welcher Stelle des Lösungswegs ein Verständnisproblem oder eine Fehlvorstellung aufgetreten ist. Hinzu kommt, dass sich die Aufgabenstellungen von Woche zu Woche ändern. Dadurch entsteht keine konsistente Datengrundlage, aus der sich typische Fehlerquellen systematisch herausarbeiten lassen. Diese diagnostische Lücke ist der Ausgangspunkt für die Entwicklung eines Systems, das nun den gesamten Lösungsprozess in den Blick nimmt. Die Lösungswege der unterschiedlichen Aufgaben unterscheiden sich zwar im Detail, bestehen aber jeweils aus elementaren Einzelschritten. Diese Umformungen können damit auf Fehler hin untersucht werden.

3. DIGITALE PAPER & PENCIL-AUFGABEN

Klassische E-Assessment-Systeme im mathematischen Bereich konzentrieren sich meist auf die Bewertung von Endergebnissen. Bekannte Systeme wie STACK (Sangwin, 2004) und JACK (Schwinning et al., 2014) prüfen in der Regel nur das Endergebnis; der zugrunde liegende Lösungsweg bleibt weitgehend unberücksichtigt. Gerade bei komplexeren Aufgaben gestaltet sich eine Rückschlusslogik auf typische Denkfehler auf Basis des Endergebnisses schwierig bis unmöglich.

Die Paper & Pencil-Erweiterung des MathWeb-Systems setzt genau hier an. Sie erfordert die schrittweise Eingabe des vollständigen Lösungswegs. Jeder Zwischenschritt wird automatisch geprüft und muss mathematisch korrekt und nachvollziehbar sein. Damit wird die Transparenz des Denkprozesses deutlich erhöht (Giebertmann, 2023).

Didaktische Zielsetzung und Aufgabentypen

Ziel des Systems ist es, Studierende nicht nur zur korrekten Lösung zu führen, sondern sie zu einer formal sauberen und inhaltlich nachvollziehbaren Herleitung zu befähigen. Anders als bei klassischen digitalen Übungsformaten reicht ein korrektes Endergebnis allein nicht aus. Gefordert ist eine strukturierte Dokumentation in kleinen, überprüfbaren Einzelschritten – im Sinne einer argumentativen Beweisführung.

Jeder Rechenschritt muss logisch aus dem vorhergehenden ableitbar sein. Der gesamte Lösungsweg muss konsistent und korrekt sein. Fehlerhafte oder nicht nachvollziehbare Schritte führen dazu, dass die Aufgabe nicht als gelöst gilt – auch bei rechnerisch richtigem Endergebnis.

Lösen Sie die Gleichung

$$4 \ln(2 - 5a) - 2 = 2$$

schrittweise nach der Variablen a auf.

$$4 \ln(2 - 5a) - 2 = 2$$

$$\Leftrightarrow 4 \ln(2 - 5a) = 4$$

$$\Leftrightarrow \ln(2 - 5a) = 1$$

$$\Leftrightarrow 2 - 5a = e$$

$$\Leftrightarrow -5a = e - 2$$

$$\Leftrightarrow a = \frac{2 - e}{5}$$

Abb. 2: Beispiel einer korrekt gelösten Aufgabe im digitalen Paper & Pencil-System. Die handschriftlich eingegebenen Rechenschritte wurden automatisch interpretiert und validiert.

Das System unterscheidet dabei zwei zentrale Aufgabentypen:

- **Termumformungen:** Umformung mathematischer Ausdrücke, z. B. durch Ausmultiplizieren, Vereinfachen, Bruchrechnung oder Integration – ohne Gleichungslösung.
- **Deduktionsaufgaben:** Schrittweise Transformation mathematischer Aussagen, etwa zur Variablenisolation oder Beweisführung, ggf. mit Fallunterscheidungen oder Nebenbedingungen.

Technische Umsetzung

Für die Umsetzung des Paper & Pencil-Systems wurde eine zweidimensionale Eingabelogik entwickelt, die eine strukturierte Darstellung mathematischer Ausdrücke sowohl über Tastatureingabe als auch über Handschrift ermöglicht. Die

Eingabeoberfläche basiert auf einem rasterbasierten Layout, das eine räumlich korrekte Platzierung mathematischer Strukturen wie Exponenten, Indizes, Brüche und Wurzeln erlaubt – ähnlich wie auf kariertem Papier. Die vom Autor entwickelte handschriftliche Zeichenerkennung wird im Browser ausgeführt und ist somit plattformunabhängig und reagiert ohne Verzögerung auf die Eingaben. Abbildung 2 zeigt einen Ausschnitt einer bearbeiteten und korrigierten Aufgabe.

Jeder einzelne Rechenschritt wird durch ein regelbasiertes Korrektursystem geprüft, das gültige Umformungen erkennt und nicht nachvollziehbare Umformungen ablehnt. Dieser Ansatz erlaubt es, verschiedene Lösungswege für eine Aufgabe zu kontrollieren und zu akzeptieren. In der aktuellen Version wird der Studierenden, dem Studierenden allerdings nur angezeigt, dass ein Schritt gegebenenfalls nicht nachvollziehbar ist.

4. DATENERHEBUNG UND AUSWERTUNG STUDENTISCHER FEHLER

Ein wesentlicher Vorteil des Paper & Pencil-Systems gegenüber anderen Systemen liegt in der Möglichkeit, studentische Fehler systematisch zu erfassen und auszuwerten. Da bei jeder Aufgabe der vollständige Lösungsweg dokumentiert wird, lassen sich Fehler nicht nur auf das Endergebnis beziehen, sondern einzelnen Rechenschritten präzise zuordnen. Dadurch entsteht eine neue Grundlage für die Untersuchung typischer Fehlermuster.

Struktur der Datenerhebung

Die Erhebung erfolgt freiwillig. Studierende können der anonymisierten Speicherung fehlerhafter Lösungsversuche zustimmen. Wird ein Fehler erkannt und liegt eine Einwilligung vor, werden die folgenden Informationen vom MathWeb System gespeichert:

- die letzte korrekte Zeile vor dem Fehler,
- die fehlerhafte Eingabezeile,
- relevante Einschränkungen (z. B. Definitionsbereiche),
- der zugehörige Aufgabentyp (Termumformung oder Deduktionsaufgabe).

Durch diese strukturierte Erfassung ist es möglich, Fehler unabhängig von konkreten Aufgabenstellungen zu analysieren. Bislang wurden rund 122.000 Fehlerdatensätze gesammelt – davon etwa 30.000 im Bereich Termumformungen und 92.000 bei Deduktionsaufgaben. Aufgrund der klaren Struktur eignete sich der Bereich der Termumformungen besonders gut für eine erste systematische Auswertung.

Analyseverfahren und Fehlermuster

Zur Analyse wurde ein KI-gestütztes Verfahren eingesetzt. Die erfassten Eingaben wurden automatisiert in LaTeX-Notation überführt und anhand eines festen Fehlermusterskatalogs klassifiziert. Dieser umfasst typische algebraische Fehler, etwa bei Klammerumformungen, Vorzeichen, Bruchrechnung oder Potenzgesetzen. Für die Verarbeitung der Eingaben und die Vor-Klassifikation der Fehlermuster wird das Sprachmodell GPT-4o von OpenAI über deren API eingesetzt.

Ein Beispiel verdeutlicht die Grenzen der automatisierten Analyse:

Eingabe: $98 \cdot t + 10 \cdot w = 2 \cdot (49 \cdot t + 10 \cdot w)$

KI-Klassifikation: No error; correct factoring

Tatsächlich: Ein Rechenfehler, der vom System nicht korrekt erkannt wurde.

Fehler, die keiner Kategorie eindeutig zugewiesen werden konnten, wurden in die Sammelkategorie „99 – None of the above“ eingeordnet. Sie enthält sowohl seltene oder komplexe Fälle als auch systembedingte Fehlklassifikationen.

Übersicht über Fehlermuster bei Termumformungen

Die folgende Tabelle 1 zeigt die Fehlermuster, die im Rahmen der KI-gestützten Analyse bei Termumformungen identifiziert wurden ($n=30.012$):

Fehler-ID	Fehlermuster	Beschreibung	Beispiel	Anteil
1	Arithmetic Error	Fehlerhafte Berechnungen innerhalb eines Terms	$3 \cdot 4 = 11$	12,38 %
2	Sign Error	Fehler bei Vorzeichen	$-(a + b) = -a + b$	4,64 %
3	Parentheses Expansion Error	Fehler beim Ausmultiplizieren	$2(x + 3) = 2x + 3$	18,61 %
4	Factoring Error	Fehlerhafte Faktorisierung	$x^2 + 2x = (x + 1)^2$	4,34 %
5	Exponent Handling Error	Fehler bei Potenzgesetzen	$(x^2)^3 = x^5$	3,94 %
6	Fraction Simplification Error	Fehlerhafte Bruchumformung	$2x/4 = 2/x$	18,55 %
7	Square Root Handling Error	Fehler bei Wurzelumformung	$\sqrt{(x^2)} = x$	3,92 %
8	Logarithm Handling Error	Fehlerhafte Vereinfachung von Logarithmen	$\ln(ab) = \ln(a) + b$	1,45 %
9	Notation Mistake	Flüchtigkeitsfehler, z. B. falsche Buchstaben/Operatoren	$3a + 2p = 3a + 2P$	16,23 %
99	None of the above	Nicht zuordenbare oder systemisch falsch klassifizierte Fehler	$98t + 10w = 2(49t + 10w)$	15,95 %

Tab. 1: Ergebnisse der KI-basierten Analyse von Fehlermustern bei Termumformungen (n = 30.012). Die Tabelle zeigt typische Fehlermuster mit Beschreibung, Beispiel und Häufigkeit.

Interpretation der Ergebnisse

Die häufigsten Fehler traten bei der Klammerauflösung (18,61 %) und der Bruchrechnung (18,55 %) auf – zusammen über ein Drittel aller analysierten Fälle. Dies deutet auf zentrale Schwächen im Umgang mit grundlegenden algebraischen Regeln hin.

Auffällig ist auch der hohe Anteil an Notations- und Flüchtigkeitsfehlern (16,23 %), die häufig durch Unachtsamkeit oder technische Eingabeprobleme entstehen. Perspektivisch soll das System in der Lage sein, solche Fehler automatisiert zu erkennen und abzufangen.

Die Kategorie „None of the above“ macht knapp 16 % aller Fehler aus. Dies ist ein Hinweis darauf, dass trotz KI-Unterstützung manuelle Klassifikationen erforderlich bleiben.

Insgesamt zeigt die Auswertung, dass sich typische Fehlermuster erkennen und systematisch beschreiben lassen – ein zentraler Schritt hin zu einer datenbasierten Weiterentwicklung der mathematikdidaktischen Lehre.

5. FAZIT UND AUSBLICK

Das Paper & Pencil-System bietet eine differenzierte Möglichkeit, mathematische Lösungsprozesse nicht nur auf das Endergebnis hin zu analysieren, sondern auch den vollständigen Rechenweg der Studierenden einzubeziehen. Die Dokumentation und Auswertung der Zwischenschritte eröffnet Perspektiven für eine fundierte mathematikdidaktische Analyse und eine gezielte Weiterentwicklung von Rückmeldestrategien.

Die bisherigen Auswertungen zeigen, dass typische Fehlermuster erkannt und kategorisiert werden können. Gleichzeitig wird aber deutlich, dass die eingesetzten Analyseverfahren noch Optimierungspotenzial aufweisen.

Die gewonnenen Ergebnisse können für die Entwicklung eines Rückmeldungssystems genutzt werden, welches gezielt nach den oben gefundenen Fehlermustern sucht und den Studierenden entsprechende Hinweise gibt. Dieses System soll aber ohne Verwendung von Large Language Modellen auskommen.

Ein weiterer Entwicklungsschritt besteht darin, die Verfahren auf Herleitungs- und Beweisaufgaben auszuweiten, um auch hier Fehlerursachen systematisch erfassen zu können.

Langfristig soll das System in der Lage sein, individuelle Fehlermuster zu identifizieren und adaptive Unterstützung zu bieten. Ziel ist eine datenbasierte, differenzierte Lernbegleitung, die auf wiederkehrende Schwierigkeiten reagiert und zur Entwicklung mathematischer Kompetenzen beiträgt.

Literatur

Giebertmann, K. (2023). Digitale Paper & Pencil Aufgaben. In J. Härterich, M. Kallweit, K. Rolka & T. Skill (Hrsg.), Hanse-Kolloquium zur Hochschuldidaktik der Mathematik 2021: Beiträge zum gleichnamigen Online-Symposium am 12. November 2021 aus Bochum (S. 208–215). WTM-Verlag.

Giebertmann, K., & Friese, N. (2016). MathWeb – Interaktive Online-Demonstrationen und Aufgaben zur Ergänzung von Mathematikvorlesungen. In W. Paravicini et al. (Hrsg.), Hanse-Kolloquium zur Hochschuldidaktik der Mathematik 2015: Beiträge

zum gleichnamigen Symposium im November 2015 an der Universität Lübeck (S. 44–50). WTM-Verlag.

Giebertmann, K., & Friese, N. (2018). MathWeb – interaktives Lernen in Mathematikmodulen. *die hochschullehre*, 4, 361–376.

Sangwin, C. (2004). Assessing mathematics automatically using computer algebra and the internet. *Teaching Mathematics and its Applications*, 23(1), 1–14. <https://doi.org/10.1093/teamat/23.1.1>

Schwinning, N., Schypula, M., Striewe, M., & Goedicke, M. (2014, Juli). Concepts and realisations of flexible exercise design and feedback generation in an e-assessment system for mathematics. In Joint Proceedings of the MathUI, OpenMath and TheEdU Workshops and Work in Progress track at CICM.

Angaben zu den Autoren

Klaus Giebertmann

Studium der Mathematik mit anschließender Promotion an der Universität Karlsruhe (TH). Seit 2013 Professor für Angewandte Mathematik an der Hochschule Ruhr West. Forschungsschwerpunkte sind die Entwicklung und der Einsatz digitaler Tools in der Hochschullehre.

Imran Chamieh

Studium der Angewandten Mathematik mit Masterabschluss an der Technischen Universität Kaiserslautern. Seit 2021 Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Hochschule Ruhr West. Promoviert in Kooperation mit der FernUniversität in Hagen zum Einsatz von generativer KI in der Hochschulbildung.

SEMESTERBEGLEITENDES LERNEN UND PRÜFEN MIT DIGITALEN AUFGABEN IN DER MATHEMATIK

Karin Landenfeld, Jonas Priebe, Niels Gandraß
Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

ZUSAMMENFASSUNG

In diesem Beitrag werden digitale Übungsaufgaben und digitale Prüfungen als ein zukunftsorientiertes Lehr-Lernszenario vorgestellt. Die Möglichkeiten digitaler Übungsaufgaben generell und im speziellen mit STACK (Sangwin, 2013) werden aufgezeigt und diskutiert. Insbesondere werden das Konzept und die Durchführung einer digitalen semesterbegleitenden Prüfung für die Ingenieur-Mathematik mit drei Komponenten im Sommersemester 2024 vorgestellt. Die Ergebnisse sowie eine Befragung der Studierenden zu dieser Prüfungsform werden dargestellt und analysiert.

Keywords: Digitale Aufgaben, digitale Prüfungen, E-Assessment, Mathematik, STACK

1. EINLEITUNG UND MOTIVATION

In zukunftsorientierten Hochschulen spielt die Digitalisierung in allen Bereichen eine wichtige Rolle – Ausbildung für Digitalisierung bedeutet auch Ausbildung mit Digitalisierung. Im Bereich der Lehre sind vorlesungsbegleitende digitale Materialien wichtige Komponenten zum Lernen. Digitale Prüfungen runden ein digital gestütztes Lehr- und Lernkonzept passend ab. Belflower et al. (2025) nennen digitale kompetenzorientierte Prüfungen sogar als zentralen Bestandteil moderner Bildungskonzepte. Sie beschreiben als eines ihrer Ergebnisse: „Der Umstieg auf digitale Prüfungen bringt zwar Herausforderungen mit sich, eröffnet jedoch zugleich wertvolle Chancen und neue Gestaltungsmöglichkeiten [...]“. Die Kultusministerkonferenz (2021) betont in ihrer Veröffentlichung „Lehren und Lernen in der digitalen Welt“, dass sich die in schulischer Verantwortung stehende Prüfungskultur mit ihren Formaten und Bewertungsweisen unter Beachtung des Constructive Alignments von Lern- und Prüfungskultur weiterentwickeln muss.

Diese Weiterentwicklung sollte gleichermaßen an den Hochschulen vorangetrieben werden. Mit der Digitalisierung werden neue Prüfungsformate möglich, die es zu entwickeln und zu nutzen gilt, so dass Studierende und Lehrende davon profitieren.

Die Grundlage für den Einsatz digitaler Prüfungen bildet die Verwendung digitaler Übungsaufgaben während des Semesters, damit den Studierenden die Art der Fragestellungen und die Handhabung der Eingaben für die Prüfung geläufig wird.



Abb. 1: Zusammenwirken digitaler Übungsaufgaben und digitaler Prüfungen

Automatisiert ausgewertete digitale Übungsaufgaben können den Studierenden zudem jederzeit unmittelbare Rückmeldungen zu ihrem Lernstand geben und bieten ihnen Chancen, ihr Lernen individuell zu gestalten. Lehrende können durch die Möglichkeit einer automatisierten Auswertung bei digitalen Prüfungen profitieren, da eine Korrektur schneller nach einheitlich festgesetzten Bewertungsregeln durchgeführt werden kann. Das Zusammenwirken digitaler Aufgaben und digitaler Prüfungen ist in Abb. 1 veranschaulicht.

In diesem Beitrag werden die Möglichkeiten digitaler Übungsaufgaben insbesondere auch mit Moodle und STACK vorgestellt, digitale Prüfungsszenarien diskutiert und die Erprobung einer digitalen semesterbegleitenden Prüfung in der Mathematik vorgestellt.

2. DIGITALE ÜBUNGS- UND PRÜFUNGSAUFGABEN

Digitale Übungsaufgaben können eine hilfreiche vorlesungsbegleitende Ergänzung für Mathematik-Veranstaltungen darstellen. Sie können den Lern- und Verstehensprozess der Studierenden unterstützen und zum Lernen motivieren. Sie

ermöglichen ein individuelles, zeitlich flexibles Lernen und werden insbesondere durch ein sofortiges Feedback automatisiert ausgewerteter digitaler Übungsaufgaben den heterogenen Bedarfen der Studierenden gerecht. Damit die Studierenden diese Möglichkeit auch nutzen, ist es zum einen wichtig, dass die Lehrenden die digitalen Übungsaufgaben in ihr didaktisches Konzept einbinden. Zum anderen fördert eine motivierende Gestaltung der Übungsaufgaben und Übungstests mit einer Verwendung verschiedener Aufgabentypen die Akzeptanz und Nutzungshäufigkeit. Eine Integration von Lernhinweisen und einer Musterlösung können je nach didaktischem Konzept beim Lernen unterstützen.

An der HAW Hamburg werden digitale Mathematik-Aufgaben in einem Moodle-Lernmanagementsystem (LMS) mit der Erweiterung STACK (System for Teaching and Assessment using a Computer Algebra Kernel) (Sangwin, 2013)) entwickelt und eingesetzt. Moodle selbst bringt bereits eine Vielzahl an Fragetypen mit. Hiermit kann jedoch nur ein Bruchteil mathematischer Kompetenzen auf verschiedenen Lernzielstufen hinreichend geübt und geprüft werden, so dass die Erweiterung mit STACK wichtige zusätzliche Funktionalitäten bereitstellt:

- Die Eingabe und automatisierte Bewertung mathematischer Ausdrücke und Formeln ist für die Mathematik unerlässlich. Dieses wird mit STACK über die Anbindung des Computer-Algebra-Systems Maxima ermöglicht.
- Die Verwendung von graphischen Visualisierungen und Eingaben können ein graphisches Verständnis der Zusammenhänge fördern und prüfen. In STACK wird dieses über die Integration von JSXGraph oder Geogebra realisiert.
- Durch eine Individualisierung von Aufgaben mit zufallsgesteuerten Elementen kann den Studierenden ein mehrfaches individuelles Üben mit der gleichen Aufgabe ermöglicht werden. In digitalen Prüfungen wird durch die Randomisierung erreicht, dass die Studierenden die gleiche Aufgabe, aber mit unterschiedlichen Zahlenwerten erhalten. Durch die Implementation von Antwortbäumen können in STACK typische Fehler von Studierenden abgebildet werden. Die Studierenden erhalten hierdurch ein individuell differenziertes Feedback und Hinweise auf Fehlvorstellungen (Beispiel siehe Abb. 2).
- Für digitale Prüfungen mit automatisierter Auswertung ist die Möglichkeit der Folgefehlerprüfung und die Vergabe von Teilpunkten ein sehr nützliches Element. STACK ermöglicht dies über die Verknüpfung von Eingabefeldern zu mehreren Antwortbäumen (Beispiel siehe Abb. 2).

3. VERSCHIEDENE SZENARIEN DIGITALER PRÜFUNGEN

Bei einer Einbettung digitaler Übungsaufgaben in das Lehr-Lernkonzept können die erlernten mathematischen Fertigkeiten und Kompetenzen passend über ein digitales Szenario

geprüft werden. In Belflower et al. (2025) werden sechs verschiedene digitale Prüfungsszenarien, die in verschiedenen Fächerkulturen (u. a. Ingenieurpsychologie, Unternehmenskommunikation, Projektmanagement) zum Einsatz kamen, vorgestellt und von Studierenden und Lehrenden bewertet. Als Prüfungssysteme werden u. a. Mahara (E-Portfolio-System), Moodle und EXaHM (Hochschule München, abgesicherte Prüfungsumgebung für Drittapplikationen) genutzt.

An der HAW Hamburg werden seit 2016 verschiedene digitale Prüfungsszenarien erprobt. Digitale Zwischentests werden als Prüfungsvorleistung eingesetzt. Für einen ersten Einstieg in digitale Prüfungen wurde eine Kombination von digitalen und handschriftlichen Aufgaben erprobt. Aktuell werden rein digitale Semester-Abschlussprüfungen in verschiedenen Fächern durchgeführt. In diesem Artikel werden die Ergebnisse eines vierten Szenarios, einer digitalen semesterbegleitenden Prüfung in der Ingenieur-Mathematik vorgestellt. Die digitalen Prüfungen finden als Präsenzprüfungen in den PC-Pools mit einer eigens entwickelten abgesicherten Prüfungsumgebung Examuntu (Gandraß et al., 2021) statt.

Um faire Prüfungen zu gewährleisten, sollte die Prüfungsumgebung folgenden Anforderungen genügen:

- Die Software muss von allen gut beherrscht werden.
- Die Prüfungsumgebung muss für alle identisch sein.
- Die Software muss (server- und clientseitig) performant funktionieren.
- Die Software muss sicherstellen, dass nur die erlaubten digitalen Materialien verwendet werden können.

An der HAW Hamburg wird dieses wie folgt realisiert:

- In den digitalen Prüfungen wird die gleiche Software eingesetzt wie bei den semesterbegleitend eingesetzten Übungsaufgaben.

Gegeben sind die Basislösungen einer linearen, homogenen DGL 2. Ordnung mit konstanten Koeffizienten.

$$y_1(x) = \cos(6 \cdot x)$$

$$y_2(x) = \sin(6 \cdot x)$$

1. Welche Lösungen der charakteristischen Gleichung können Sie an den Basislösungen erkennen?

$$\lambda_1 = 4j, \quad \lambda_2 = -4j$$

✓ **Richtige Antwort, gut gemacht!**

Beide Nullstellen sind richtig.

2. Wie lautet dann die konkrete charakteristische Gleichung der DGL?

Hinweis: Geben Sie λ als **lambda** ein.

$$\text{lambda}^2 + 4 = 0$$

Ihre letzte Antwort wurde folgendermaßen interpretiert:
 $\lambda^2 + 4$

✗ **Ihre Antwort ist leider falsch.**

Die charakteristische Gleichung ist nicht richtig.

3. Bitte geben Sie nun die zugehörige Differentialgleichung an

$$y'' + 0 y' + 4 y = 0$$

○ **Ihre Antwort ist teilweise korrekt.**

Der Parameter $a_1 = 0$ entspricht der Musterlösung. Folgefehler: Mit Ihrer (falschen) Antwort für die charakteristische Gleichung ist der Parameter a_0 korrekt. Die rechte Seite der DGL ist korrekt.

Implementierte Feedbacktexte für das dritte Eingabefeld, abhängig von der erfolgten Eingabe:

- Die charakteristische Gleichung ist richtig.
- Folgefehler: Mit Ihren (falschen) Werten für λ_1, λ_2 ist die charakteristische Gleichung aber richtig.
- In der charakteristischen Gleichung ist ein Vorzeichenfehler.
- Folgefehler: Mit Ihren (falschen) Werten für λ_1, λ_2 ist die charakteristische Gleichung bis auf einen Vorzeichenfehler richtig.
- Die charakteristische Gleichung ist nicht richtig.
- Die charakteristische Gleichung passt nicht zu Ihren angegebenen Werten für λ_1, λ_2 .

Gegeben ist die DGL

$$4y'' - 4y' - 8y = \cos(x)$$

STACK Frage Dashboard

(1) Geben Sie zunächst die Lösungen der charakteristischen Gleichung an:

$$\lambda_1 = \text{ }, \quad \lambda_2 = \text{ }$$

(2) Wie lauten die Basislösungen des Fundamentalsystems?

$$y_1(x) = \text{ }$$

$$y_2(x) = \text{ }$$

(3) Geben Sie die allgemeine Lösung der homogenen DGL an. Bitte benennen Sie die reellen Konstanten mit C und D .

$$y_h(x) = \text{ }$$

(4) Bestimmen Sie eine partikuläre Lösung der inhomogenen DGL.

Verwenden Sie als Ansatz: $y_p(x) = a \cdot \sin(x) + b \cdot \cos(x)$

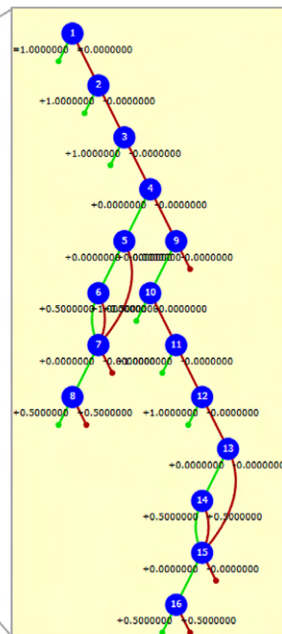
$$y_p(x) = \text{ }$$

(5) Dann ist die allgemeine Lösung der inhomogenen DGL:

$$y(x) = \text{ }$$

Hinweis: Bitte geben Sie die konkrete Lösungsfunktion ein!

Prüfen



Implementierter Feedbackbaum für die Eingabefelder 3 und 4

unter Berücksichtigung der Eingaben in den Eingabefeldern 1 und 2 in Hinblick auf eine Folgefehlerbetrachtung und Vergabe von Teilpunkten im Rahmen einer Prüfung

Abb. 2: Beispiele digitaler Aufgaben: a) Übungsaufgabe mit Angabe einer Auswahl von Feedbacktexten, b) Prüfungsaufgabe mit Darstellung eines Antwortbaums

- Für die Prüfung wird eine separate Moodle-Instanz verwendet, um die Prüfung von den Semesterinhalten zu trennen.
- Die abgesicherte Prüfungsumgebung Examuntu stellt sicher, dass keine oder nur eine selektive Internetnutzung an den Rechnern möglich ist, Rechnerfunktionalitäten deaktiviert sind und kein Zugriff auf lokale Dateien möglich ist.
- Examuntu wird zentral bereitgestellt, so dass die gleiche Prüfung verteilt in mehreren Räumen und Gebäuden mit bis zu 400 Studierenden abgesichert durchgeführt werden kann.
- Es werden separate Prüfungsaaccounts direkt in der Prüfung vergeben, damit kein unerlaubtes Einloggen möglich ist.
- Eine Prüfungsaufsicht ist wie bei einer Papierprüfung in jedem Raum notwendig.

4. ERPROBUNG EINER DIGITALEN SEMESTER-BEGLEITENDEN MATHEMATIK-PRÜFUNG

Durchführung

Eine digitale semesterbegleitende Prüfung mit drei Komponenten wurde im Sommersemester (SoSe) 2024 innerhalb einer „Mathematik 2“-Veranstaltung im Studiengang „Regenerative Energiesysteme und Energiemanagement“ an der HAW Hamburg erprobt. An der Prüfung mit allen drei semesterbegleitenden Prüfungskomponenten nahmen 20 Studierende teil. 2 Studierende absolvierten nur die erste Komponente und beendeten die Portfolioprüfung nicht.

Die Veranstaltung Mathematik 2 fand wöchentlich an zwei Terminen mit jeweils 180 Minuten als seminaristischer Unterricht statt, d. h. klassische Vorlesungsanteile kombiniert mit Übungsanteilen, in denen die Studierenden selbst

Paper-Pencil-Beispielaufgaben rechnen. Nach jeder Veranstaltung wurden passende digitale Übungsaufgaben zur freiwilligen Verwendung über das Moodle-LMS bereitgestellt.

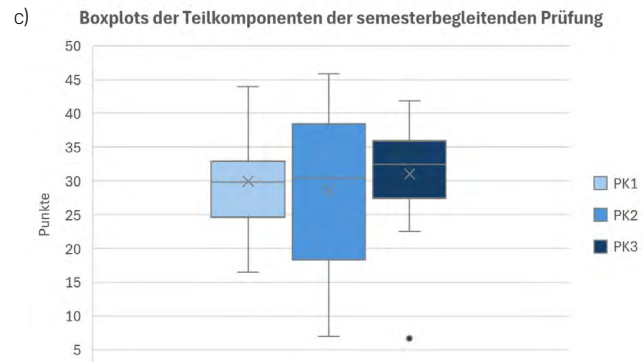
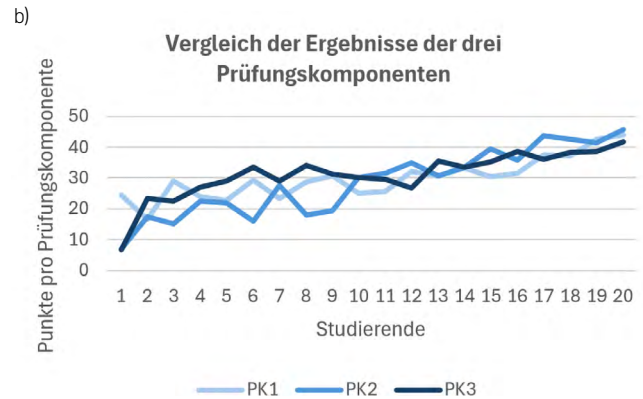
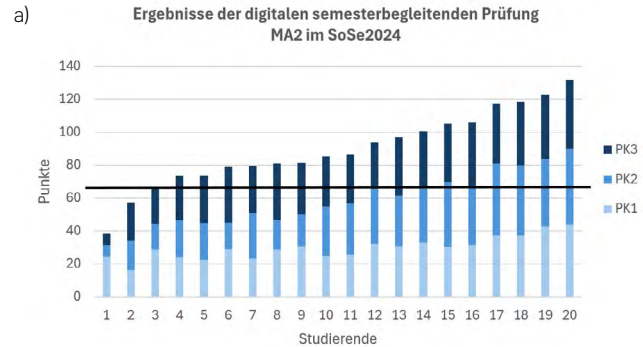
Die Komponenten der Prüfung fanden an drei Terminen während des Semesters im Abstand von je vier bis fünf Wochen statt und wurden jeweils in Präsenz im abgesicherten PC-Pool der HAW Hamburg durchgeführt. In jeder Komponente wurden die Lerninhalte abgeprüft, die innerhalb des Zeitraums vor der Prüfung in den Veranstaltungen behandelt wurden.

In jeder Komponente konnte ein Drittel der Gesamtpunkte der Prüfung gesammelt werden. Die Gesamtpunktzahl der Prüfung betrug 150 Punkte, wobei durch einen Überhang von 10 % die maximale Punktzahl für die Notenermittlung 135 Punkte betrug. Die Hälfte der Punkte (67,5 Punkte) waren für das Bestehen der Prüfung notwendig.

Ergebnisse der Prüfung und Interpretation

In Abb. 3a sind die Ergebnisse dieser semesterbegleitenden digitalen Prüfung mit ihren drei Komponenten dargestellt. 20 Studierende nahmen an allen Komponenten teil, davon bestanden 18 Studierende, also 90 %, die Prüfung. Dieses ist ein gutes Ergebnis, vergleichbar zu den Ergebnissen in den vorherigen Semestern (SoSe 2023 mit 87,5 %, SoSe 2022 mit 76 %). In Abb. 3b sind die Einzelergebnisse in den Prüfungskomponenten dargestellt. So ist beim Vergleich der Komponente 1 (PK1) mit der Komponente 2 (PK2) zu erkennen, dass die leistungstärkeren Studierenden in PK2 höhere Ergebnisse als in PK1 erzielten, die leistungsschwächeren Studierenden eher niedrigere Ergebnisse. Die größere Leistungsbreite der PK2 zeigt sich auch in Abbildung 3c (Boxplots der Teilkomponenten). Im Vergleich der Prüfungskomponente 2 (PK2) mit Prüfungskomponente 3 (PK3)

Abb. 3: Studentische Prüfungsergebnisse in der semesterbegleitenden digitalen Prüfung mit den Prüfungskomponenten PK1, PK2, PK3 in Mathematik 2 im Sommersemester 2024 aufgetragen für alle 20 teilnehmenden Studierenden



erzielen die schwächeren Studierenden in der Prüfungskomponente 3 eher bessere Ergebnisse, welches auf eine höhere extrinsische Motivation für die Vorbereitung auf die 3. Prüfungskomponente hindeutet, um die Gesamtprüfung zu bestehen.

a) Gesamtprüfungsergebnisse der einzelnen Studierenden als Summation ihrer Ergebnisse in den Prüfungskomponenten PK1, PK2, PK3

b) Vergleich der Ergebnisse zwischen den einzelnen Prüfungskomponenten PK1, PK2, PK3 (erreichte Punkte von jeweils max. 50)

c) Boxplots der drei Prüfungskomponenten PK1, PK2, PK3 (erreichte Punkte von jeweils max. 50)

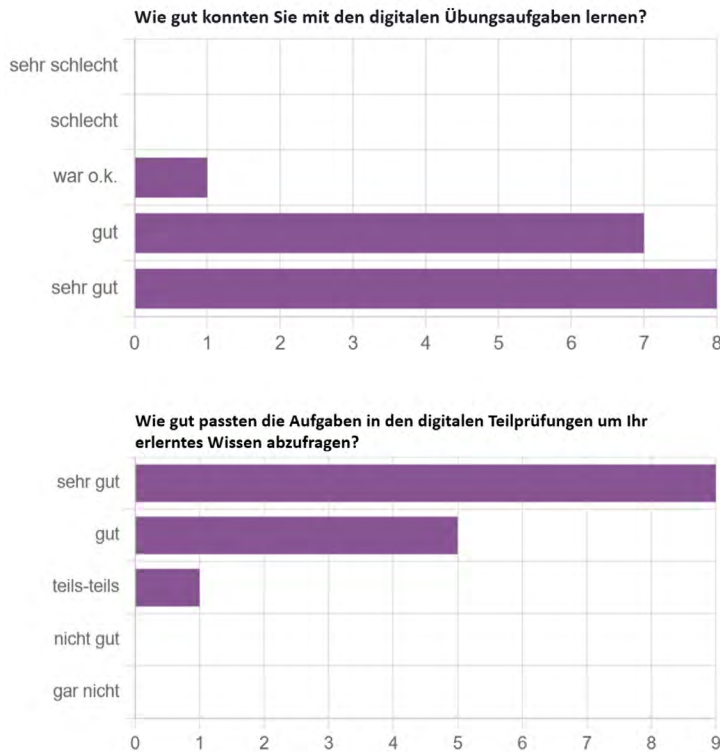


Abb. 4: Evaluation zur semesterbegleitenden digitalen Prüfung Mathematik 2 im SoSe 2024

Studentische Befragung

Direkt am Ende des Semesters wurden die Studierenden zum Einsatz der digitalen Übungsaufgaben sowie zur semesterbegleitenden digitalen Prüfung über die Moodle-Feedback-Aktivität anonym befragt. Die Evaluation beinhaltete 16 geschlossene und 20 offene Fragen. Insgesamt haben 16 Studierende an der Evaluation teilgenommen. Für 94% stellen digitale Übungsaufgaben eine gute bis sehr gute Lernmöglichkeit für die Mathematik 2-Veranstaltung dar (vgl. Abb. 4). Ebenso nennen 15 von 16 Studierenden, dass die digitalen Prüfungskomponenten gut bis sehr gut geeignet waren, um das in der Veranstaltung erlernte Wissen zu überprüfen.

Alle 16 Studierenden würden bei vorhandener Wahlmöglichkeit wieder eine digitale Prüfung mit semesterbegleitenden Prüfungskomponenten anstelle einer Gesamtprüfung am Ende des Semesters wählen. Als Begründung sind nachfolgend exemplarisch einige Antworten auf die Freitextfrage „Begründen Sie die Wahl der Prüfungsform ‘semesterbegleitende Prüfung’ mit drei Teilkomponenten“ wiedergegeben:

- „Durch 3 Teilprüfungen lernt man das ganze Semester. [...] Weiterhin ist die Prüfungsphase am Ende des Semesters ein bisschen entspannter.“
- „Da direkt im Anschluss an die Vorlesungsblöcke die Teilprüfung geschrieben wurde, war der Stoff noch frischer.“
- „Der Stoff bleibt besser hängen, da man sich vernünftiger auf jeden Themenblock vorbereiten kann.“

Als Nachteile der semesterbegleitenden digitalen Prüfung wurden von den Studierenden im Wesentlichen die folgenden zwei Punkte genannt:

- „... Ein kleiner Nachteil ist, dass es durch die nebenbei laufenden Praktika stressiger wurde.“
- „Etwas wenig Motivation, wenn man schon durch war, vom Ergebnis“

Bewertung und Fazit

Aus der studentischen Befragung und informellen Gesprächen ergaben sich folgende Vorteile und Herausforderungen für die Studierenden:

- Die Studierenden bekommen bereits früh im Semester ein Feedback zu ihrem Verständnis der Lerninhalte und ihrem Lernverhalten.
- Die semesterbegleitende Prüfung unterstützt das Zeitmanagement und die Lernorganisation der Studierenden.
- Durch die semesterbegleitende Prüfung wird die Prüfungsphase am Ende des Semesters entlastet.
- Die Studierenden müssen bereits während des Semesters Zeit für die Prüfungsvorbereitung aufwenden, die ggfs. für die Vor- und Nachbereitung anderer Vorlesungen und Praktika benötigt wird.

Folgende Vorteile und Herausforderungen ergaben sich für die Lehrperson der betrachteten Lehrveranstaltung:

- Die Lehrperson bekommt frühzeitiges Feedback über den Leistungsstand der Studierenden.
- Durch das semesterbegleitende Lernen in der Mathematik, profitieren auch andere Lehrveranstaltungen, da die Studierenden die Mathematikinhalte bereits im Semester in den

Anwendungsfächern kompetenter anwenden können. Zugleich sehen die Studierenden den Anwendungsbezug der Mathematik.

- Die Lehrenden müssen bereits während des Semesters Zeit für die Vorbereitung der Prüfungskomponenten und die Korrektur aufwenden. Durch die digitale Durchführungsform mit automatischer Korrektur ist der Zeitaufwand jedoch überschaubar, wenn gut ausgearbeitete Aufgaben vorhanden sind.

5. ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

In diesem Beitrag werden die Möglichkeiten digitaler Aufgaben vorgestellt, zum einen als vorlesungsbegleitende Lernmöglichkeit für Studierende und zum anderen im Rahmen digitaler Prüfungen.

Es wird das Potential aufgezeigt, das digitale Aufgaben und Prüfungen für die Weiterentwicklung der Lehre haben. Digitale Aufgaben erweitern die individuellen Lernmöglichkeiten, um heterogenen Lebens-, Studier- und Arbeitsbedingungen gerecht zu werden. Digitale Prüfungen können, wie an der semesterbegleitenden Prüfung in der Mathematik 2 in diesem Beitrag dargestellt, die Prüfungssituation entlasten.

Eine Weiterentwicklung digitaler Prüfungsszenarien kann die zukunftsorientierte Nutzung der Digitalisierung in der Lehre stärken. Prüfungssituationen können für die Studierenden verbessert werden, z. B. durch zeitlich flexible, individualisierte, digitale Prüfungen. Damit digitale Übungsaufgaben und digitale Prüfungen eine breitere Verwendung in der Hochschullehre finden, ist eine Zusammenarbeit der Lehrenden und der Hochschulen notwendig, um Ressourcen z. B. zur Entwicklung digitaler Aufgaben zu bündeln.

Literatur

Belflower, A., Häfner, T., Jostock, L., & Tobor, J. (2025). Good Practices: Digitale kompetenzorientierte Prüfungen. Berlin: Hochschulforum Digitalisierung. https://hochschulforumdigitalisierung.de/wp-content/uploads/2025/02/Blickpunkt_digitale_kompetenzorientierte_pruefungen.pdf

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: challenging, enlightening – and lasting? (S. 847-854). SEFI. <https://www.sefi.be/wp-content/uploads/2021/12/SEFI-Annual-Conference-2021-Blended-Learning-in-Engineering-Education.pdf>

GeoGebra [Software]. (o.J.). Abgerufen am 12. Juni 2025 von <https://www.geogebra.org/>

JSXGraph [Software]. (o.J.). Abgerufen am 12. Juni 2025 von <https://jsxgraph.uni-bayreuth.de/>

Kultusministerkonferenz (2021). Lehren und Lernen in der digitalen Welt. Ergänzung zur Strategie der Kultusministerkonferenz „Bildung in der digitalen Welt“. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2021/2021_12_09-Lehren-und-Lernen-Digi.pdf

Landenfeld, K., Priebe J., & Gandraß, N. (2021): Digitale Aufgaben und Prüfungen in Mathematik – ein Erfahrungsbericht. In Liu-Henke, X., & Durak, U. (2021), Tagungsband Virtueller ASIM Workshop 2021 Simulation Technischer Systeme / Grundlagen und Methoden in Modellbildung und Simulation & Edukation und Simulation. ARGESIM Publisher. https://www.cea-wismar.de/asim2021/tagungsband/data/ASIM_WS_2021_paper_27.pdf

Sangwin, C. J. (2013). Computer Aided Assessment of Mathematics. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199660353.001.0001>

Angaben zur Autorin und zu den Autoren

Karin Landenfeld

Studium der Mathematik, Diplom an der Universität Hamburg, Promotion zum Dr.-Ing. an der Technischen Universität Hamburg-Harburg, seit 2004 Professorin für Mathematik und Softwareentwicklung an der HAW Hamburg, seit 2011 Leitung des Bereichs E-Learning an der Fakultät Technik und Informatik

Jonas Priebe

Studium der Physik, Diplom an der Universität Hamburg, 2009-2012 Lehrbeauftragter für Physik an der HAW Hamburg, seit 2011 wissenschaftlicher Mitarbeiter im Bereich E-Learning an der HAW Hamburg

Niels Gandraß

Studium der Technischen Informatik, Master an der HAW Hamburg, seit 2022 wissenschaftlicher Mitarbeiter im Bereich E-Learning an der HAW Hamburg

DIGITAL PRÜFEN IN DEN MINT-FÄCHERN: DIGITALISIERTE LEISTUNGSBEURTEILUNG MIT DEM LERNMANAGEMENTSYSTEM MOODLE

Ludwig Gierstl, Karima Zauner, Pierre Kröseler; Hochschule München

ZUSAMMENFASSUNG

Dieser Beitrag der Hochschule München stellt die verschiedenen digitalen Prüfungsformate vor, die durch das Lernmanagementsystem Moodle abgedeckt werden, und erläutert deren Einsatzmöglichkeiten in ausgewählten MINT-Fächern. Dabei werden vor allem die technischen Möglichkeiten des digitalen Prüfens mit Moodle dargestellt und mit Anwendungsbeispielen veranschaulicht. Darüber hinaus werden auch einige ausgewählte Aspekte der Bewertung digitaler Prüfungen in Moodle sowie deren rechtliche Rahmenbedingungen erörtert.

Keywords: Digitales Prüfen, Moodle, Kompetenzorientierung, Constructive Alignment

1. DIGITALE PRÜFUNGEN MIT MOODLE

Die Digitalisierung von Prüfungsformaten mit dem Lernmanagementsystem Moodle bietet sowohl für Prüfende als auch für Studierende vielfältige Vorzüge. Bevor diese im Folgenden anhand von konkreten Anwendungsbeispielen verdeutlicht werden, sollen einige grundlegende Gedanken zur Digitalisierung von Hochschulprüfungen in den MINT-Fächern vorangestellt werden:

Im Vergleich zu klassischen Papierprüfungen erfordern digitale Prüfungsformate eine intensivere Vorbereitung, sowohl von Seiten der Lehrenden als auch von Seiten der Studierenden. Nach Barber et al. (2021) ist im Rahmen der Planung digitaler Prüfungsformate auch auf eine grundsätzlich digitale Ausrichtung auf curricularer Ebene zu achten. Digitales Prüfen in den MINT-Fächern setzt also auch Digitalisierung in der Lehre voraus.

Die Umgestaltung von Lehre und Lehrmaterialien im Zuge der Digitalisierung darf sich dabei jedoch nicht nur auf das jeweilige Medium beschränken, sondern setzt außerdem eine Neuausrichtung auf didaktischer Ebene voraus. Dies wird auch durch das Constructive Alignment (Biggs, 1996) gestützt, nach welchem Lernziel, Lehrmethode und Prüfungsformat aufeinander abgestimmt sein sollten.

Aus verschiedener Perspektive erkennen sowohl Studierende unterschiedlicher Fachrichtungen als auch Lehrende Vorteile bei digitalen Prüfungen. In einer Befragung von

Roberts und Berry (2023) benennen Studierende verschiedener MINT-Fächer digitale Prüfungen als positiven Faktor für ihre Arbeitsmarktfähigkeit. Auch Lehrende beschreiben z. B. die Gewährleistung von Chancengleichheit oder die automatisierte Auswertung bei bestimmten Fragetypen als positive Auswirkung.

Zur Erstellung und Durchführung digitaler Prüfungen bietet sich die Nutzung des Lernmanagementsystems Moodle an, da hier Lern- und Prüfungsinhalte aufeinander abgestimmt werden können. Der E-Test mit automatisch auswertbaren Aufgaben stellt daher auch eines der am häufigsten genutzten Prüfungsformate an Hochschulen für angewandte Wissenschaften dar (Kreulich et al., 2021).

Für die MINT-Fächer erweist sich die Aktivität "Test" in Moodle als eine Möglichkeit, die sowohl für Lehrende als auch für Studierende Vorteile mit sich bringt. Neben dem Vorteil der automatischen Auswertung, unterstützt die Verzahnung von Lehre und Prüfen in Moodle außerdem dabei, Studierende bestmöglich auf eine digitale Prüfung vorzubereiten. Diese Verzahnung wird durch Moodle als LMS auch technologisch unterstützt, da Studierende automatisiert von der Lern- auf die Prüfungsplattform geleitet werden können. Dies erfordert vorherige Auseinandersetzung mit Moodle als Lernplattform, was bei erfolgreicher Verankerung in der Lehre zudem zu einem Zuwachs technischer Kompetenzen der Studierenden führt (Roberts & Berry, 2023).

An der Hochschule München wurden von Sommersemester 2022 bis einschließlich Wintersemester 2024/25 insgesamt 246 digitale Prüfungen mit Moodle und dem Safe Exam Browser durchgeführt, an denen mehr als 15.000 Studierende beteiligt waren. Insbesondere für Fächer mit Anforderungen im Bereich Programmierung, Mathematik sowie in verwandten Fächern

konnten in diesen Bereichen Kompetenzen geprüft werden, die in Paper-Pencil-Prüfungen so nicht abgeprüft werden können. Dabei wurden die Erfahrungen mit dem digitalen Prüfungsformat sowohl von Seiten der Studierenden als auch von Seiten der Lehrenden weit überwiegend positiv beurteilt.

Insgesamt zeigen die Anforderungen an Lehre und Prüfungen fachspezifische Unterschiede. Im Folgenden werden ausgewählte digitale MINT-Prüfungsformate in Moodle vorgestellt und Einsatzmöglichkeiten anhand von drei Beispielen aus den Bereichen Mathematik, Chemie und Programmierung beschrieben. Anschließend wird die automatisierte Bewertung von MINT-Prüfungsfragen in Moodle exemplarisch dargestellt und auf ausgewählte rechtliche Aspekte eingegangen.

2. EINSATZMÖGLICHKEITEN VON MOODLE-PRÜFUNGSFORMATEN IN DEN MINT-FÄCHERN

Mathematikprüfungen mit WIRIS und MathType

Moodle bietet für Mathematikprüfungen verschiedene Möglichkeiten zur Darstellung mathematischer Inhalte mittels einer Vielzahl an Plugins. Beispielsweise können Nutzende beim Aufgabentyp WIRIS ihre Antworten als Auswahl von Formeln oder als Freihandeingabe tätigen (Schäfer und Donner, 2025). Ein Beispiel für solch eine WIRIS-Testfrage ist in Abb. 1 dargestellt.

WIRIS überprüft die Eingabe automatisiert auf syntaktische Korrektheit und analysiert sie in Bezug auf den angedachten mathematischen Ausdruck. Durch WIRIS ist eine Differenzierung und Individualisierung der Prüfungsfragen möglich. Eine beispielhafte Anwendung einer WIRIS-Testfrage wird im

WIRIS-Testfrage Version 1 (neueste)

Frage 1
 Bisher nicht
 beantwortet
 Erreichbare
 Punkte: 1,00

Was ist die Summe von $\frac{5}{8}$ und $\sqrt[2]{34}$ auf 3 Kommastellen gerundet?

Antwort:

$\frac{\square}{\square}$
 $\square^\square$
 $\sqrt{\square}$
 $\sqrt[\square]{\square}$
 $(\square)$
 $(\square\square)$
 $\div$
 π
 α
 $\rightarrow$
 $\leftarrow$
?

Abb. 1: Freihandeingabe mathematischer Formeln mit WIRIS und MathType

WIRIS-Testfrage Version 1 (neueste)

Frage 1
 Bisher nicht
 beantwortet
 Erreichbare
 Punkte: 1,00

Was ist die Summe von $\frac{5}{8}$ und $\sqrt[2]{34}$ auf 3 Kommastellen gerundet?

Antwort:

$\leftarrow$
 $\rightarrow$
 $\times$
?

Abb. 2: Automatische Konvertierung der Freihandeingabe in maschinenlesbares Format

Folgenden dargestellt. Durch die Auswahl von Formeln oder durch die Nutzung der Freihandeingabe, ist es Nutzenden möglich, Eingaben zu tätigen.

Abb. 1 zeigt die MathType-Toolleiste und die entsprechenden Eingabemöglichkeiten, die zur Lösung von Aufgaben ausgewählt werden können. Die Freihandeingabe ermöglicht es den

Studierenden, Formeln händisch mit Maus oder Zeichenpad einzugeben. Wie in Abb. 2 ersichtlich, wird die Eingabe von WIRIS automatisch erkannt und angezeigt. Auf diese Weise ist es möglich, Formeln mit der Maus oder einem Zeichenpad einzugeben, die dann automatisch in eine maschinenlesbare Formatierung umgewandelt werden.

■ Bitte geben Sie die Strukturformel für Ethen an. Version 1 (neueste)

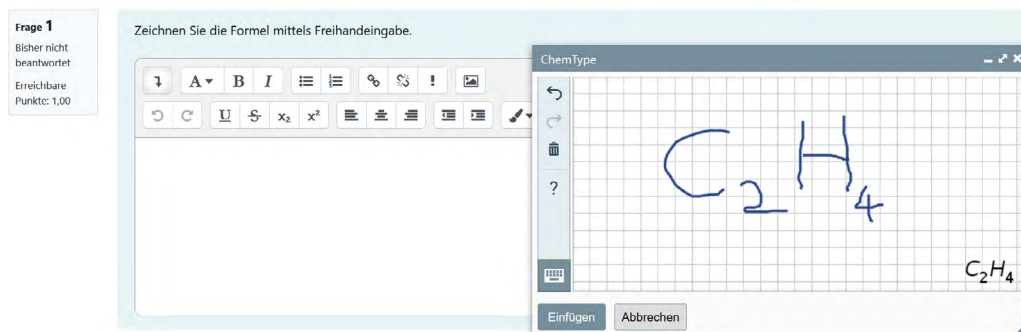


Abb. 3: Freihandeingabe chemischer Formeln mit WIRIS und ChemType

Chemie-Prüfungen mit WIRIS und ChemType

Moodle eignet sich auch für digitale Leistungsabfragen in Chemie und verwandten Biowissenschaften. Beispielsweise ermöglicht WIRIS auch die handschriftliche Eingabe chemischer Formeln bei der Erstellung und bei der Beantwortung der Aufgaben. Dies macht den Einsatz digitaler Prüfungsfragen niederschwellig. Wie bei den mathematischen Ausdrücken erfolgt auch hier eine automatische Konvertierung der Formel in eine maschinenlesbare chemische Formel, die anschließend beliebig angepasst werden kann: Farbe, Schriftart und Schriftgröße sind individuell einstellbar.

Abb. 3. zeigt als Beispiel wie Studierende ihre Antworten auf chemische Fragestellungen entweder über eine Toolleiste oder per Freihandeingabe verfassen können. Dabei können sie die benötigten Strukturteile (chemische Strukturen, Reaktionen und Formeln) digital eingeben. Die benötigten Strukturteile können in den verschiedenen Reitern gefunden oder händisch im Eingabefeld gezeichnet werden, was maßgeblich zur Barrierefreiheit gegenüber der analogen Darstellung beiträgt. Nach handschriftlicher Eingabe erfolgt eine automatische Konvertierung der Formel in chemische Notation, die eine beliebige Anpassung ermöglicht: Farbe, Schriftart und Schriftgröße sind

individuell einstellbar. Die Vielzahl an WIRIS-Fragetypen macht WIRIS zu einem leistungsstarken Tool in der Evaluation der Biowissenschaften und darüber hinaus.

Programmierprüfungen mit CodeRunner

Auch für Programmierprüfungen hält Moodle eine Vielzahl von Plugins bereit, die es den Studierenden ermöglichen, das erworbene Wissen direkt anzuwenden und so ihre erworbenen Kompetenzen zu überprüfen. Ein Moodle-Plugin, das sich sowohl für die summative als auch formative Prüfung von Programmierkenntnissen eignet, ist CodeRunner. In CodeRunner erhalten die Studierenden die Ergebnisse von Testfällen, wenn sie ihren Code zur Lösung eingeben (Kiesler, 2020). Durch die direkte Eingabe in CodeRunner werden Programmierkenntnisse holistisch evaluiert und so die Problemlösekompetenz der Studierenden gefördert. Anstelle der Bearbeitung von Programmierbeispielen aus dem Lehrbuch auf Papier werden die Studierenden mit einem authentischen, komplexen Problem konfrontiert, wie es ihnen auch in ihrem späteren Berufsleben begegnen wird. Die Lösung eines solchen Problems erfordert nicht nur Faktenwissen, sondern auch prozedurales Wissen und Methodenkompetenz. Die Verwendung von CodeRunner in

Schreiben Sie eine Funktion `sqr(n)` welche das Quadrat von Parameter `n` ausgibt.

Zum Beispiel:

Test	Resultat
<code>print(sqr(-5))</code>	25
<code>print(sqr(7))</code>	49

Antwort: (Abzugssystem: 10, 20, ... %)

```

1 def sqr(n):
2     return n * n

```

Prüfen

Abb. 4: Beispielfrage einer Python-Funktion zur Überprüfung einer binären Relation R

der Prüfung führt im Sinne des Constructive Alignment (Biggs, 1996) zu einer Annäherung der abgeprüften Kompetenzen der Studierenden an berufsrelevante Fertigkeiten.

In der Aufgabenstellung in Abb. 4 soll die zu prüfende Person eine Python-Funktion zur Überprüfung einer binären Relation R erstellen. Die geforderte Funktion kann digital angegeben werden, gefolgt von einem Debugging der Eingabe.

3. VORTEILE DIGITALER PRÜFUNGEN IN MOODLE

Hochschulprüfungen sollen den Nachweis erbringen, dass die Studierenden die angestrebten Kompetenzen erreicht haben. Die Prüfungen sollen nach einheitlichen Maßstäben und den Prinzipien der Fairness durchgeführt und bewertet werden, d. h. sie sollen gerecht sein.

Im Folgenden wird die Prüfungsfairness von analogen Prüfungen mit Moodleprüfungen verglichen. Bei analogen Prüfungsformen bewertet meist die Lehrperson die Leistung der einzelnen Studierenden im Rahmen eines manuellen Bewertungsprozesses (z. B. mit Hilfe eines Kriterienkatalogs). Dabei können die Bewertenden durch persönliche Merkmale der Studierenden wie Aussehen, Name, Handschrift, o. Ä. unbewusst voreingenommen sein (Bias), was verzerrende Effekte in der Leistungsbeurteilung begründen kann.

Die (teil-)automatisierte Bewertung digitaler Prüfungen verringert in diesem Zusammenhang die Gefahr der Voreingenommenheit durch die Prüfenden. Zum einen können durch die automatisierte Bewertung in Moodle manuelle Fehlerquellen bei der Berechnung der Punktzahl reduziert werden, andererseits bietet Moodle die Möglichkeit anonymisierter Einreichungen, was eine mögliche Beeinflussung des Bewertenden durch

persönliche Merkmale deutlich reduziert (Malouff & Thorsteinson, 2016).

Moodle ermöglicht aber auf der anderen Seite auch die Berücksichtigung besonderer, individueller Bewertungsaspekte im Rahmen der automatisierten Auswertung. Hier könnte man beispielsweise an einen Nachteilsausgleich denken. Vor dem Export der Prüfungsantworten in ein anderes Dateiformat (z. B. Excel) erfolgt eine Abfrage durch Moodle, ob zusätzliche, individuelle Bewertungsaspekte berücksichtigt werden sollen. Diese können je nach Bedarf ausgewählt werden, wodurch die Automatisierung der Bewertung zusätzliche Vorteile bringt. Dadurch wird die gesonderte, händische Bewertung von Einzelprüfungen obsolet, da das System die erforderlichen Arbeitsschritte je nach Bedarf für die Prüfenden übernimmt.

Durch die zusätzlichen Möglichkeiten bei der Bewertung offener Frageformate in Moodle können individuelle Aspekte in der Bewertung berücksichtigt werden, ohne dabei auf die zuvor genannten Vorteile automatisierter Bewertung zu verzichten.

Moodle vereint demnach im Hinblick auf Bewertungsaspekte die Vorteile automatisierter Beurteilung, ohne dabei die Möglichkeiten manueller Bewertungsoptionen außer Acht zu lassen.

4. HERAUSFORDERUNGEN DIGITALER PRÜFUNGEN IN MOODLE

Während analoge schriftliche Prüfungen prüfungsrechtlich klar geregelt sind, gibt es bei digitalen Prüfungen häufig hochschulspezifische Besonderheiten. Sofern zum Beispiel digitale Prüfungen als Bring-Your-Own-Device (BYOD)-Prüfungen

durchgeführt werden, sind spezifische Regelungen notwendig, um die **Chancengleichheit** zu gewährleisten. Studierende mit neuen, leistungsstarken Geräten oder solchen mit größerem Display stehen denjenigen gegenüber, deren Geräte nicht den aktuellen Standards entsprechen, beziehungsweise nur kleine Bildschirmgrößen aufweisen.

Neben Aspekten der Chancengleichheit sind in diesem Zusammenhang auch sicherheitsrelevante Aspekte zu berücksichtigen, da ohne klare Richtlinien zu BYOD eine Manipulation der Prüfungsinhalte nicht ausgeschlossen werden kann. Zur **Vorbeugung von Betrugsversuchen** können verschiedene Systeme eingesetzt werden, die den Zugriff auf externe Ressourcen wie den Internetzugang und die damit einhergehende Nutzung generativer KI einschränken. An der Hochschule München wird beispielsweise der Safe Exam Browser (SEB) zur Absicherung benutzt, der eine vielseitige OpenSource-Lösung zur Integration in Moodle darstellt. So wird der Netzwerkzugriff auf die Moodle-Prüfungsplattform beschränkt und Unterschleif erfolgreich eingegrenzt.

In Bezug auf die rechtlichen Rahmenbedingungen bei der Erbringung digitaler Leistungen, müssen neben den technischen Möglichkeiten zur Absicherung auch unerfreuliche technische Aspekte berücksichtigt werden: So ist prüfungsrechtlich eindeutig zu regeln, wie beispielsweise im Falle von unerwarteten **technischen Zwischenfällen** zu verfahren ist. Die Erfahrung der Hochschule München mit Moodle als Prüfungssystem zeigt jedoch, dass Moodle durch automatisches Zwischenspeichern der Prüfungsergebnisse ein zuverlässiges Tool gegen ungewollten Datenverlust darstellt.

Hinsichtlich der **Aufbewahrung der Ergebnisse** stellt Moodle eine leicht umsetzbare Lösung bereit: Während der Prüfung werden Eingaben automatisch zwischengespeichert, wobei

das Intervall der Speicherung datenbankseitig eingestellt werden kann. Nach Abgabe der Prüfung werden die Ergebnisse in Moodle serverseitig gespeichert. Nach dem Ablauf der Aufbewahrungsfrist, werden die Daten von Moodle automatisch archiviert, wobei die Möglichkeit der Wiederherstellung der Prüfungsergebnisse im Fall einer Klage besteht.

5. ZUSAMMENFASSUNG UND FAZIT

In diesem Beitrag werden die technischen Möglichkeiten digitaler Prüfungen mit Moodle beschrieben und konkrete Anwendungsszenarien für drei ausgewählte MINT-Fächer präsentiert: die Einsatzmöglichkeiten des Moodle-Plugins WIRIS für Prüfungen in Mathematik, Chemie und Biowissenschaften sowie der Einsatz von CodeRunner für die Programmierung. Diese drei Szenarien zeigen die Vielfältigkeit von Moodle als Prüfungssystem auf. Darüber hinaus sind bei der Planung und Durchführung digitaler Prüfungen mit Moodle jedoch auch rechtliche Fragestellungen unterschiedlicher Ausprägung zu beachten. Während Prüfungen auf Papier oftmals auf bestehende rechtliche Rahmenbedingungen zurückgreifen können, ist die Situation in Bezug auf digitale Prüfungen komplexer und unbestimmter. Moodle stellt in diesem Zusammenhang ein verlässliches Instrument dar, um Themen wie Unterschleif, Datenverlust oder Archivierungspflicht angemessen begegnen zu können.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass Moodle technisch eine geeignete Option zur Digitalisierung von Prüfungen darstellt. Der Einsatz von Moodle kann in digitalen Prüfungen jedoch nur im Zusammenhang mit einer curricularen Verankerung digitaler Kompetenzen zu einem nachhaltigen Kompetenzerwerb bei den Studierenden führen.

Literatur

Barber et al. (2021). Gravity assist: propelling higher education towards a brighter future. In Digital Teaching and Learning Review. <https://www.officeforstudents.org.uk/publications/gravity-assist-propelling-higher-education-towards-a-brighter-future/>

John Biggs (1996). Enhancing teaching through constructive alignment. In Higher Education 32, 347–364.

Kiesler, N. (2022). An Exploratory Analysis of Feedback Types Used in Online Coding Exercises. <https://arxiv.org/pdf/2206.03077>

Kreulich, K., Zitzmann, C., Zinger, B., et al. (2021) Corona-Bilanz. Studieren. Lehren. Prüfen. Verändern. Studie an den bayerischen Hochschulen. <https://opus4.kobv.de/opus4-ohm/frontdoor/index/index/docId/793>

Malouff, J.M. & Thorsteinsson, E.B. (2016). Bias in grading: A meta-analysis of experimental research findings. Australian Journal of Education, 60(3), 245–256.

Roberts, L. & Berry, J. (2023). Should open-book, open-web exams replace traditional closed-book exams in science in higher education? An evaluation of their effectiveness in different disciplines. In Journal of Learning Development in Higher Education (Issue 28) <https://journal.alldhe.ac.uk/index.php/jldhe/article/view/1030/767>

Schäfer, J., Donner, R.V., Boruch Ioffe, O. & Gozel, J. (2025). Effekt digitaler Lernmaterialien auf den studentischen Prüfungserfolg in der Ingenieurmathematik. In Paderborner Beiträge. Nerea Vöing, Diana Bücken (Hg.) (Band 11), 82- 91. Wbv. https://www.researchgate.net/profile/Rahim-Hajji2/publication/389174007_Effekt_digitaler_Lernmaterialien_auf_den_studentischen_Prufungserfolg_in_der_Ingenieurmathematik/links/67b787be461fb56424e3e130/Effekt-digitaler-Lernmaterialien-auf-den-studentischen-Pruefungserfolg-in-der-Ingenieurmathematik.pdf

Angaben zur Autorin und zu den Autoren

Ludwig Gierstl

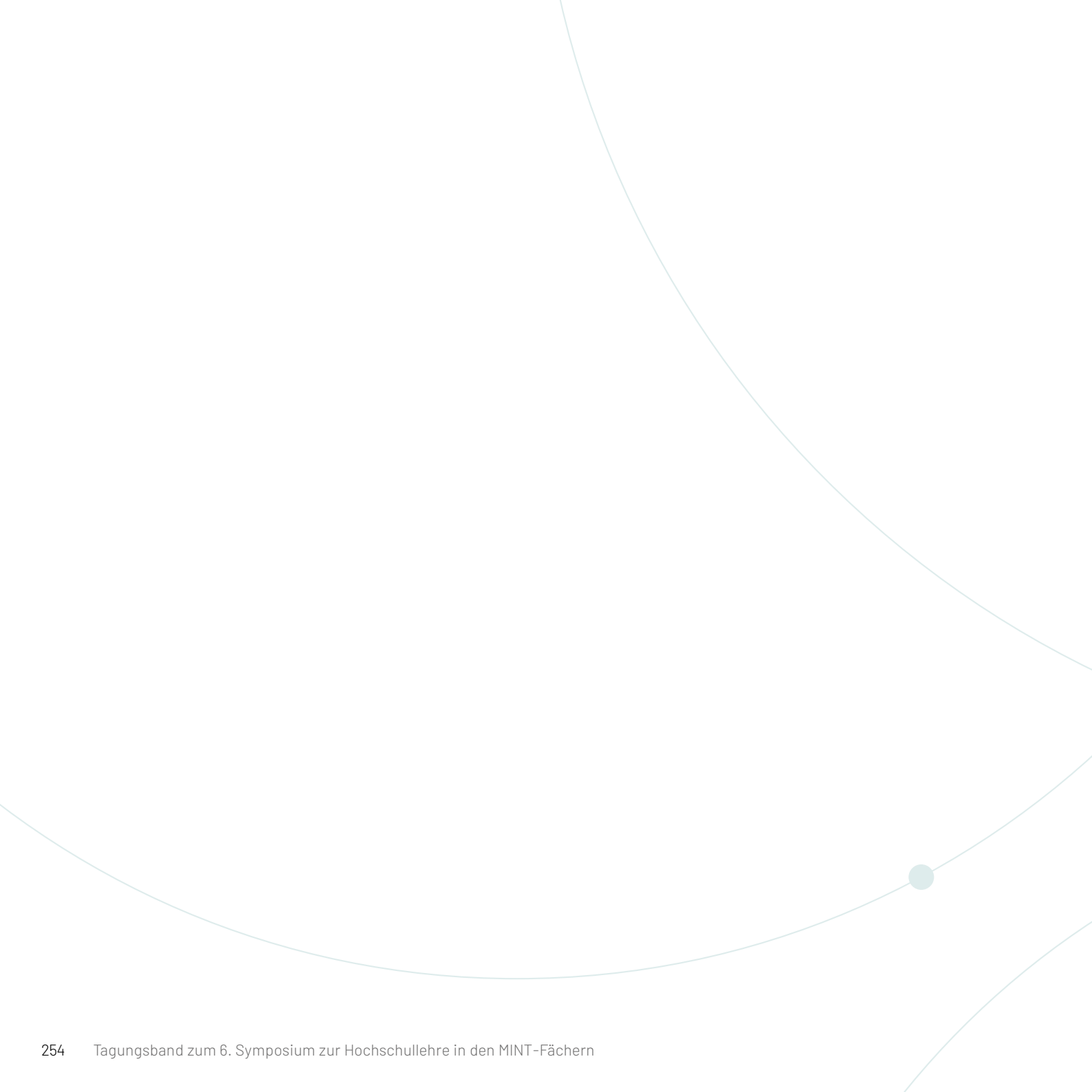
Geschäftsführer des Kompetenzzentrums Digitales Prüfen an der Hochschule München.

Karima Zauner

Referentin für Digitales Prüfen mit Schwerpunkt Moodle am Kompetenzzentrum Digitales Prüfen an der Hochschule München.

Pierre Kröseler

bis Juni 2025 Referent für Digitales Prüfen mit Schwerpunkt Moodle am Kompetenzzentrum Digitales Prüfen an der Hochschule München.





ZUKUNFTSTHEMEN DER HOCHSCHULLEHRE – von KI bis Nachhaltigkeit

KI ZUM ANFASSEN: MASCHINELLES LERNEN MIT LEGO®

Maylin Wartenberg, Timo von Marcard, Pia Heins, Ying Cheuk Cheong
Hochschule Hannover

ZUSAMMENFASSUNG

Maschinelles Lernen (ML) kann für Studierende anfangs schwer verständlich sein, da viele Konzepte abstrakt und theoretisch sind. Klassischer Frontalunterricht bietet dabei wenig Raum für aktives und intuitives Lernen. Interaktive Ansätze mit spielerischen und haptischen Elementen können helfen, das Verständnis zu erleichtern und das Interesse zu fördern.

Um einen greifbaren Zugang zu ML zu schaffen, wurde ein LEGO®-gestützter Workshop entwickelt. Anhand physischer Modelle konnten zentrale ML-Methoden wie Klassifikation, Regression, Clustering und Anomalie-Detektion direkt ausprobiert werden. Im Sommersemester 2025 wurde der Workshop in drei Studiengängen als Einführung in verschiedenen Kursen eingesetzt. Er ermöglichte eine explorative Auseinandersetzung mit ML-Methoden und förderte kognitive sowie soziale Kompetenzen im gemeinsamen Problemlösen.

Solche Ansätze könnten langfristig die Lehre ergänzen und den Einstieg in ML erleichtern.

Keywords: Maschinelles Lernen, Interaktive Lehre, Hands-On, Lego, Haptisches Lernen

1. EINLEITUNG

Maschinelles Lernen (ML) gewinnt in der Hochschulbildung zunehmend an Bedeutung. Dennoch stehen Studierende gerade beim Einstieg in dieses Thema vor erheblichen Lernhürden. Eine der größten Hürden ist die hohe kognitive Belastung des Working Memory (WM) durch abstrakte Konzepte wie Algorithmen oder Datenstrukturen (Kirschner, Kirschner & Paas, 2009). Um den Zugang zu erleichtern, braucht es innovative didaktische Ansätze.

Traditionelle Lehrmethoden wie Frontalunterricht oder rein textbasierte Lernformate machen es oft schwierig, abstrakte Konzepte zu verstehen. Besonders für Lernende ohne fundierte mathematische oder programmiertechnische Vorkenntnisse kann dies Motivation und Lernerfolg mindern (Ganser, 2004). Um dem entgegenzuwirken, wurden interaktive und praxisorientierte Lehrmethoden wie hands-on Coding und Gamification erforscht (Smiderle et al., 2020; Suzuki, Kato & Yatani, 2020). Gamification – die Integration spielerischer Elemente in Lernprozesse – fördert nachweislich Motivation und Engagement. Insbesondere in der Informatik-Lehre wird Gamification eingesetzt, um Studierende zur interaktiven Auseinandersetzung mit Software- und Datenbanksystemen (vgl. SQL Island) zu motivieren (Domínguez et al., 2013).

Gamification umfasst verschiedene spielerische Ansätze, bei denen sich der Einsatz von LEGO®-Klemmbausteinen besonders zur Förderung von Kompetenzen sowie zur Anregung von Reflexion und Wissensvertiefung eignet. Durch die physische

und explorative Auseinandersetzung mit den Bausteinen werden abstrakte Konzepte greifbar und spielerisch erschlossen (Carbonneau, Marley, & Selig, 2012). LEGO® hat sich als Lehrmittel in MINT-Fächern etabliert mit dem Ziel, einen praxisnahen Zugang zu Programmierung und algorithmischem Denken zu ermöglichen (Barnes, 2002). Der Einsatz physischer Objekte wie LEGO®-Bausteine orientiert sich an konstruktivistischen Lerntheorien, die betonen, dass Wissen durch direkte Erfahrung erworben wird. Studien zeigen, dass taktile Lernmethoden das konzeptuelle Verständnis und die Problemlösungsfähigkeiten verbessern (Hamza-Lup & Baird, 2011). Die Methode LEGO® SERIOUS PLAY® (LSP) hilft, komplexe Konzepte durch physische Objekte anschaulicher zu erfassen und zu analysieren (Strategic Play, 2018). Dieser praxisnahe Ansatz basiert auf konstruktivistischen Lernprinzipien, die betonen, dass Wissen durch aktive Auseinandersetzung und Reflexion erworben wird (Freeman et al., 2014; Supena, Darmuki, & Hariyadi, 2021). Insbesondere steigern studierendenzentrierte Ansätze wie problemorientiertes Lernen (PBL) das Engagement und die Wissensspeicherung. Strukturierte Aufgaben und gemeinsames Arbeiten helfen dabei, eine interaktive Lernumgebung zu schaffen und das Verständnis zu fördern.

LEGO®-Bausteine dienen in der ML-Lehre als physische Objekte mit vielfältigen Merkmalen, um Methoden wie Klassifikation und Clustering anschaulich darzustellen. Der LEGO®-Workshop wurde als interaktive Lernmethode entwickelt, um Studierenden einen greifbaren Zugang zu grundlegenden ML-Konzepten zu ermöglichen. Während viele gamifizierte Lernkonzepte auf Wettbewerb setzen, liegt der Fokus dieses Workshops auf Kooperation: Die Teilnehmenden arbeiten gemeinsam an spezifischen Fragestellungen, erheben Daten, erproben Konzepte und diskutieren Lösungsmöglichkeiten. Dadurch wird interaktives und praxisnahes Lernen gefördert. Der Einsatz physischer Modelle erleichtert die Veranschaulichung abstrakter Prinzipien

und ermöglicht praktische Erprobung. Dies bietet insbesondere Studierenden mit wenig Vorerfahrung einen zugänglichen Einstieg in das Thema.

Der Workshop wurde im Sommersemester 2025 in Lehrveranstaltungen von drei MINT-Studiengängen als Einstieg in das Thema integriert und anschließend evaluiert. Die Studierenden erarbeiteten sich kooperativ Grundlagen der ML-Methoden Klassifikation, Regression, Clustering und Anomalie-Detektion. Der LEGO®-gestützte ML-Workshop half dabei, abstrakte Inhalte durch physische Interaktionen verständlicher und zugänglicher zu machen.

Der Workshop zeigte, dass diese Methode Studierende dazu motiviert, sich aktiv mit den Lerninhalten auseinanderzusetzen. Die Möglichkeit, durch praktisches Arbeiten Wissen zu vertiefen und gemeinsam Lösungsansätze zu entwickeln, wurde von den Teilnehmenden positiv aufgenommen. Die Erfahrungen aus der Veranstaltung liefern wertvolle Erkenntnisse für zukünftige Lehrkonzepte in der ML-Vermittlung.

2. LEGO®-GESTÜTZTER ML-WORKSHOP

Der Einsatz von LEGO® als didaktisches Werkzeug hat sich in der Hochschulbildung bewährt, insbesondere zur Förderung von Kreativität, Problemlösungsfähigkeiten und Teamarbeit.

In diesem Workshop wird LEGO® nicht zum klassischen „Bauen“ genutzt, sondern dient als haptisches und visuelles Werkzeug für Mustererkennung und Datenanalyse. Die Teilnehmenden können die LEGO®-Steine betrachten, berühren, sortieren und neu anordnen, um Daten zu erheben und Muster zu erkennen. Durch die physische Interaktion werden abstrakte ML-Konzepte greifbarer, indem die Teilnehmenden eigenständig relevante

Abb. 1: ML-Problemstellungen mit LEGO®

Problemstellungen des maschinellen Lernens (ML)

Beispiel: Lego-Experimente



Merkmale für maschinelle Lernmodelle identifizieren. Der Ansatz fördert somit das Verständnis zentraler ML-Methoden (siehe Abb. 1).

Der Workshop basiert auf mehreren etablierten didaktischen Prinzipien, die in der MINT-Didaktik und bei interaktiven Lehrmethoden umfassend untersucht wurden. Die folgende Beschreibung zeigt, wie diese Konzepte im Workshop praktisch umgesetzt werden.

Interaktive Gruppenarbeit

Der Workshop beginnt mit einer Einführung in das Thema ML, in der die vier wesentlichen Methoden anhand praxisnaher Beispiele erläutert werden. In der interaktiven Arbeitsphase arbeiten die Teilnehmenden in vier Gruppen, von denen jede eine ML-Methode bearbeitet. Jede Gruppe erhält einen vorbereiteten Tisch mit LEGO®-Bausteinen, die zur Visualisierung der jeweiligen Aufgabe dienen. Die Gruppenarbeit folgt konstruktivistischen Ansätzen, nach denen Wissen durch aktive Auseinandersetzung und Austausch mit anderen aufgebaut wird (Freeman et al., 2014). Gruppenarbeiten mit klaren Rollen

und Zielen haben sich als besonders effektiv für das Lernen technischer Konzepte erwiesen (Bengesai, Amusa, & Dhunpath, 2023).

Moderation als Lernförderung

Während der 15- bis 20-minütigen Arbeitsphase bearbeiten die Gruppen ihre Aufgaben eigenständig anhand einer Aufgabekarte. Ein Gruppenmitglied übernimmt die Moderation, steuert die Diskussion und dokumentiert die Ergebnisse. Diese Form des *peer-guided learning* ermöglicht eine strukturierte Bearbeitung und fördert gleichzeitig die Kommunikations- und Problemlösungsfähigkeiten der Teilnehmenden (Bengesai, Amusa, & Dhunpath, 2023). Die Rolle der Studierenden als Moderatoren in ihrer eigenen Gruppe spielt eine zentrale Rolle im Lernprozess. Forschungen zeigen, dass Lernende durch die aktive Steuerung von Lernprozessen eine höhere Selbstwirksamkeit entwickeln und das Verständnis nachhaltiger wird (Artelt, Baumert & Julius-McElvany, 2003). Zudem fördert eine moderierte Gruppenarbeit die soziale Eingebundenheit, was sich positiv auf die Motivation auswirkt (Hagenauer & Raufelder, 2021).

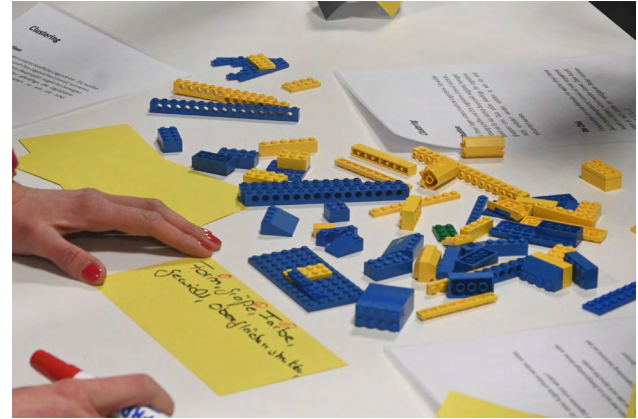
Abb. 2: Ergebniserarbeitung
am Beispiel des Clustering

LEGO® als didaktisches Werkzeug

LEGO® wird seit vielen Jahren erfolgreich in der MINT-Lehre eingesetzt, da es abstrakte Konzepte durch physische Interaktion greifbar macht (Carbonneau, Marley, & Selig, 2012). Besonders in der Informatik wurde LEGO® Mindstorms genutzt, um algorithmisches Denken praxisnah zu vermitteln. In diesem Workshop dienen die LEGO®-Bausteine als visuelles Hilfsmittel zur Veranschaulichung von ML-Methoden, indem sie als Datenpunkte betrachtet werden.

Der Workshop-Ansatz basiert auf bewährten Methoden der aktiven und kollaborativen Wissensvermittlung. Um den Teilnehmenden die Möglichkeit zu geben, ML-Konzepte eigenständig zu erforschen, arbeiten sie in Teams an spezifischen Aufgaben.

- **Klassifikation:** Die Teilnehmenden erhalten LEGO®-Figuren, die in zwei Gruppen eingeteilt sind: „Lieblingsfiguren“ und normale Figuren. Ziel ist es, eine Methode zu entwickeln, um neue Figuren automatisch zuzuordnen. Dazu sollen relevante Merkmale identifiziert werden, die eine Klassifikation ermöglichen.
- **Regression:** Auf dem Tisch liegen LEGO®-Steine unterschiedlicher Form und Struktur mit bekanntem Gewicht. Die Studierenden entwickelten auf Basis dieser Daten ein Modell, um das Gewicht neuer LEGO®-Steine vorherzusagen. Dabei wird das Konzept der linearen Regression veranschaulicht.
- **Clustering:** Verschiedene LEGO®-Steine unterschiedlicher Farbe, Form und Größe liegen ungeordnet auf dem Tisch. Die Aufgabe besteht darin, diese ohne vorgegebene Kategorien sinnvoll und möglichst homogen zu gruppieren. Die Studierenden bestimmen selbst, nach welchen Merkmalen sie die Steine clustern (z. B. Farbe, Form, Größe) und entwickeln ein entsprechendes Modell.



- **Anomalie-Detektion:** Die Gruppe untersucht LEGO®-Achsen mit Rädern, um festzustellen, welche für den Einsatz in Fahrzeugmodellen geeignet sind und welche fehlerhaft sein könnten. Ziel ist es, Anomalien zu erkennen und nicht verwendbare Komponenten auszusortieren.

Nach der Gruppenarbeit präsentiert jede Gruppe ihre erarbeiteten Ergebnisse (siehe Abb. 2) und diskutiert folgende Fragen:

- Welche Daten (Merkmale) konnten aus den LEGO®-Steinen erhoben werden?
- Wie lässt sich das Problem algorithmisch oder durch menschliche Entscheidungsfindung lösen, um die Fragestellung optimal zu beantworten?

Der Workshop endet mit einer Reflexionsrunde, in der die LEGO®-Aufgaben mit den ML-Paradigmen des überwachten und unüberwachten Lernens verknüpft werden. Zudem wird daran anknüpfend der Trainings- und Vorhersageprozess von ML-Modellen erläutert, um eine konzeptionelle Grundlage für die anschließende Lehrveranstaltung zu schaffen. Optional kann vorher noch ein Wechsel der Gruppen zu einer anderen Fragestellung durchgeführt werden, so dass alle Studierenden einen Fall des überwachten und einen des unüberwachten Lernens erproben können.

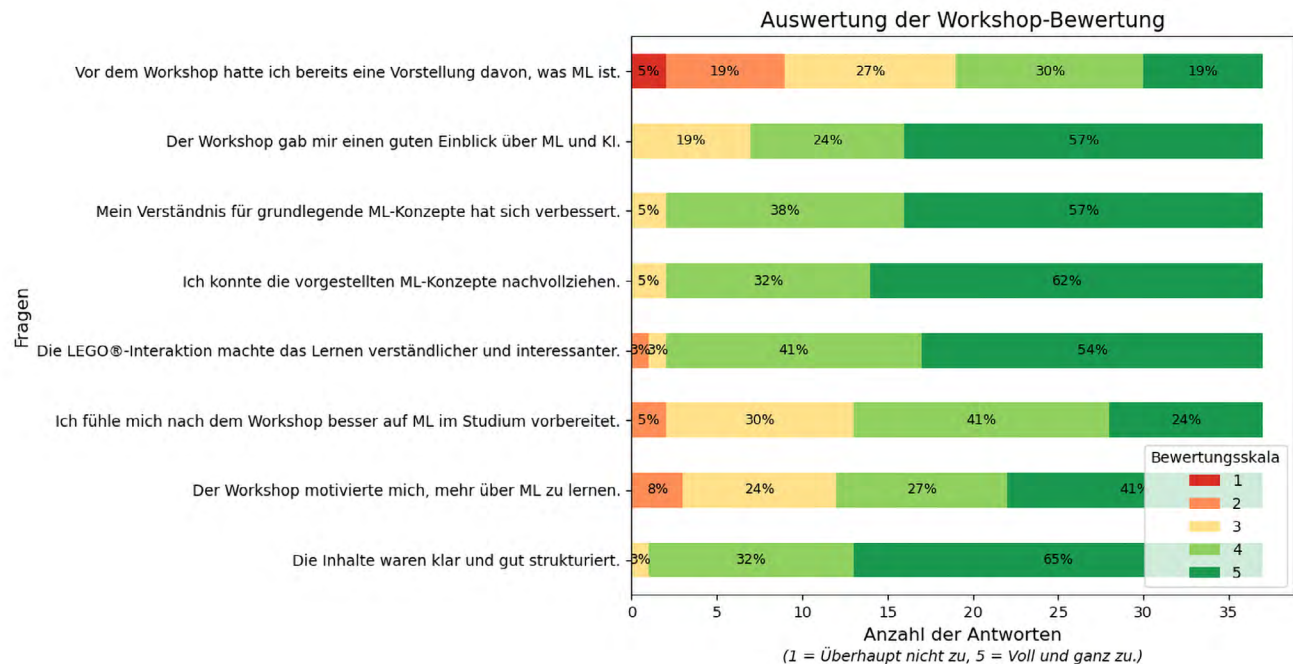


Abb. 3: Quantitative Bewertung des Workshops durch die Teilnehmenden

Die Kombination aus haptischem Arbeiten, strukturierten Aufgaben und moderierter Gruppenarbeit ermöglichte es den Teilnehmenden, abstrakte Konzepte intuitiv nachzuvollziehen und selbstständig Lösungen zu entwickeln. Die Arbeit mit LEGO® unterstützte gezielt den Aufbau zentraler Kompetenzen und bereitete auf die vertiefende Auseinandersetzung mit ML vor.

3. AUSWERTUNG

Die Workshops fanden zu Beginn des Sommersemesters, in der ersten März-Woche 2025, an der Hochschule Hannover statt und bildeten die Auftaktveranstaltung der ML-bezogenen Kurse in drei MINT-Studiengängen. Um deren Wirksamkeit zu evaluieren, wurde am Ende eine anonyme Online-Umfrage

durchgeführt. Die Teilnehmenden bewerteten verschiedene Aspekte des Workshops auf einer Skala von 1 (trifft überhaupt nicht zu) bis 5 (trifft voll und ganz zu). Außerdem gaben sie in offenen Fragen Rückmeldungen zu positiven Aspekten sowie möglichen Verbesserungsvorschlägen.

Analyse der Bewertungen

Die Teilnehmenden bewerteten den Workshop überwiegend positiv. Fünf von acht Aspekten erhielten mehrheitlich Bestnoten, besonders Verständlichkeit, Struktur und die LEGO®-Integration. Auch die Aussagen „Mein Verständnis für grundlegende ML-Konzepte hat sich verbessert“ sowie „Die LEGO®-Interaktion machte das Lernen verständlicher und interessanter“ wurden von bis zu 95 % der Teilnehmenden mit 4 oder 5 bewertet. Abbildung 3 zeigt die quantitativen Bewertungen.

Neben den quantitativen Bewertungen spiegeln sich diese positiven Rückmeldungen auch in den offenen Kommentaren wider. Viele lobten die Interaktivität des Workshops:

„Interaktives Lernen“, „Gruppenarbeit und Diskussion der Ergebnisse“, „Dass man alle Stationen anschauen konnte“ und „Praktische Anwendung verbessert Verständnis“.

Viele Teilnehmende hoben hervor, dass die LEGO®-Methode reale ML-Anwendungen anschaulich machte:

„Vergleich der menschlichen Herangehensweisen zur KI anhand der LEGO®-Stationen“, „Verweis auf praktische Anwendungen der Modelle – verknüpft LEGO®-Spiel mit echter Welt“, „Der direkte Vergleich zwischen supervised und unsupervised ML“.

Besonders geschätzt wurde auch die spielerische und intuitive Herangehensweise:

„Mit LEGO®, spielen“, „Intuitiver Einstieg in komplexe Themen“, „LEGO® als Komponente“, „Sehr anschaulicher Weg zur Darstellung der Verfahren“.

Trotz der insgesamt positiven Resonanz gab es auch Anregungen zur Weiterentwicklung des Formats. Besonders die Bewertung der Vorbereitung auf ML im Studium sowie der Motivation zur weiteren Beschäftigung mit ML fiel weniger eindeutig aus. Diese Aspekte erreichten eine Zustimmung von etwa 65 %, wie ebenfalls in Abbildung 3 ersichtlich ist.

Die offenen Verbesserungsvorschläge liefern wertvolle Hinweise darauf, wie das Format weiterentwickelt werden kann. Einige Kommentare betonten, dass mehr Zeit oder eine klarere Einführung hilfreich gewesen wären:

„Mehr Erklärung, bevor wir anfangen, selbst zu arbeiten?“, „Am Anfang noch einen besseren Einstieg geben, die Aufgabe klarer formulieren“, „Etwas mehr Zeit“.

Einige wünschten sich mehr Abwechslung oder eine vertiefte Bearbeitung der Aufgaben:

„Mehr Variation, mehr Aufgaben“, „1. Aufgabe wiederholt sich oft (Merkmale bestimmen). Mit mehr Zeit könnte man mehrere Stationen abarbeiten.“

Außerdem wurde vorgeschlagen, dass die Gruppen ihre Ergebnisse stärker selbst präsentieren:

„Ich würde persönlich mehr auf die Studierenden zum Ende hin einbeziehen und ihnen die Ergebnisse präsentieren lassen, während der Prof ergänzt.“

Insgesamt wurde der Workshop für seine interaktive, spielerische und praxisnahe Gestaltung sehr positiv aufgenommen. Die Rückmeldungen liefern zugleich wertvolle Impulse für zukünftige Optimierungen – insbesondere in den Bereichen Zeitmanagement, Klarheit der Aufgabenstellungen und inhaltliche Vertiefung.

4. FAZIT UND AUSBLICK

Der LEGO®-Workshop hat gezeigt, dass spielerische und interaktive Ansätze helfen können, ML-Konzepte greifbarer zu machen. Besonders die Verbindung von praktischer Erfahrung und Gruppenarbeit hat das Verständnis gefördert. Die positiven Rückmeldungen bestätigen den Mehrwert, mit Verbesserungspotenzial bei Aufgabenstruktur und Zeitplanung.

Angesichts der guten Resonanz stellt sich die Frage, ob der Workshop dauerhaft in die Einführungskurse für ML aufgenommen werden kann. Ein fester Platz im Lehrplan könnte eine praxisnahe Einführung ermöglichen. Gleichzeitig sollten künftige Anpassungen die unterschiedlichen Vorkenntnisse stärker berücksichtigen. Für MINT-Kurse könnte z. B. weiterführende

Programmieraufgaben auf zum Workshop passenden LEGO®-Daten entworfen werden. Eine erneute Evaluation in den kommenden Semestern könnte dazu beitragen, das Konzept gezielt weiterzuentwickeln und langfristig zu verankern. So könnte der LEGO®-Workshop dauerhaft ein wertvoller Bestandteil der ML-Lehre werden.

Doch nicht nur für Studierende der MINT-Studiengänge, sondern auch für andere Zielgruppen eignet sich dieser Workshop, wie bereits erste Pilotierungen gezeigt haben. So wurde der Workshop bereits mit Lehrenden außerhalb des MINT-Bereichs, sowie mit Teilnehmenden verschiedener Unternehmen durchgeführt. Hier zeigt sich, dass die Herangehensweise für verschiedene Zielgruppen geeignet ist, die Grundlagen von wesentlichen ML-Methoden zu vermitteln und somit ein Verständnis für die Funktionsweise von KI zu vermitteln.

Literatur

- Artelt, C., Baumert, J., & Julius-McElvany, N. (2003). Selbstreguliertes Lernen: Motivation und Strategien in den Ländern der Bundesrepublik Deutschland. PISA 2000— Ein differenzierter Blick auf die Länder der Bundesrepublik Deutschland (S. 131-164). Opladen: Leske + Budrich.
- Barnes, David J. (2002) Teaching Introductory Java through LEGO MINDSTORMS Models. In: 02 Proceedings of the 33rd SIGCSE technical symposium on Computer science education. ACM, New York, USA, pp. 147-151.
- Bengesai, A. V., Amusa, L. B., & Dhunpath, R. (2023). A meta-analysis on the effect of formal peer learning approaches on course performance in higher education. *Cogent Education*, 10(1). <https://doi.org/10.1080/2331186X.2023.2203990>
- Carbonneau, K. J., Marley, S. C., & Selig, J. P. (2013). A meta-analysis of the efficacy of teaching mathematics with concrete manipulatives. *Journal of educational psychology*, 105(2), 380.
- Domínguez, A., Saenz-de-Navarrete, J., de-Marcos, L., Fernández-Sanz, L., Pagés, C., & Martínez-Herráiz, J. J. (2013). Gamifying learning experiences: Practical implications and outcomes. *Computers & Education*, 63, 380-392.
- 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. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(23), 8410-8415.
- Ganser, B. (2004). Kooperative Sozialformen im Unterricht. Ein unverzichtbarer Beitrag zur inneren Schulentwicklung (Doctoral dissertation, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU)).
- Hagenauer, G., & Raufelder, D. (2021). Soziale Eingebundenheit. Sozialbeziehungen im Fokus von Schule und LehrerInnenbildung. Münster; New York: Waxmann.
- Hamza-Lup, F. G., & Baird, W. H. (2011). Feel the Static and Kinetic Friction: A visuo-haptic simulation for physics education. Armstrong Atlantic State University.

Kirschner, P. A., Kirschner, F., & Paas, F. (2009). Cognitive load theory. In E. M. Anderman, & L. H. Anderman (Eds.), *Psychology of classroom learning: An encyclopedia* (Vol. 1 (a-j)), pp. 205-209. Macmillan Reference.

Smiderle, R., Rigo, S. J., Marques, L. B., Peçanha de Miranda Coelho, J. A., & Jaques, P. A. (2020). The impact of gamification on students' learning, engagement and behavior based on their personality traits. *Smart Learning Environments*, 7(1), 3.

SQL Island, Technische Universität Kaiserslautern, <https://sql-island.informatik.uni-kl.de/>

Strategic Play. (2018). Die Wissenschaft von LEGO® SERIOUS PLAY®: The Science Behind LEGO® SERIOUS PLAY®. Strategic Play Group Ltd. <https://www.strategicplay.de/wp-content/uploads/2018/09/Wissenschaft-von-Lego-Serious-Play.pdf>

Supena, I., Darmuki, A., & Hariyadi, A. (2021). The Influence of 4C (Constructive, Critical, Creativity, Collaborative) Learning Model on Students' Learning Outcomes. *International Journal of Instruction*, 14(3), 873-892.

Suzuki, R., Kato, J., & Yatani, K. (2020). ClassCode: an interactive teaching and learning environment for programming education in classrooms. *arXiv preprint arXiv:2001.08194*.

Angaben zu den Autorinnen und zum Autor

Maylin Wartenberg

Studium Mathematik, Doktorandin Blaupunkt GmbH, Promotion Mathematik: Graphentheorie, VWFSAG: Bereich Business Intelligence IT, seit 2018 Prof. f. Wirtschaftsinformatik, insb. Data Science

Timo von Marcard

Studium Mechatronik+Regelungstechnik, Ottobock HC GmbH: Embedded Software Entwicklung, Promotion Informatik: Computer Vision, Simi GmbH: Algorithmen & KI, seit 2022 Prof. f. Mathe/Informatik, insb. ML

Pia Heins

Studium Mathematik, Promotion Angewandte Mathematik: Bildverarbeitung & Optimierung, Robert Bosch GmbH: Algorithmen & Data Science, seit 2020 Prof. f. Datenbanken, Data Science & Mathematik

Ying Cheuk Cheong

Studium der Angewandten Mathematik und Data Science. SHK mit Erfahrung in Tutorien, Lehrmaterial und Interesse an Machine Learning

ERSTELLUNG GUTER ALTERNATIVTEXTE FÜR BLINDE STUDIERENDE: BEOBACHTUNGEN AUS DER INFORMATIK

Emilia Streck, Luca Reinold, Alexander Kröner
Technische Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm

ZUSAMMENFASSUNG

Die Gestaltung von Lehrmaterialien, die blinden und sehenden Studierenden ein gleichwertiges Lernerlebnis bieten, ist in mehrerlei Hinsicht fordernd. Im Vordergrund dieses Artikels steht die Verschriftung nicht-dekorativer Abbildungen für Blinde. Diese muss Anforderungen an die Textlänge, inhaltliche Korrektheit und Interaktion in Einklang bringen. Damit verbundene Herausforderungen werden anhand von Beispielen herausgearbeitet und in Hinweise für Lehrende überführt. Danach werden Einsatzmöglichkeiten für KI betrachtet, die von der automatischen Verschriftung bis hin zum Aufbrechen der für die Verschriftung notwendigen Linearisierung von Inhalten reichen. So soll der Bericht Lehrenden einen Eindruck der Möglichkeiten und Grenzen ausgewählter Vorgehensweisen und Werkzeuge vermitteln und ihnen damit informierte Entscheidungen zu einer Überarbeitung von Lehrmaterialien für Blinde ermöglichen.

Keywords: Alternativtext, Barrierefreiheit, Lehre, KI, HANs

1. EINFÜHRUNG

„Jeder Mensch hat das Recht auf Bildung“, heißt es in Art. 26 der Allgemeinen Erklärung der Menschenrechte (Vereinte Nationen, 1948). Dies schließt den Zugang zu Hochschulen explizit ein. In Art. 24 der Behindertenrechtskonvention erkennen die Vertragsstaaten das Recht von Menschen mit Behinderung auf Bildung an (Vereinte Nationen, 2006). Das Bayerische Hochschulinnovationsgesetz verankert in Art. 24 die gleichberechtigte Teilhabe von Personen mit Behinderung am Hochschulleben als Leitprinzip (Bayerisches Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst, 2022). Menschen mit Behinderung sind damit nicht in der Verantwortung, sich selbst einzugliedern. Vielmehr müssen Gebäude, Unterricht, Lehr- und Lernmaterial für sie zugänglich gestaltet werden.

Insbesondere für blinde Studierende ist der barrierefreie Zugang zu Lehr-/Lernmaterialien schwierig. Die Überführung von Materialien in eine blindengerechte Form erweist sich als fordernd, weil sie Expertise zu der Natur von Barrieren mit Aspekten der Technologie, des Fachs, der Fachdidaktik und der Medienpädagogik verbindet (Menzies et al., 2022). Dies spiegelt sich in der unterschiedlichen Schwerpunktsetzung von Normen und Empfehlungen zu dem Thema wider, etwa zur Auszeichnung von Dokumenten (World Wide Web Consortium, 2024), Office-Produkten (Microsoft, 2025) und fächerübergreifenden Aspekten digitaler Lehre (Weber, 2020).

Dieser Beitrag richtet sich mit medientechnischem Wissen (Koehler & Mishra, 2009) an Lehrende. Er fokussiert Aspekte, die sich aus der linearen Interaktion von Blinden mit Folien und Skripten ergeben. Zunächst werden fachunabhängige Merkmale blindengerechter Texte betrachtet. Es folgen eine Anwendung auf ausgewählte Fälle im Fach Informatik, um Wechselwirkungen der Verschriftung eines Sachverhalts mit fachlichem Inhalt und didaktischem Ziel zu zeigen. Eine statische Lösung kann solche Effekte nur bedingt auflösen. Es schließt sich daher eine Betrachtung der Potentiale von KI-Werkzeugen als Unterstützung bei der Überarbeitung und Bereitstellung von Lehrmaterialien an.

2. MERKMALE BLINDENGERECHTER TEXTE

Blinde Lernende interagieren mit digitalen Lehrmaterialien akustisch oder über eine Braille-Zeile. Die Interaktion kann direkt mit Dateien oder indirekt mit der (durch einen Screenreader aufbereiteten) Bildschirmausgabe erfolgen. Unabhängig vom fachlichen Inhalt ist es erforderlich, diesen als Text aufzubereiten. Im Folgenden werden ausgewählte vorteilhafte Merkmale solcher Texte beschrieben.

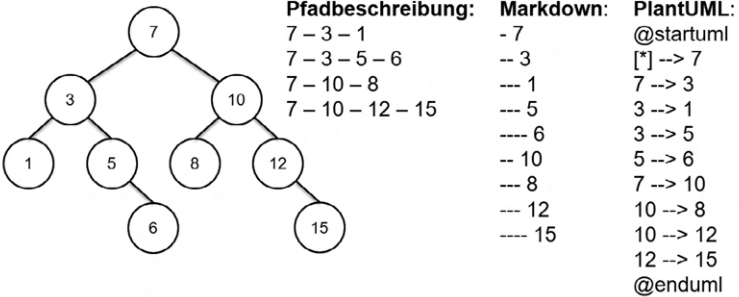
- **Textstruktur:** Die Ausgabe folgt einer Leserichtung. Zweidimensional angeordnete Inhalte müssen daher in eine lineare Folge überführt werden. In diesem Zusammenhang erleichtert die Verwendung von Formatvorlagen (etwa für Überschriften und Listen) dem Screenreader den Umgang mit der Dokumentstruktur.
- **Zeichenauswahl:** Ein sparsamer und konsistenter Umgang mit Sonderzeichen kann Fehlinterpretationen und kognitiven Aufwand reduzieren. Zu beachten ist, dass Screenreader Sonderzeichen potentiell nur eingeschränkt und nicht

einheitlich verarbeiten. Einen Ausweg bietet die Umschreibung von Sonderzeichen (z. B. ein Pfeil notiert in LaTeX: `\leftarrow`).

- **Sprache:** Das Verständnis eines Texts sollte von sprachlichen Kompetenzen blinder Personen möglichst entkoppelt sein. Einen Weg bieten die Verwendung einfacher Sprache (Deutsches Institut für Normung e. V., 2024) bzw. Erkenntnisse zur Formulierung von Textaufgaben (Daroczy et al., 2015). Beispielsweise sollten Fachbegriffe konsistent verwendet werden und auf eine den Lernenden bekannte Notation zurückgegriffen werden (z. B. LaTeX in technischen Fächern).
- **Länge:** Das Hörverstehen von Blinden kann dem von Sehenden überlegen sein. Dies bedeutet insbesondere, dass eine größere Textlänge durch eine erhöhte Abspielgeschwindigkeit des Tons begrenzt ausgeglichen werden kann. Wird aber Text über die Braille-Zeile aktiv gelesen, gilt dies nicht (Lang et al., 2021). Zudem können Grenzen des menschlichen Kurzzeitgedächtnisses (Miller, 1956) es erfordern, einen Text mehrfach zu konsumieren. Dies legt nahe, Texte kurz zu halten. Zudem empfiehlt sich ein bewusster Umgang mit Leerzeichen und Zeilenumbrüchen, weil auch diese je nach Werkzeug vorgelesen werden.

Diese Merkmale sind durchaus konfliktbehaftet. So steht der Wunsch nach einem möglichst kurzen Text potentiell in Widerspruch zur Umschreibung von Sonderzeichen. Für passgenaue Entscheidungen empfiehlt es sich daher, den Inhalt zu analysieren (z. B. Anzahl von Sonderzeichen und Notwendigkeit von Zeilenumbrüchen) und das Nutzungsverhalten und die Werkzeuge Lernender zu berücksichtigen.

Abb. 1: Beispiele der Verschriftung eines Baumes.



3. VERSCHRIFTUNG VON ABBILDUNGEN

Lehrmaterialien schöpfen idealerweise die Sinneskanäle Lernender voll aus, sei es aus Gründen einer effizienten Kommunikation (Jacobs & Hensel-Börner, 2020) oder didaktischen Aspekten (Kerres, 2022). Damit verbunden ist unter anderem eine Mischung von Wort und Bild.

Diese in eine Textform zu überführen kann sich als fordernd erweisen. Fachunabhängige Empfehlungen zu einer solchen Verschriftung bleiben hier mitunter abstrakt, was für eine breite Anwendbarkeit auch passend erscheint. So empfiehlt das Bundesministerium des Inneren und für Heimat (2023), dass ein Alternativtext „den Inhalt der Grafik prägnant beschreiben und nicht länger als zwei Zeilen sein“ soll. Die Prägnanz ist aber stark vom Fach geprägt und kann von der Länge des Texts abhängen: Abbildungen dienen in der Lehre dazu, einen potentiell komplexen Sachverhalt eines Fachgebiets visuell darzustellen. Ein Alternativtext muss diesen Sachverhalt möglichst verlustfrei kommunizieren – unter Einhaltung zuvor erwähnter Merkmale.

Ein gegebener Sachverhalt kann aber selbst in einem einzigen Fachgebiet mitunter auf unterschiedliche Arten verschriftet werden, wie im folgenden Experiment illustriert wird. Grundlage bilden Lehrmaterialien ausgewählter Fächer der Fakultät Informatik der TH Nürnberg (u. a. „Algorithmen und

Datenstrukturen“). Für dort gängige mathematische Formeln, Code-Beispiele und Diagramme wurden 28 textuelle Darstellungsformen identifiziert und hinsichtlich Dauer der Verschriftung, Barrierefreiheit, Erlernbarkeit und Fehleranfälligkeit bewertet (Streck, 2024).

Ein Beispiel ist die Darstellung von Strukturen mittels Bäumen. Abb. 1 zeigt drei Varianten der Verschriftung eines Baumes mit individuellen Merkmalen.

- **Pfadbeschreibung** (28 Zeichen): Nutzt wenig verschiedene Zeichen (hier Ziffern und „–“) und Zeilenanzahl (4). Allerdings kommen Namen von Knoten mehrfach vor (z. B. „7“), was strukturell von der Abbildung abweicht.
- **Markdown** (37 Zeichen): Benötigt bei gleichen Zeichen mehr Zeilen und benötigt das strukturierende „–“ deutlich häufiger. Namen von Knoten kommen nur einfach vor, was der Struktur des gezeichneten Baumes entspricht.
- **PlantUML** (69 Zeichen): Bietet eine textuelle Repräsentation, die maschinell in eine grafische Darstellung umgewandelt werden kann (PlantUML.com, o.J.). Dies kann während der Erstellung des Alternativtexts die Überprüfung der Korrektheit vereinfachen. Dafür werden zusätzliche Zeichen benötigt und es muss eine komplexere Syntax erlernt werden.

Jeder Ansatz bietet also eigene Vorteile. Die Eignung der Verschriftung hängt somit davon ab, welchen Merkmalen des Texts man im Kontext seiner Anwendung ein höheres Gewicht beimisst. Zudem spielt auch die Art der Interaktion eine Rolle: Bei der Frage nach allen Kindern des Knoten 10 müssen bei der Pfadnotation potentiell alle Pfade untersucht und erinnert werden, wogegen man bei Markdown erst ab Zeile „–10“ mit der Suche beginnen muss. Also beeinflusst der didaktische Kontext, welche Form der Verschriftung günstig ist.

Diese Überlegungen basieren auf objektiv messbaren Merkmalen von Texten. Um diesen subjektive Betrachtungen gegenüberzustellen, wurden ein Experte in der Verschriftung von Lehrmaterialien für Blinde und zwei blinde Fachinformatiker*innen zu ihrer Einschätzung der Texte befragt. Ihr Feedback lässt sich wie folgt zusammenfassen.

- **Pfadbeschreibung:** Wurde als anstrengend und wenig praktisch bewertet. Begründet wurde dies mit dem Aufwand, die Baumstruktur aus den Pfaden zu rekonstruieren, da sich der Aufbau gemerkt werden muss.
- **Markdown:** Wurde als intuitiv bewertet. Begründet wurde dies damit, dass Lernende durch die Bindestriche gut verfolgen können, wie viele Schritte ein Element von der Wurzel entfernt ist. Die Bindestriche wurden aber auch als potentiell problematisch für eine Sprachausgabe angemerkt.
- **PlantUML:** Wurde als vorteilhaft für die Interaktion mit Sehenden beschrieben. Als nachteilig wurden die Textlänge sowie die Notwendigkeit der Einarbeitung angemerkt.

Dies wirkt konsistent mit der objektiven Einschätzung. Anzumerken ist aber, dass selbst bei diesem kleinen Personenkreis individuelle Unterschiede in der Einschätzung erkennbar

waren. Dies führt zu der Vermutung, dass eine ideale Verschriftung letztlich auch eine Frage persönlicher Präferenzen ist.

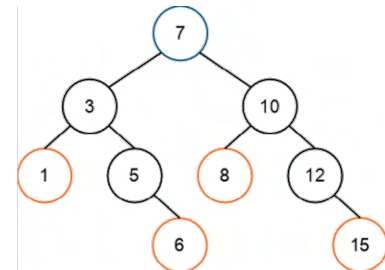
4. AUTOMATISIERUNG

Barrierefreiheit wird idealerweise im Sinne der „Accessibility First“ (Rosmaita, 2006) bei der Erstellung von Lehrmaterial berücksichtigt. Liegen Lehrmaterialien allerdings bereits in nicht barrierefreier Form vor, erfordert ihre Überarbeitung viel Zeit. Angesichts des Marktes moderner KI-Tools stellt sich die Frage, ob diese für blindengerechte Aktualisierungen genutzt werden können. Anwendungen (generativer) KI in Kombination mit maschinellem Sehen erscheinen geeignet. Ihre Fähigkeit, visuelle Informationen mit sprachlichen Kontexten zu verknüpfen, ermöglicht eine rasche Übersetzung von Bildern, Diagrammen und Tabellen in barrierefreie Schrift. Eine genauere Betrachtung offenbart jedoch Fallstricke, die bei unreflektierter Softwarenutzung auftreten können.

Erstens ist auf die Korrektheit der dargestellten Informationen zu achten. Obwohl KI-Tools große Mengen visueller Informationen schnell analysieren und verschriften können, bieten sie keine Gewähr auf die Qualität ihrer Textprodukte. KI kann Details übersehen und falsche Schwerpunkte setzen, was eine zentrale Anforderung an barrierefreie Lehrmaterialien nicht erfüllt.

Auch auf didaktischer Ebene muss die Gleichwertigkeit von Ursprungsmaterial und Alternativtext gewährleistet werden. Verschriftungen grafischer Inhalte können formal korrekt sein, jedoch suboptimal für den Lernerfolg. KI kann diese Denkschritte nur bedingt nachvollziehen (Kipper, 2020: 25). Didaktisch sinnvolle Aufbereitung erfordert das Dolmetschen zwischen Lehrmaterial und rezipierenden Personen. Blinden

Abb. 2: Einfache Verschriftung durch ChatGPT.



Du bist Lehrperson im Fach Informatik. Erstelle einen Alternativtext für die angehängte Grafik. Der Alternativtext sollte für blinde Studierende geeignet sein.

Alternativtext:

Die Grafik zeigt einen **binären Suchbaum** mit insgesamt **neun Knoten**. Die Struktur ist wie folgt aufgebaut:

• **Die Wurzel des Baums enthält die Zahl 7.**

• **Linker Teilbaum von 7:**

- Linkes Kind: **3**
 - Linkes Kind von 3: **1**
 - Rechtes Kind von 3: **5**
 - Rechtes Kind von 5: **6**

• **Rechter Teilbaum von 7:**

- Rechtes Kind: **10**
 - Linkes Kind von 10: **8**
 - Rechtes Kind von 10: **12**
 - Rechtes Kind von 12: **15**

Studierenden muss die Relevanz und das Verhältnis zu anderen Lerninhalten klarwerden. Andernfalls wird der didaktische Mehrwert einer Abbildung nicht zugänglich. Der Mangel an didaktischem Kontextverständnis schränkt die Nutzbarkeit von KI-Tools ein. Menschliche Expertise bleibt unerlässlich, um grafische Darstellungen sinnvoll in Verschriftungen zu transformieren.

Die Frage, ob KI sinnvoll bei der Überarbeitung von Lehrmaterialien für Blinde eingesetzt werden kann, bleibt. Eine Möglichkeit besteht darin, KI zur Unterstützung der Aufbereitung zu nutzen. Lehrpersonen oder Hilfskräfte mit Fachwissen können KI-assistiert Verschriftungen erzeugen und diese didaktisch sinnvoll aufwerten. Vorausgesetzt, sie sind für Prompt-Engineering sensibilisiert, können sie schnell Verschriftungen erzeugen. Der Einsatz von custom-GPTs durch Standardisierung und einheitliche Strukturierungen könnte die barrierefreie Überarbeitung unterstützen. Abb. 2 zeigt die Verschriftung des Baumes aus dem vorherigen Beispiel durch ChatGPT.

Alternativ können digitale Selbstlernsysteme mit integrierten KI-Funktionen wie HAnS (Freier et al., 2023) angeboten werden. Dabei handelt es sich um ein Assistenzsystem für das Selbststudium, welches Vorlesungsmaterialien unterschiedlicher Fächer sammelt und aufbereitet. Zentral sind dabei ein automatisiert erstelltes Transkript aller gesprochenen Inhalte eines Lehrvideos samt der Darstellung des dazugehörigen Foliensatzes. Ein integrierter KI-Tutor kann auf Basis des

Transkriptes sowie einer Vision-KI Fragen zu den Abbildungen und Texten beantworten. HAnS kann, KI-Kompetenz vorausgesetzt (Reinold & Freier, 2024), für blinde Studierende Vorteile bieten sowie die Überarbeitung des Materials vereinfachen. Gerade in Präsenzlehrveranstaltungen werden Abbildungen mitunter von den Lehrpersonen erläutert. HAnS ermöglicht durch die Wiedergabe aller verbalen Inhalte einen einfachen Zugriff auf solche Erläuterungen, sodass blinde Studierende



Auf [Folie 7] werden Beispiele komplexer Datenprodukte vorgestellt, wobei betont wird, dass Daten niemals ein perfektes Abbild der Realität sind. Dies wird durch das Beispiel der "Zensurlücke" veranschaulicht, bei der im Jahr 2011 etwa 1,5 Millionen Menschen in den Daten verschwanden. (...) Dieses Phänomen zeigt sich auch in dem Diagramm, das eine Zensurlücke durch demographischen Wandel zwischen 2009 und 2011 sichtbar macht. (...) Dieses Phänomen wird als Folge der Bevölkerungszunahme durch Anerkennung, bedingt durch Eingabe von Daten, erklärt [F. 7]

Abb. 3: Dialogische Beschreibung durch HAnS.

die Darstellungen unter Zuhilfenahme des Chatbots erfassen können. Beim Selbstlernen kann HAnS blinde Studierende unterstützen, indem diese den KI-Tutor zur Generierung ergänzender Informationen zu Abbildungen heranziehen. Abb. 3 zeigt die Antwort des integrierten Chatbots auf einen kurzen Prompt mit der Bitte, eine Abbildung zu beschreiben. Dozierende dagegen können das Transkript als Hilfe bei der Erstellung von Alternativtexten nutzen. Selbstlernassistenzsysteme wie HAnS ersetzen somit keine Alternativtexte, brechen jedoch die linearen Lernunterlagen durch dialogische Bezugnahme auf – der Mehrwert ist am größten, wenn Lehrmaterialien bereits barrierefrei er- oder überarbeitet worden sind.

5. ZUSAMMENFASSUNG UND DISKUSSION

Die Befunde des Beitrages basieren auf exemplarischen Beobachtungen und ergänzenden Überlegungen und sind daher nicht verallgemeinerbar. Sie verdeutlichen jedoch die Problematik bei der Erstellung blindengerechter Alternativtexte. Wie am Beispiel von Streck (2024) gezeigt, hängt die Wahl geeigneter Verschriftungen von der Nutzungssituation ab. Die Interaktion mit dem Text, die individuellen Präferenzen der Lernenden sowie die Zusammenarbeit mit Sehenden beeinflussen die Wahl der Verschriftung. Auch didaktische Überlegungen

erschweren allgemeingültige Vorgaben. Eine einfache Methode zur blindengerechten Überarbeitung von Lehrmaterial scheint daher unmöglich. KI-Tools können zwar unterstützen, ersetzen jedoch keine Fachkraft mit didaktischem Verständnis des Lehrmaterials (Härdich, 2024). Digitale Lehrsysteme können blinde Studierende unterstützen, ersetzen aber keine durchdachten Alternativtexte.

Die dargestellte Problematik legt die Ergänzung allgemeiner Leitfäden zur Erstellung barrierefreier Lehrmaterialien um fachspezifische Handreichungen nahe. Mitunter können unterschiedliche Nutzungsszenarien den Einsatz verschiedener Verschriftungen auch innerhalb eines Faches begründen. Es wird empfohlen, betroffene Studierende in Überarbeitungsprozesse miteinzubeziehen, um ihr Vorwissen, ihre Strategien im Umgang mit verschiedenen Textarten sowie ihre Präferenzen hinsichtlich genutzter Werkzeuge zu berücksichtigen.

Insgesamt präsentiert sich die Erstellung barrierefreier Inhalte für blinde Studierende als komplexe, aber keinesfalls unmögliche Aufgabe. Der Beitrag plädiert für ein Verständnis der blindengerechten Bereitstellung von Lehrmaterial nicht als Zusatzaufgabe, sondern als integraler Bestandteil didaktischer Planung. Nur so kann das Recht auf Bildung blinder Studierender gewahrt werden.

Literatur

Bayerisches Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst. (2022). Bayerisches Hochschulinnovationsgesetz (BayHIG) vom 5. August 2022 (GVBl. S. 414, BayRS 2210-1-3-WK), zuletzt geändert durch § 14 des Gesetzes vom 23. Dezember 2024 (GVBl. S. 605) und durch § 8 des Gesetzes vom 23. Dezember 2024 (GVBl. S. 632). <https://www.gesetze-bayern.de/Content/Document/BayHIG>

Bundesministerium des Innern und für Heimat. (2023). Erstellung von Dokumenten – Portal Barrierefreiheit. BMI / Referat DG II 1. Abgerufen am 3. April 2025 von <https://www.barrierefreiheit-dienstekonsolidierung.bund.de/Webs/PB/DE/umsetzungshilfen/dokumente/dokumente-node.html>

Daroczy, G., Wolska, M., Meurers, W. D., & Nuerk, H.-C. (2015). Word problems: A review of linguistic and numerical factors contributing to their difficulty. *Frontiers in Psychology*, 6, 348. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00348>

Deutsches Institut für Normung e. V. (2024). DIN 8581-1:2024-05 – Einfache Sprache. Anwendung für das Deutsche – Teil 1: Sprachspezifische Festlegungen. Beuth Verlag.

Freier, C., Bocklet, T., Helten, A. K., Hoffmann, F., Hunger, M., Kovács, L., & Simon, C. (2023). Wie kann videogestütztes Lernen die Erwartungen Studierender und Dozierender erfüllen? *Soziale Passagen*, 15(2), 631–635. <https://doi.org/10.1007/s12592-023-00478-0>

Reinold, L., & Freier, C. (2024). Zwischen Neugier und mangelnder KI-Readiness: Die Implementierung eines KI-Assistenzsystems für deutsche Hochschulen. *IfKom Journal*, (4), 4–7. https://www.ifkom.de/fileadmin/user_upload/IfKomJournal_04_2024.pdf

Härdrich, K. (2024). Digitale Barrierefreiheit für öffentliche Bildungseinrichtungen: Welche Unterstützung kann KI bieten? *API Magazin*, 5(2), 1–14. <https://doi.org/10.15460/apimagazin.2024.5.2.212>

Jacobs, L., & Hensel-Börner, S. (2020). Die Kraft effektiver Daten-Visualisierung – CLEAR(I): Ein Leitfaden zur wirkungsvollen Dashboard-Gestaltung. In S. Boßow-Thies, C. Hofmann-Stöling & H. Jochims (Hrsg.), *Data-driven Marketing* (S. 37–56). Springer Gabler. https://doi.org/10.1007/978-3-658-29995-8_3

Kerres, M. (2022). Mediendidaktik. In U. Sander, F. von Gross & K. U. Hugger (Hrsg.), *Handbuch Medienpädagogik* (S. 235–245). Springer VS. https://doi.org/10.1007/978-3-658-23578-9_12

Kipper, J., & Kipper, J. (2020). Künstliche Intelligenz: Fluch oder Segen? Metzler.

Koehler, M., & Mishra, P. (2009). What is Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK)? *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 9(1), 60–70. <https://www.learntechlib.org/d/29544/>

Lang, M., Hofer, U., & Winter, F. (2021). The Braille reading skills of German-speaking students and young adults with visual impairments. *British Journal of Visual Impairment*, 39(1), 6–19. <https://doi.org/10.1177/0264619620967689>

Menzies, R., Tigwell, G. W., & Crabb, M. (2022). Author reflections on creating accessible academic papers. *ACM Transactions on Accessible Computing*, 15(4), 1–36. <https://doi.org/10.1145/3546195>

Microsoft (2025). Make your content accessible to everyone. Microsoft Support. Abgerufen 7. April 2025 von <https://support.microsoft.com/en-us/office/make-your-content-accessible-to-everyone-ecab0fcf-d143-4fe8-a2ff-6cd596bddc6d>

Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, 63(2), 81–97. <https://doi.org/10.1037/h0043158>

PlantUML.com (o.J.). Open-Source-Tool, das einfache Textbeschreibungen verwendet UML-Diagramme zu zeichnen. Abgerufen am 7. April 2025 von <https://plantuml.com/de/>

Rosmaita, B. J. (2006). Accessibility first! A new approach to web design. *SIGCSE Bulletin*, 38(1), 270–274. <https://doi.org/10.1145/1124706.1121426>

Streck, E. (2024). Leitfaden zur Gestaltung von Lehrmaterialien für blinde Studierende in der Informatik (Bachelorarbeit, Fakultät Informatik, Technische Hochschule Georg Simon Ohm). <https://doi.org/10.34646/thn/ohmdok-3612>

Vereinte Nationen. (1948). Allgemeine Erklärung der Menschenrechte. <https://www.ohchr.org/en/human-rights/universal-declaration/translations/german-deutsch>

Vereinte Nationen. (2006). UN-Behindertenrechtskonvention. https://www.institut-fuer-menschenrechte.de/fileadmin/Redaktion/PDF/DB_Menschenrechtsschutz/CRPD/CRPD_Konvention_und_Fakultativprotokoll.pdf

Weber, G. (2020, 22. April). Tipps und Hilfestellung zur Barrierefreiheit der digitalen Lehre. TU Dresden. Abgerufen am 28. Mai 2025 von https://tu-dresden.de/studium/im-studium/ressourcen/dateien/corona_imstudium/Tipps-barrierefreie-Lehre_formatiert.pdf

World Wide Web Consortium. (2024). Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.2 (W3C Recommendation). <https://www.w3.org/TR/WCAG22/>

Angaben zur Autorin und zu den Autoren

Emilia Streck

schloss 2025 an der Technischen Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm ihren Bachelor in Informatik ab. In ihrer Bachelorarbeit erforschte sie, wie Informatiklehreinhalte für blinde Studierende verschriftet werden können.

Luca Reinold

studierte Soziologie und Geographie an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg. Er begleitet die Entwicklung des KI-gestützten Lehr-Lernsystems „HAnS“ an der TH Nürnberg. Hier beforstet er unter anderem, wie KI Nutzenden den Studienalltag erleichtern kann.

Prof. Dr. Alexander Kröner

lehrt im Gebiet der Medieninformatik an der Fakultät Informatik der TH Nürnberg. In Lehre und Forschung untersucht er das Zusammenspiel von Content-Management und Mensch-Computer-Interaktion.

PREDICTIVE LEARNING ANALYTICS GENERIERT LERNFEEDBACK: KI-DESIGN, HERAUSFORDERUNGEN, ERSTE ERGEBNISSE

Elmar Junker, Anne Sanewski, Nicole Kraus, Thomas Schweser, Finn Schmidt, André Kajtar, Ulrich Wellisch, Silke Deschle-Prill
Technische Hochschule Rosenheim, www.pro-aktjv.de

ZUSAMMENFASSUNG

Das Projekt FANTASTIC nutzt Learning Analytics, um Studierenden personalisiertes Feedback und Prognosen zum möglichen Prüfungserfolg zu geben, den Lernfortschritt zu fördern und Studienabbrüche zu reduzieren.

Im Physikkurs für Wirtschaftsingenieurwesen werden KI-Modelle mit historischen Daten aus 6 Jahren trainiert. Indikatoren aus Vorwissen und Moodle-Aktivitäten fließen in erklärbare Prognosemodelle (Decision Tree, Logistische Regression) ein. Herausforderungen sind Datenaufbereitung und Merkmalsauswahl.

Das mit Studierenden entwickelte Feedback-Design kombiniert motivierende E-Mails mit Peer-Coachings. Die E-Mails enthalten die KI-Prognose, individuelle Lernempfehlungen sowie Vergleichsdaten mit Kommilitonen und Hinweise auf Unterstützungsangebote. Etwa 95 % der Studierenden nutzen das Angebot. Im Vergleich zum Sommersemester 2023 (SS23) ohne Learning Analytics sinkt die Durchfallrate im SS24 mit hoher statistischer Signifikanz ($p < 0.001$) von 34 % auf 20 %.

Die Verarbeitung persönlicher Daten erfolgt mit Einwilligung und Datenschutzkonzept.

Keywords: Learning Analytics, Künstliche Intelligenz (KI), Coaching, Lernverhalten, Durchfallraten

1. (PREDICTIVE) LEARNING ANALYTICS

Learning Analytics (LA) umfasst die Erfassung, Analyse und Interpretation von Daten aus Lernprozessen, um Lernverhalten zu verstehen, Lehrstrategien zu verbessern und Studierende gezielt zu unterstützen. Es dient der retrospektiven Analyse und auch der Echtzeit-Unterstützung.

Predictive Learning Analytics (PLA) ist eine spezifische Unterkategorie von LA, die sich auf die Vorhersage zukünftiger Lernereignisse oder -erfolge konzentriert. Mithilfe von KI-gestützten Modellen und statistischen Methoden werden individuelle Risiken (z. B. Nichtbestehen der Prüfung oder Studienabbruch) frühzeitig erkannt, um gezielte Interventionen zu ermöglichen.

LA analysiert also Lernprozesse, während PLA zukünftige Entwicklungen prognostiziert, um präventiv einzugreifen. Das Forschungsfeld ist über die letzte Dekade sehr stark gewachsen (Suhonen, 2018; Lang et al., 2017; Suhonen et al., 2019; Lang et al., 2022; Sghir et al., 2023; SoLAResearch, 2025).

2. MOTIVATION UND ZIEL

Unsere Forschung ist angeregt durch Studien, in denen mit Hilfe von Learning Analytics und einer kurzen E-Mail die Durchfallraten in Mathematik halbiert wurden (Popp et al., 2018; Ciolacu, 2022).

Das Projekt FANTASTIC (Feedback based on Analytics of Teaching and Studying meets Individual Coaching) integriert folgende drei Säulen, um besseres Lernverhalten und niedrigere Durchfallraten zu realisieren:

- Entwicklung von Machine-Learning-Modellen (MLM), die das wahrscheinliche Prüfungsergebnis von Studierenden durch Vergleich ihrer Datenspuren mit Vorgängerkohorten vorhersagen. Sie dienen als Grundlage für die Generierung von Feedback-E-Mails (Abb. 1), die das prognostizierte Prüfungsergebnis in Kombination mit dem aktuellen Leistungsstand in einem datenbasierten Dashboard, sowie personalisierten Lernempfehlungen an die Studierenden übermitteln.
- Qualifizierung von Peer-Coaches, die als Lernbegleiter für die Studierenden fungieren. Sie unterstützen nicht nur fachliches Lernen, sondern tragen auch zur Verbesserung übergreifender Herausforderungen wie Zeitmanagement, Motivation und Selbstwirksamkeit bei.
- Differenzierung der Lernmaterialien, insbesondere durch die Optimierung des fachlichen Feedbacks in Quizaufgaben, sowie die präzisere Formulierung und Anpassung der Lernziele für einzelne Kapitel.

Das Learning Analytics Feedback mit KI wird LAKI genannt und besteht aus i) KI-Prognose, ii) Dashboard-Grafiken mit Feedback, iii) Lerntipps und Coaching-Angeboten. Dieser Artikel fokussiert dabei auf KI- und Feedback-Design mit Ergebnissen.

3. KURSDESIGN UND DATENBASIS

Die Untersuchungen finden im Kurs Physik für Wirtschaftsingenieurwesen statt. Der zweisemestrige Kurs schließt im ersten Semester mit einem unbenoteten Leistungsnachweis (LN) als Prüfungszulassung ab, im zweiten mit einer Prüfung über die gesamten Inhalte. Der Kurs ist seit zehn Jahren stabil: gleiche Inhalte, gleiche Lehrperson und ein aktivierender Unterrichtsstil mit Just-in-Time-Teaching (JiTT), Peer Instruction und Tutorials nach McDermott (Novak et al., 1999; Mazur, 1997; McDermott, 2011; Schäfle et al., 2023). Das Studiermaterial wurde und wird kontinuierlich verbessert.

Jedes Studienjahr hat begleitende Moodle-Kursräume mit Studiermaterial und bis zu 39 Quiz: WarmUp-Quiz für die JiTT-Vorbereitung und Deepening-Quiz für die Nachbereitung.

Zusätzlich liegen Daten der Studierenden außerhalb von Moodle vor, z. B. Ergebnisse des Forced-Concept-Inventories (FCI) nach Hestenes et al. (1992), sowie Fragebogendaten zur Art der Hochschulzugangsberechtigung und zur Zahl der Physik-Schulstunden.

Seit dem Studienjahr 2023/24 erhalten die Studierenden Learning Analytics Feedback. Dazu werden die 6 Studienjahre von 2014/15 bis 2019/20 für das Training der MLMs verwendet. Nur die Daten von 431 sogenannten „echten Erstsemestern“, die zum frühestmöglichen Zeitpunkt die Prüfung geschrieben haben, fließen ein. Die Daten von Wiederholern werden nicht verwendet.

4. FEEDBACK-DESIGN

Feedback umfasst (Hattie et al., 2007; Hattie, 2018):

- Feedback (aktueller Lernstand): Individuelle Rückmeldungen zu Vorwissen, Quiz-Ergebnissen und Aktivität im Kursraum.
- Feedup (angestrebte Lernziele): Eine Übersicht der Lernziele, die den Studierenden klare Orientierung darüber gibt, welche Kenntnisse und Fähigkeiten für den erfolgreichen Abschluss erforderlich sind.
- Feedforward (nächste Schritte zum Lernziel): Individuelle Empfehlungen, wie der Lernprozess durch zusätzliche Lernhilfen optimiert werden kann.

Diese drei Elemente des Feedbacks arbeiten synergetisch zusammen. Durch diese integrierte Herangehensweise wird der Lernprozess gezielt unterstützt und die Studierenden erhalten eine strukturierte Grundlage, um ihre Lernziele effektiv zu erreichen.

Die Feedback-E-Mail von LAKI (Abb. 1) ist deutlich komplexer und lernförderlicher umgesetzt als in der einfachen E-Mail der Pilotstudie von Popp et al. (2018), denn sie gibt ein Gesamtfeedback, wo man im Lernprozess steht inkl. motivierenden Rückmeldungen auf verschiedenen Ebenen:

- KI-basiertes Feedback mit Prognose über das mögliche Prüfungsergebnis,
- Dashboard-Grafiken als detaillierte Statusrückmeldungen mit Analysen und Lernempfehlungen und Vergleichen mit den Kommilitonen,
- Tipps zu Lerntechniken & Selbstmanagement sowie Coaching-Angeboten.

In einem EMPAMOS-Workshop (2023) wurden Studierende aktiv in die Entwicklung der Feedback-E-Mails eingebunden. Außerdem geben die aktuellen Studierenden nach jeder LAKI-Mail

in einer Befragung Rückmeldungen ab, die in einem iterativen Prozess in die Gestaltung der folgenden E-Mails einfließen. Wichtig ist das „Framing“ im Unterricht, um das Ziel von LAKI zu vermitteln und die Sorgen (z. B. ‚mehr Druck‘) sowie Erwartungen der Studierenden ernst zu nehmen.

Flankiert werden die E-Mails durch Peer-Coaching: Studierende höherer Semester werden in einem Wahlfach zu Lernbegleitern ausgebildet. Sie helfen, Lernprozesse zu reflektieren, und unterstützen ihre Mitstudierenden bei der Weiterentwicklung des Lernverhaltens. Peer-Coaches ergänzen das technologiegestützte System aus Learning Analytics und KI-basiertem Feedback. Diese Kombination fördert das Lernen nicht nur kognitiv, sondern auch auf sozialer und emotionaler Ebene – und steigert so die Akzeptanz und Umsetzung des Feedbacks.

Die Mehrheit der Studierenden zeigt sich insgesamt sehr zufrieden mit dem Vorgehen. Besonders geschätzt wird, dass der aktuelle Lernstand sowie Stärken und Schwächen auf einen Blick erkennbar sind. Es besteht der Wunsch nach noch individuellerem Feedback. Nur eine kleinere Gruppe hält das KI-basierte Feedback für nicht erforderlich, einige wenige lehnen den Vergleich mit Mitstudierenden eher ab.

Für die LAKI-Mail im SS24 haben sich 59 von 63 Erstsemestern in Moodle auf Grundlage eines Datenschutzkonzeptes für die Verarbeitung ihrer personenbezogenen Daten und die Teilnahme an der Learning Analytics Prognose entschieden, zusätzlich erhielten 19 Wiederholer die Dashboard-Grafiken und Lerntipps.

Einen Auszug aus der Feedback-E-Mail mit Dashboard-Grafiken zeigt Abb. 1.

Servus vorname_35 nachname_35,



wir kennen uns zwar schon, aber ich stelle mich trotzdem nochmal kurz vor: Mein Name ist LAKI und ich bin deine **LearningAnalytics-KI**. In den letzten Wochen habe ich deine Datenspuren ausgewertet und daraus folgende Informationen für dich zusammenstellen können:

- deine persönliche **KI-Prognose**
- eine **Datenspuren-Übersicht** mit den Zahlen-Daten-Fakten zu wichtigen Lernindikatoren mit individuellem **Feedback** – dieses Mal auch mit **Grafiken**
- **Vorbereitungs-Tipps** für die anstehende Prüfung

Dieser Link führt dich zu einer [Umfrage im LC](#), für die es wieder einen Bonuspunkt gibt. Deine Teilnahme hilft mir sehr, mich weiter zu verbessern! Den Link gibt es auch nochmal im PS am Ende des Briefes!

KI-Prognose

Hier wurden viele lernrelevante Indikatoren in einem mathematischen Modell ausgewertet und eine Prognose für deinen denkbaren Prüfungserfolg berechnet, dies ist ein Trend und soll dir helfen, den letzten Lernmonat zu optimieren. Wahrscheinlich macht es Sinn in deiner Lernstrategie etwas zu verändern.

Viele Studierende mit ähnlichen Daten haben sich mit der Prüfung eher schwer getan. Bitte beachte: Diese Prognose zeigt lediglich eine Wahrscheinlichkeit auf und keine Gewissheit. Deine individuellen Fähigkeiten, deine Vorbereitung und dein Engagement im Endspurt haben einen entscheidenden Einfluss darauf, wie du in der Prüfung abschnidest. Nutze meine Prognose als Ansporn, um deine Vorbereitung zu intensivieren und zu fokussieren, d.h. gezielt an den Inhalten zu arbeiten, bei denen du noch unsicher bist. Hole dir weitere Unterstützung in (d)einer Lerngruppe, beim Tutor oder Prof! Bleib optimistisch, du hast es in der Hand, das Ergebnis zu beeinflussen!

Viele der hier gezeigten Daten sind sicher keine Überraschung für dich. Und unter Umständen hast du sogar überlegt, die Prüfung zu schieben. Dies ist aber keine Option! Die Vergangenheit hat gezeigt, dass dies eher zu noch größeren Lücken führt. Daher nutze den Endspurt, schreibe die Prüfung unbedingt mit, um zu sehen, wo du wirklich stehst.

In deinem letzten Mechanik-Test vom 3.5.2024 hast du 57% erreicht (Semesterschnitt: 42%). Überprüfe auch hier nochmal deinen aktuellen Wissensstand, um dortige Lücken angehen zu können.

Abb. 1: Auszug aus der LAKI-Mail vom SS24. Zwei aktuellere Beispiele siehe LAKI (2025)

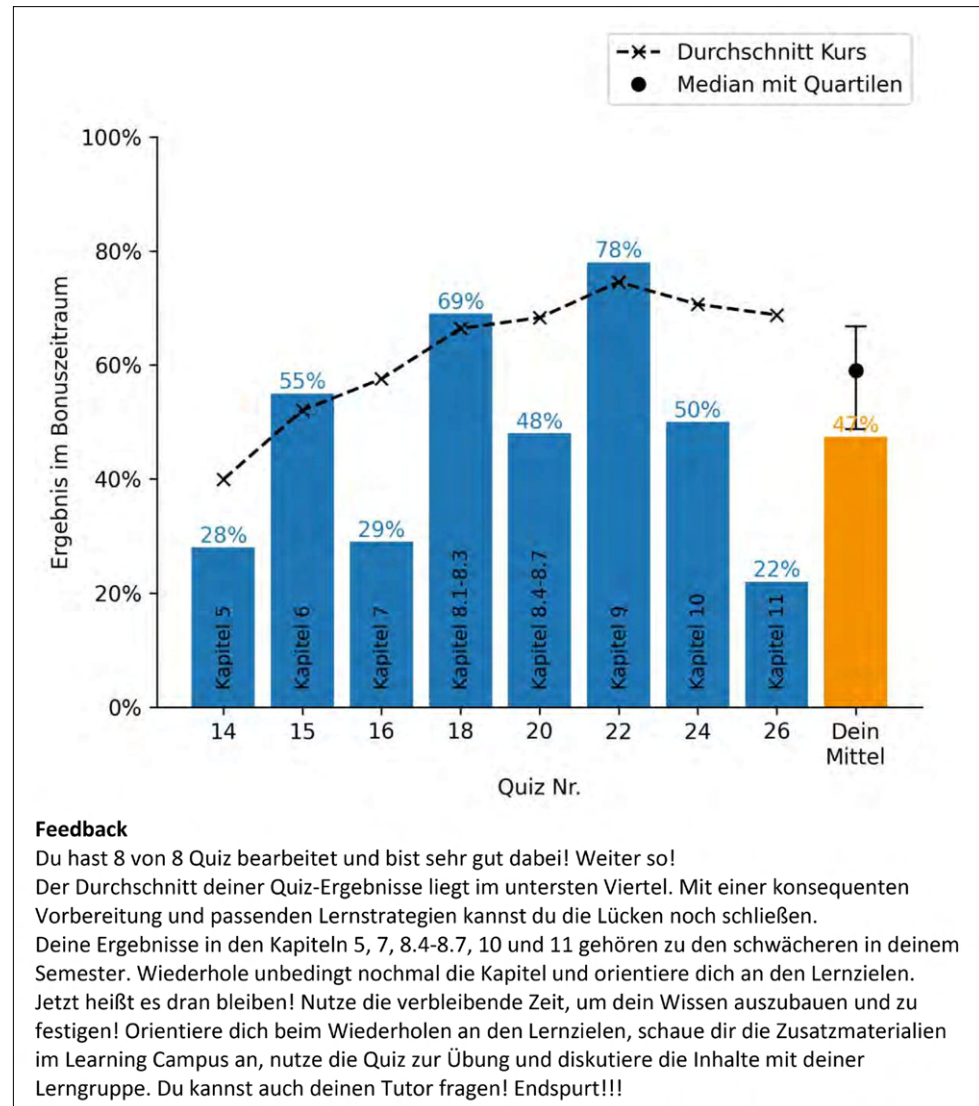


Abb. 1: Auszug aus der LAKI-Mail vom SS24. Zwei aktuellere Beispiele siehe LAKI (2025)

5. KI-DESIGN

Um qualifiziertes Feedback geben zu können, ist der Fokus auf MLs gelegt, die intrinsisch erklärbar sind: Decision Tree (DT) und Logistische Regression (LR). Bei diesen Modelltypen ist nachvollziehbar, warum eine Person einer bestimmten Klasse (z. B. „Gefährdet“) zugeordnet wird, dies kann für das Feedback genutzt werden. Da künstliche neuronale Netze (NN) dies nicht einfach leisten können, werden sie explizit zurückgestellt.

Hier fokussieren wir auf die Prognose für die Prüfung im SS24, die final nur LR nutzt. Ein geplantes Ensemble von DT und LR kommt nicht zum Einsatz, da die LR dem DT und dem Ensemble nach den verwendeten Gütemaßen überlegen ist (s. u.).

Es werden alle 431 Studierende in zwei Klassen eingeordnet: ‚0‘= ‚Gefährdet‘, d. h. schlechte Prüfungen $\leq 57\%$ Prüfungspunkte (etwa Note 4) und ‚1‘= ‚Besteher‘, d. h. bessere Prüfungen $> 57\%$. Die LR berechnet die Wahrscheinlichkeit zur Klasse 1 zu gehören.

Im ersten Schritt werden im Team fast 100 mögliche Indikatoren/Merkmale identifiziert, die vermutlich mit dem Prüfungserfolg korrelieren. Einige davon werden im Entwicklungsprozess der MLs bearbeitet, z. B. Quiz-Ergebnisse oder die Klicks über bestimmte Zeiträume gemittelt. Mehr zu MLs: Hosmer et al., 2000; Mahesh, 2020; Iqbal et al., 2015; Hastie et al., 2009.

Weiterhin ist beim Data-Preprocessing das sogenannte NULL-Handling wichtig. Dabei wird festgelegt, wie mit fehlenden Werten verfahren wird, z. B. falls es weniger Quiz in früheren Studienjahren gab, oder falls Studierende bei einzelnen Quiz oder beim FCI nicht teilnahmen (z. B. Quiz fehlt, dann Wert := 0).

Für die LR-Modellierung werden 10 % der Daten (43 von 431) als Testdatensatz zurückgehalten. Die übrigen 388 Fälle werden im Verhältnis 70:30 in Trainings- (271) und Validierungsdaten (117) aufgeteilt.

Auf den Trainingsdaten erfolgen:

- i) die finale Merkmalsauswahl mittels schrittweiser Regression, basierend auf dem Akaike-Informationskriterium (AIC) sowie
- ii) die Bestimmung der Bestehenswahrscheinlichkeit, ab der Klasse 1 zugeordnet wird (Threshold), wobei dieser Schwellenwert mithilfe von Leave-One-Out-Cross-Validation auf 0,5 festgelegt wird. Validierungsdaten dienen der Modellanpassung und Testdaten der abschließenden Leistungsbeurteilung des Modells (Generalisierbarkeit).

Nach erfolgter Validierung wird das Modell auf Trainings- und Validierungsdaten trainiert, um präzisere Gütekriterien zu erhalten.

Aufgrund des sehr kleinen Datensatzes wird das finale Modell nach abgeschlossener Merkmal- und Thresholdauswahl auf allen 431 Daten trainiert und damit leicht modifiziert. Es umfasst 7 Merkmale (alle nach Wald-Tests hoch signifikant $p < 0.003$). Für das KI-basierte Feedback werden 5 Gruppen („auf sehr gutem Weg“ bis „schwer getan“, abhängig von der Wahrscheinlichkeit der Klasse 1 anzugehören) gebildet und den Studierenden kommuniziert.

		Vorhersage			
		Positiv (Besteher ,1')		Negativ (Gefährdet ,0')	
		N / % der 43 Testdaten		N / % der 43 Testdaten	
Tatsächlich	Positiv (Besteher ,1')	True Positives (TP) <i>Besteher mit Besteher-Prognose</i>	14 / 33 %	False Negatives (FN) <i>Besteher mit Gefährdet-Prognose</i>	5 / 12 %
	Negativ (Gefährdet ,0')	False Positives (FP) <i>Gefährdete mit Besteher-Prognose</i>	7 / 16 %	True Negatives (TN) <i>Gefährdete mit Gefährdet-Prognose</i>	17 / 40 %

Tab. 1: Konfusionsmatrix für die 43 Testdaten der Logistischen Regression (trainiert auf 388 Daten).

6. ERGEBNISSE UND SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die Konfusionsmatrix in Tab. 1 zeigt für die LR, dass ein MLM teils richtige (TP, TN), teils falsche Vorhersagen (FP, FN) trifft. Befragungen von Lehrenden und Studierenden ergaben, dass FP (Prognose: „du bestehst“, aber man fällt durch) kritischer wahrgenommen werden als FN. Daher wird für alle drei MLMs die Spezifität bei gleichzeitig guten weiteren Gütemaßen (Tab. 2) maximiert. Die Gütemaße berechnen sich aus den dazugehörigen Konfusionmatritzen.

Tab. 2 zeigt, dass die LR sowohl dem DT als auch dem Ensemble zwischen DT und LR überlegen ist, alle Gütemaße sind höher. Daher wird die finale Prognose für die LAKI-Mail mit LR durchgeführt.

Der Liftplot in Abb. 2 zeigt die gute Vorhersagekraft und Trennungseigenschaft der LR. Dazu werden die Validierungsdaten nach den Prognosewahrscheinlichkeiten der auf den Trainingsdaten entwickelten LR aufsteigend geordnet und in 10 etwa gleich große Gruppen eingeteilt (Gruppe 1: niedrige, Gruppe 10: hohe Bestehenswahrscheinlichkeit). Der Plot zeigt in blau für

MLM-Typ	DT	LR	DT-LR- Ensemble
Sensitivität (Recall)	0,53	0,74	0,63
Spezifität	0,67	0,71	0,71
Accuracy	0,60	0,72	0,67
Precision	0,56	0,67	0,63
F1-Score (auf Klasse 0)	0,65	0,74	0,71
F1-Score (auf Klasse 1)	0,54	0,70	0,63

Tab. 2: Gütemaße der auf 388 Daten trainierten MLM bezogen auf die 43 Testdaten berechnet aus den zugehörigen Konfusionsmatritzen. F1-Score auf Klasse 0: $2TN/(2TN+FP+FN)$; F1-Score auf Klasse 1: $2TP/(2TP+FP+FN)$, Details: Wikipedia (2025).

jede Gruppe den Mittelwert der Prognosewahrscheinlichkeiten und in rot den Anteil der tatsächlichen Besteher. Die Gruppenmittelwerte sind durch Linien verbunden. Der Vergleich der ersten mit den letzten Gruppen belegt die gute Trennungseigenschaft des Modells. Da die Mittel der Prognosewahrscheinlichkeiten und die Anteile der Besteher innerhalb der Gruppen

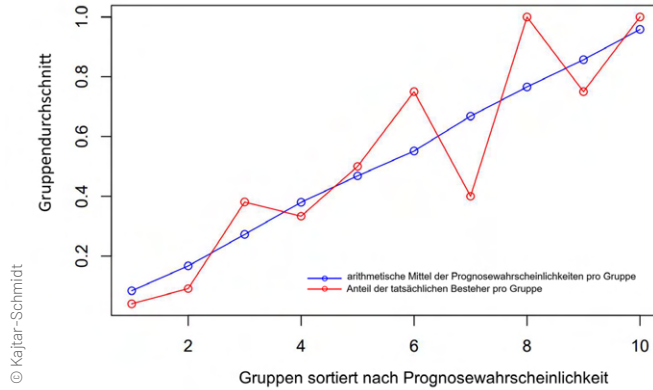


Abb. 2: Der Liftplot zeigt die Effektivität der Logistischen Regression für die Validierungsdaten für 10 Gruppen, sortiert nach Prognosewahrscheinlichkeit. Blau: arithmetische Mittel der Prognosewahrscheinlichkeiten pro Gruppe, Rot: Anteil der tatsächlichen Besteher pro Gruppe.

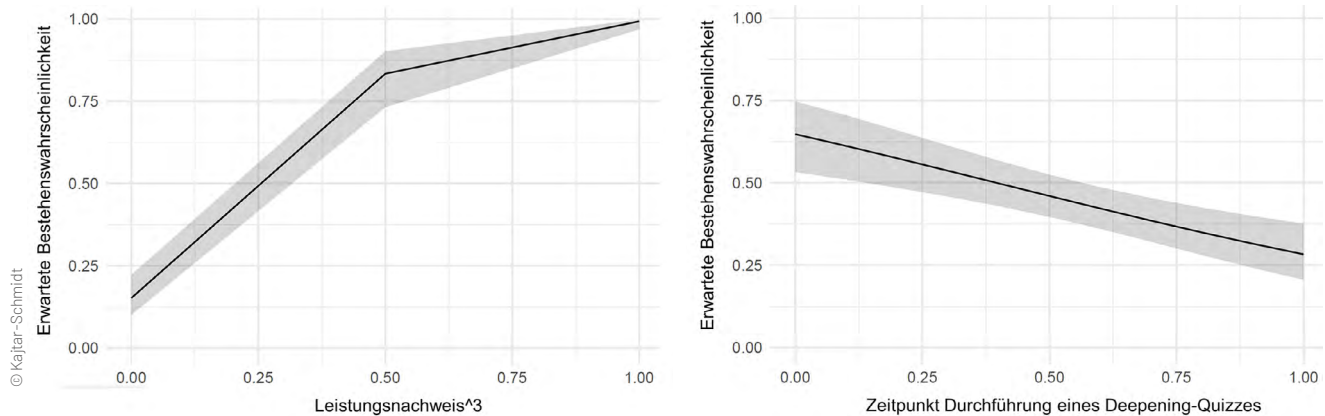


Abb. 3: Effectplots zeigen den Einfluss zentraler Prädiktoren auf die prognostizierte Bestehenswahrscheinlichkeit der Prüfung: links Leistungsnachweisergebnis hoch 3, rechts Zeitpunkt der Quizdurchführung eines der Deepening-Quizzes (0,0 bedeutet Quizdurchführung bei Quizöffnung; 1,0 bedeutet: Durchführung kurz vor Quizschließung).

meist eng beieinanderliegen, ist auch die Prognosegüte hoch. Zudem lassen sich Über- und Unterschätzungen erkennen, die Hinweise auf mögliche Modelloptimierungen liefern.

In die finale LR fließen 7 ausgewählte Merkmale ein. Beispielfhaft zeigen die Effectplots (Fox et al., 2019; Fox, 2003) in Abb. 3

den Einfluss des Leistungsnachweises (LN) am Ende des ersten Semesters und des Zeitpunkts der Durchführung eines Deepening-Quiz auf die geschätzte Bestehenswahrscheinlichkeit. Der kubisch transformierte LN (links) weist einen deutlich positiven Zusammenhang auf: Höhere Punktzahlen gehen mit steigender Bestehenswahrscheinlichkeit einher, wobei sich

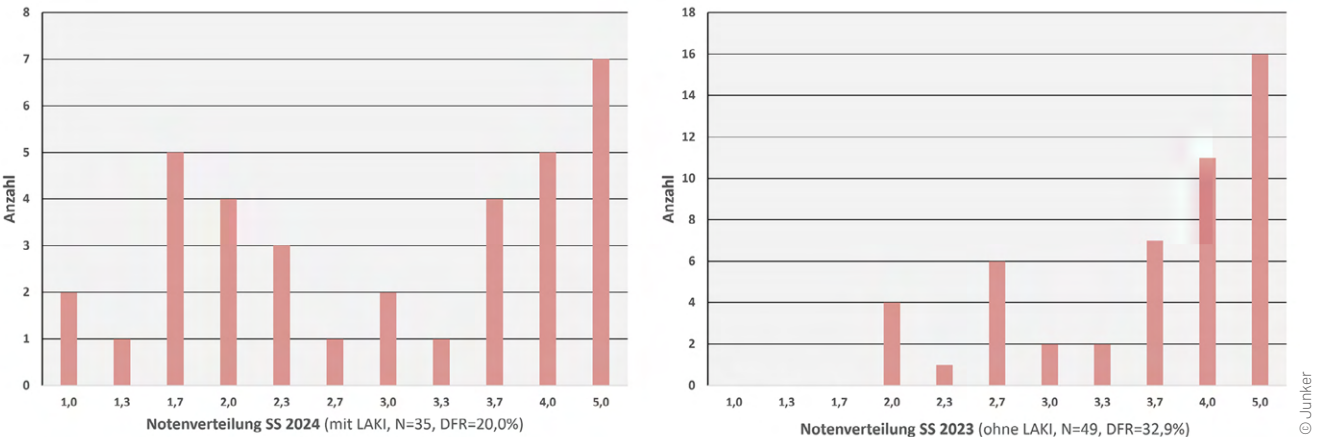


Abb. 4: Notenstatistiken vergleichbarer Physikprüfungen, links SS24 mit LAKI-Feedback, rechts SS2023 ohne LAKI-Intervention (d. h. KI-Prognose, Dashboard- & Lernfeedback, Coachings).

der Anstieg bei höheren Werten abschwächt. Der Deepening-Quiz-Zeitpunkt (rechts) zeigt hingegen einen negativen Effekt – spätere Durchführungen sind mit geringerer Bestehenswahrscheinlichkeit assoziiert.

Die dargestellten Analysen zeigen, dass die Prüfungsergebnisse auf der Datenbasis mithilfe von LR sehr gut prognostizierbar sind und die Wirkungsweise der Merkmale eine sachlogisch konsistente Erklärung geben.

Im Einführungsstudienjahr der LAKI-Mails ist der Einfluss auf die finalen Prüfungsergebnisse deutlich und überraschend groß. Die Notenverteilung in der Prüfung mit LAKI-Feedback (SS24) ist deutlich besser als im Vorjahr ohne LAKI-Feedback und die Durchfallrate sinkt stark (siehe Abb. 4 und Tab. 3).

Statistische Tests (Kolmogorov-Smirnov, Wilcoxon, Fisher) zeigen mit hoher Signifikanz (p -Werte zwischen 0.0024 und

	Ø 2014-2023	SS 2023	SS 2024
Durchfallrate in %	41,0	32,7	20,0
Notenmittel	3,79	3,86	3,10
%-Mittel	51,4	49,5	59,9
N	708	49	35

Tab. 3: Kennzahlen der Prüfungsergebnisse, 2023 ohne LAKI, 2024 mit LAKI.

0.0097 für Notenverteilung (Abb. 4), sowie Punkte- und Notenmittelwerte), dass sich die Prüfungsergebnisse durch LAKI im SS24 signifikant verbessert haben. Nur beim Verhältnis „bestanden/nicht bestanden“ liegt mit $p=0.15$ kein signifikanter Unterschied vor, was an der kleinen Anzahl der Prüfungen in diesem Semester liegen könnte. Die Durchfallrate (DFR) 2024 sinkt – bei etwa gleicher Antrittsrage – auf die niedrigste seit 2014; im Vergleich zum Schnitt aller DFR seit 2014 ist sie höchst signifikant kleiner ($p=0.00068$) (Tab. 3).

7. AUSBLICK

Es ist geplant, künstliche neuronale Netze (NN) als Konkurrenz zur LR zu testen. Ist die Prädiktionsgüte tatsächlich höher? Dennoch sollte an der Erklärbarkeit der Modelle festgehalten werden. Methoden der erklärbaren KI (xAI, Adadi et al., 2018; Khosravi et al., 2022) könnten auch bei NN oder anderen ML-Verfahren wie Ensemble-Methoden oder Gradient Boosting zum Einsatz kommen.

Das Ziel der Übertragung des MLM auf andere Kurse, erweist sich wegen der notwendigen Aufbereitung eines brauchbaren Datensatzes und der Erstellung neuer Modelle als sehr aufwändig. Für künftige Implementierungen entwickeln wir derzeit eine Anleitung auf Basis unseres bisherigen Vorgehens. Es wäre evtl. denkbar, das Feedback ohne Prognose, ausschließlich über Grafiken und passende Texte zu geben.

Geplant ist eine genauere Untersuchung, bei welchen Studierenden das Projekt nicht wirkte und warum. Die Daten vom SS24 dienen als Grundlage für weitere Analysen, um etwa Art und Zeitpunkt der Kommunikation mit Studierenden zu optimieren – der Beginn einer datenbasierten Lernschleife.

Offene Fragen bei dieser Anwendung von Predictive Learning Analytics, die man in neuen Projekten, besonders auch bei größeren Studierendenzahlen untersuchen sollte:

- Es gibt keine Kontrollgruppe wie in klinischen Studien mit Placebos. Dies ist praktisch kaum umsetzbar, da aus Gleichbehandlungsgründen niemandem Informationen vorenthalten werden dürfen. Zudem wäre die Zahl der Datenpunkte zu stark reduziert. Es sollte daher über alternative Kontroll-Mechanismen zur Prognosegüte und Wirksamkeit geforscht werden.

- Korrelation heißt nicht Kausalität, es gibt auch Scheinkorrelationen (z. B. Störche- und Baby-Zahlen korrelieren mit $p < 0.01$, Matthews, 2000). Die Kausalität zwischen Lernaktivitäten, Vorwissen und Prüfungserfolg wird jedoch allgemein akzeptiert.
- Interessant wären Studien, die Lernfeedback ohne KI und MLM geben:
 - nur Dashboard-Grafiken mit Kohortenvergleich und allgemeinen Lerntipps ohne Prüfungsprognose.
 - nur intensive allgemeine Lerntipps zu Retrieval (Roediger et al., 2006), Zeitmanagement und Peer-Coaching.

Danksagung

Diese Arbeit wird von der Stiftung für innovative Hochschullehre mit den Projekten HigH-RoQ (Projektnr FMM2020-EA-150) und FANTASTIC (Projektnr FR-388/2023) gefördert.

Danke auch an Josip Lackovic für das Datenbankmanagement, Stefanie Neumaier für den EMPAMOS Workshop und Birgit Naumer für die Unterstützung in der Projektleitung.

Literatur

Adadi, A., & Berrada, M. (2018). Peeking inside the black-box: A survey on explainable artificial intelligence (xAI). IEEE Access, 6, 52138–52160. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2870052>

Ciolacu, M., & Popp, H. (2022). KI- und IoT-unterstützter Blended Learning Prozess – Education 4.0. In C. Walter & P. Riegler (Hrsg.), Tagungsband zum Forum der Lehre an der OTH Regensburg (S. 95–105). BayZiel – Didaktikzentrum. Abgerufen am 14.07.2025, von https://bayziel.de/wp-content/uploads/DiNa_2022-05_Sonderausgabe_FdL.pdf

EMPAMOS. (2023). Abgerufen am 14.07.2025, von <https://www.empamos.de/de/>

Fox, J. (2003). Effect displays in R for generalised linear models. *Journal of Statistical Software*, 8(15), 1–27. <https://doi.org/10.18637/jss.v008.i15>

Fox, J., & Weisberg, S. (2019). *An R companion to applied regression* (3rd ed.). Sage Publications. Abgerufen am 14.07.2024, von <https://www.john-fox.ca/Companion/index.html>

Hastie, T., Tibshirani, R. & Friedman, J. (2009). *The elements of statistical learning*. In Springer series in statistics. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-84858-7>

Hattie, J., & Timperley, H. (2007). The power of feedback. *Review of Educational Research*, 77(1), 81–112. <https://doi.org/10.3102/003465430298487>

Hattie, J. (2018). *Lernen sichtbar machen für Lehrpersonen* (S. 131–156). Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.

Hestenes, D., Wells, M., & Swackhamer, G. (1992). Force concept inventory. *The physics teacher*, 30(3), 141–158.

Hosmer, D. W., Lemeshow, S. (2000). *Applied logistic regression*. Wiley. <https://doi.org/10.1002/0471722146>

Iqbal, M. & Zhu, Y. (2015). Supervised machine learning approaches: A survey. *ICTACT Journal on Soft Computing*, 5(3), 946–952. <https://doi.org/10.21917/ijsc.2015.0133>

Khosravi, H., Shum, S. B., Chen, G., Conati, C., Tsai, Y.-S., Kay, J., Knight, S., Martinez-Maldonado, R., Sadiq, S., & Gašević, D. (2022). Explainable artificial intelligence in education. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 3. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100074>

LAKI. (2025). LAKI Feedback-E-Mails des Projekts FANTASTIC. PRO-Aktiv-Team. Abgerufen am 14.07.2025, von <https://tlp.de/pro-aktiv-laki-beispiel-emails>

Lang, C., Siemens, G., Wise, A., & Gašević, D. (2017). *The handbook of learning analytics* (1st ed.). SoLAR Vancouver. <https://doi.org/10.18608/hla17>

Lang, C., Siemens, G., Wise, A., Gašević, D., & Merceron, A. (2022). *The handbook of learning Analytics* (2nd ed.). SoLAR Vancouver. <https://doi.org/10.18608/hla22>

Mahesh, B. (2020). Machine learning algorithms – A review. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 9(1), 382–386. <https://doi.org/10.21275/ART20203995>

Matthews, R. (2000). Storks deliver babies ($p=0.008$). *Teaching Statistics*, 22(2), 36–38. <https://doi.org/10.1111/1467-9639.00013>

Mazur, E. (1997). *Peer instruction: A user's manual*. Prentice-Hall. Deutsche Übersetzung: Mazur, E. (2017). *Peer Instruction: Interaktive Lehre praktisch umgesetzt* (G. Kurz und U. Harten, Hrsg.). Springer Spektrum. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-54377-1>

McDermott, L. C., & Shaffer, P. S. (2011). Tutorien zur Physik. Pearson Deutschland. <https://elibrary.pearson.de/book/99.150005/9783863266660>

Novak, G. M., Patterson, E. T., Gavrin, A. D., & Christian, W (1999): Just-in-time teaching: blending active learning with web technology. Prentice-Hall.

Popp, H., Beer, R., & Ciolacu, M. (2018). Blended Learning 4.0: KI-unterstützte digitale Lehre. In F. Waldherr & C. Walter (Hrsg.), Tagungsband zum Forum der Lehre an der TH Ingolstadt (S. 72-78). DiZ - Didaktikzentrum. Abgerufen am 14.07.2025, von https://bayziel.de/wp-content/uploads/DiNa_2018-05_Sonderausgabe_FdL.pdf

Roediger, H. L., Karpicke, J. D. (2006). The power of testing memory. Perspectives on Psychological Sciences, 1(3), 181-209. <https://doi.org/10.1111/j.1745-6916.2006.00012.x> und <https://www.retrievalpractice.org/>

Schäfle, C., & Junker, E. (2023). Just-in-time teaching mit Peer Instruction: Agil, aktivierend, lernendenzentriert, wirksam. In T. Buchner et al. (Hrsg.), Inverted Classroom and Beyond 2023: Agile Didaktik für nachhaltige Bildung (S. 130-145). Verein Forum neue Medien in der Lehre Austria. https://www.icmbeyond.net/?page_id=2038, mehr auf www.pro-aktiv.de

Sghir, N., Adadi, A., & Lahmer, M. (2023). Recent advances in predictive learning analytics: A decade systematic review (2012-2022). Education and Information Technologies, 28, 8299-8333. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11536-0>

SoLAResearch. (2025). Society for Learning Analytics Research.

Abgerufen am 14.07.2025., von <https://www.solaresearch.org>

Suhonen, S. (2018, 16. Mai). Learning analytics [Video]. Tampere University of Applied Sciences. <https://www.youtube.com/watch?v=FXMbjvDvebo>

Suhonen, S., & Kinnari-Korpela, H. (2019). Using Moodle data for analytics for early warning of dropping out. In Proceedings of the SEFI 47th Annual Conference (pp. 1113-1122). print: https://www.sefi.be/wp-content/uploads/2019/10/SEFI2019_Proceedings.pdf
video: <https://www.youtube.com/watch?v=yk3H8w1sJWw>

Wikipedia. (2025). Beurteilung eines binären Klassifikators, statistische Gütekriterien. Abgerufen am 16.07.2025, von <https://t1p.de/KI-Guetemasse>

Angaben zu den Autorinnen und Autoren

Prof. Dr. Elmar Junker

Diplomphysiker. Nach 12 Jahren industrieller Entwicklungsprojekte beforscht er seine eigene Lehre (SoTL) an der TH, Mehr: www.th-rosenheim.de/junker.html

Anne Sanewski

Informatikerin (B.Sc.), FuE im Bereich Learning Analytics

Nicole Kraus

Informatikerin (M.Sc.), FuE im Bereich Learning Analytics

Prof. Dr. Thomas Schweser

Mathematiker (M.Sc.), beforscht Graphenzerlegungen & Datenbankoptimierung. Mehr: <https://t1p.de/THRO-Schweser>

Prof. Dr. Ulrich Wellisch

Diplommathematiker, FuE Data Analytics & mathematische Statistik, beforscht maschinelles und statistisches Lernen. Mehr: <https://t1p.de/Research-Wellisch>

Finn Schmidt, André Kajtar

Bacheloranden Wirtschaftsmathematik, modellierten die Logistische Regression

Silke Deschle-Prill

Diplompädagogin, FuE im Bereich Coaching.

LLMS IN DER HOCHSCHULLEHRE – CHANCEN UND HERAUSFORDERUNGEN FÜR DIE PROGRAMMIERAUSBILDUNG

Uwe Wienkop, Louis Burk
TH-Nürnberg

ZUSAMMENFASSUNG

Der Einsatz von ChatGPT und anderen großen Sprachmodellen (LLMs) in der Hochschullehre eröffnet ein Spannungsfeld zwischen didaktischen Potenzialen und Herausforderungen. Dieser Beitrag beleuchtet Chancen und Risiken der LLM-Nutzung, insbesondere in der Programmierausbildung, und stellt konkrete Lösungsansätze vor. ChatGPT wird dabei als Ergänzung und Erweiterung zu bisherigen didaktischen Konzepten genutzt, wie z. B. als virtueller Tutor, als Ideengeber und als Unterstützung für eigene Projekte, ohne einen Verlust an eigenständigem studentischem Wissenszuwachs zu akzeptieren.

Keywords: Programmieren lernen, KI-Tutor, Prompting, Programmierpraktikum

1. EINLEITUNG

Die Lehrveranstaltungen „Prozedurale Programmierung“ und „Objektorientierte Programmierung (OOP)“ haben das Lehrziel, möglicherweise vollständig programmierunerfahrenen Studienanfängerinnen und -anfängern die Grundlagen und vertiefte Konzepte der Programmierung in C# zu vermitteln, sie zur eigenständigen Erstellung kleinerer bis mittlerer Programme zu befähigen sowie eine solide Grundlage für nachfolgende Veranstaltungen (z. B. Interaktive Systeme) zu legen.

Beide Veranstaltungen bestehen aus 4 SWS Vorlesung plus 2 SWS Übung im Rechnerraum. Die Prüfung erfolgt ohne Rechnerzugang und prüft theoretisches Wissen sowie Code-Erstellung. Vor der Verfügbarkeit von LLMs wurden durch ein Peer-Assessment-Praktikum sehr gute Ergebnisse hinsichtlich der Bestehensquoten erzielt (Roderus & Wienkop, 2015). Die Durchfallraten bei vier Studiengängen lagen in diesem Zeitraum von etwa 7 Jahren bei lediglich 16–20 % (Nichtantrittsquote 33 %).

Seit Verfügbarkeit von LLMs stiegen Nichtantritt (von 33 % auf 66 %) und Durchfallquoten (bis 57 %) ab dem WS 2023/24 dramatisch. Eine Untersuchung (N=166) (Kießler et al., 2024), an der auch einer der Autoren beteiligt war, bestätigte eine klare Korrelation zwischen der intensiven Nutzung von ChatGPT und den Durchfallquoten, insbesondere bei vollständigen Anfängerinnen und Anfängern. Die Folgen: Im Studiengang

„Angewandte Mathematik und Physik“ zeigten von 70 Erstsemesterstudierenden nur 12 mindestens ausreichende Leistungen und konnten ohne größere Wissenslücken an OOP im 2. Semester teilnehmen.

2. STAND DER FORSCHUNG

Der Einfluss von ChatGPT und anderen großen Sprachmodellen wurde auch in anderen Arbeiten vielfältig untersucht. Lang et al. (2025) zeigen Chancen generativer KI im Bildungswesen auf, weisen jedoch auf bekannte Herausforderungen wie Halluzinationen und ethische Fragen hin. Es werden mehr Erklärbarkeit und ethische Standards gefordert.

Hapnes et al. (2023) untersuchen, wie Studierende ChatGPT nutzen, um Programmieraufgaben zu lösen, und welche Auswirkungen dies auf ihre Lernleistung hat. Die Ergebnisse zeigen, dass Studierende mit LLMs die Aufgaben in der Hälfte der Zeit erledigen, jedoch kein signifikanter Unterschied in der Qualität der Programme festgestellt wurde. Im Gegensatz hierzu stellten wir erhebliche Lernprobleme fest; vgl. die Einleitung. Krupp et al. (2023) analysieren, wie Physikstudierende ChatGPT bei der Lösung von Problemen einsetzen. Es wurde festgestellt, dass fast die Hälfte der von ChatGPT unterstützten Lösungen fälschlicherweise als korrekt angenommen wurden, was auf ein übermäßiges Vertrauen in das Tool hindeutet.

Sun et al. (2024) untersuchten den Einfluss von LLMs auf das Programmierverhalten. Studierende, die ChatGPT nutzten, interagierten häufiger mit Feedback des Systems, kopierten häufiger Code und verwendeten ChatGPT um Fehlermeldungen zu verstehen. Die produzierte Code-Qualität unterschied sich nicht signifikant. Interviews zeigten, dass ChatGPT besonders beim Debugging und Verstehen von Programmierkonzepten

hilfreich war, obwohl gelegentlich ungenaue Ausgaben und Schwierigkeiten mit komplexen Fragen auftraten. Die Autoren empfehlen, ChatGPT gezielt mit didaktischen Strategien einzusetzen und dabei ethische und technische Herausforderungen nicht zu unterschätzen.

Während diese und weitere Autoren (z.B. Schlingensiepen, 2024) die Auswirkungen von LLMs in der Lehre global betrachten, werden im Folgenden konkrete Einzelmaßnahmen und darauf aufbauend ein didaktisches Konzept vorgestellt, LLMs gezielt in Vorlesungen und Übungen zu integrieren.

3. MASSNAHMEN ZUR INTEGRATION VON LLMs IN DIE PROGRAMMIERAUSBILDUNG

Um der Verschlechterung der Bestehensquoten entgegenzuwirken, wird in diesem Beitrag versucht, eine reifere Nutzung von LLMs durch Studierende mittels sinnvoller Anwendungsbeispiele, strukturierter Lernprozesse und kompetenzorientierter Wissensvalidierung zu erzielen. Diese „ChatGPT-Nuggets“ wurden nach und nach in der Vorlesung vorgestellt, eingesetzt und erfragt, ob die Studierenden diese und selbstentwickelte Konzepte selbst anwenden.

LLMs als virtueller Tutor

LLMs ermöglichen die Unterstützung als virtuelle Tutoren. Die Canvas-Darstellung von LLMs (Nebeneinander von Quellcode und Prompt-Fenster) ermöglicht das Markieren von Quellcodepassagen und der direkten Anfrage an das LLM mit der Bitte um Erläuterung durch die KI. Deren Erklärungen übertreffen häufig das Niveau durchschnittlicher Studierender.

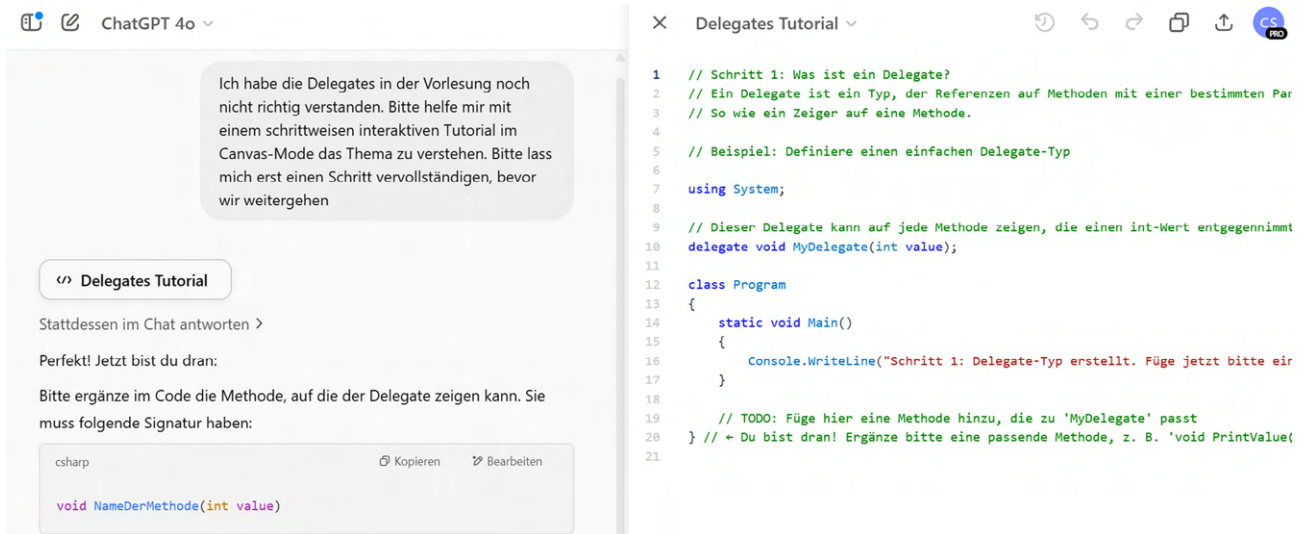


Abb. 1: Delegate-Tutorial im Canvas-Mode

Beispiel-Prompt (nachdem ein static-Datenfeld einer Klasse markiert wurde):

Erkläre, warum dieses Datenfeld static sein muss.

LLMs können auch interaktive Tutorials generieren. Hierbei wird die Canvas-Darstellung genutzt, um an mit „ToDo“-markierten Stellen in einem Programmgerüst die Bearbeitungen einzufügen, diese vom LLM prüfen zu lassen und bei Erfolg den nächsten Bearbeitungsschritt auszulösen; vgl. Abb. 1.

Erhöhung der Prompting-Kompetenz als Lernziel

Obwohl Studierende LLMs regelmäßig nutzen, gelang es in der Lehrveranstaltung keinem, den nachfolgenden Prompt für ein etwa 25-zeiliges Programm zu formulieren, welches zuvor in der Vorlesung besprochen worden war.

Prompt: **Erstelle mir ein C# Programm mit einer Klasse Handy, welches eine Telefonnummer (string) und eine Seriennummer (int) besitzt und einen Mechanismus, der die Seriennummer bei jedem Konstruktoraufruf hochzählt!**

Dies zeigte den Studierenden, dass sie zwingend die Grundlagen einer Programmiersprache kennen müssen, um einer generativen KI Anweisungen geben zu können. Es soll durch die Erhöhung der Prompting-Kompetenz erreicht werden, dass die Studierenden auch zu anderen Inhalten bei etwaigen Fragen sowohl bei Dozenten bzw. LLM nachfragen, um zu einem tieferen Verstehen zu gelangen.

LLMs als Test-/Debugging-Sparringspartner

Die Fehlersuche in nicht-funktionierenden Programmen ist eine der frustrierendsten Erfahrungen beim Programmieren, gleichwohl sie – wie nichts anderes – zum Verstehen und zukünftigen Vermeiden von Fehlern beiträgt. Hier können LLMs helfen, Frustration zu reduzieren, indem Hinweise zu Fehlerquellen und deren Vermeidung gegeben werden.

Beispiel-Prompt: **Nachfolgender Programmcode bei der Listenerstellung (Methode AddEnd) funktioniert nicht richtig. Hast Du Vorschläge?**

Wenn es in der Veranstaltung gelingt, eine gute Balance zwischen dem Aushalten der frustrierenden Fehlersuche und dem Nutzen des LLMs zu vermitteln, kann gerade dies zum Durchhalten von Anfängern beitragen und sie in ihrer Lernkurve unterstützen.

Test-Driven-Development mit LLMs als strukturierendes Lernprinzip

Programmieranfänger haben oft Schwierigkeiten, neue Methoden systematisch mit Unit-Tests zu überprüfen, da sie noch nicht sofort alle typischen Testfälle überblicken. Hier kann eine LLM-Anfrage helfen:

Beispiel-Prompt: **Wie kann ich diese AddEnd-Methode mit Unit-Tests vollständig testen?**

Die Antwort „1. Leere Liste – 2. Mehrere Elemente – 3. Große Elementanzahl“ vermittelt Anfängern eine hilfreiche Systematik und unterstützt die Reflexion über das Testobjekt.

LLMs als Quiz-Generator & Lernstandsprüfer

LLMs eignen sich hervorragend, Wissenskontrollfragen, z. B. für Multiple-Choice-Tests, oder auch „tiefere“ Tests in der Form „Ausgaben eines Programms“ zu generieren. Gerade für Einführungsveranstaltungen erzeugen LLMs hier eine schier unerschöpfliche Anzahl an Selbsttests mit denen Studierende ihren Wissensstand überprüfen und verbessern können.

Beispiel-Prompt Multiple-Choice: **In der Vorlesung OOP wurden die folgenden Sprachelemente von C# behandelt: Klassen (mit Konstruktoren, statischen und nicht-statischen Datenfeldern, statischen und nicht-statischen Methoden, Properties und Indexer) sowie das Überladen von Operatoren und Konvertierungsoperatoren. Erzeuge zu diesen Themen einen anspruchsvollen Multiple-Choice-Wissenskontrolltest mit 10 Fragen.**

Beispiel-Prompt Richtige und falsche Programmstücke: **Generiere 10 kurze Programmfragmente aus den obigen Wissensgebieten mit und ohne Fehler und gebe mögliche Compilerfehler, Laufzeitfehler oder Programmausgaben an.**

Insbesondere der Prompt zur Generierung richtiger bzw. fehlerbehafteter Programmstücke liefert sehr gute und anspruchsvolle Aufgaben. Es ist außerordentlich herausfordernd, sich immer wieder in neue Programme hineindenken zu müssen, nach möglichen Fehlern zu suchen bzw. die korrekte Antwort anzugeben. Dieser Test wird im nächsten Kapitel im Rahmen des dort vorgestellten Didaktikkonzepts intensiv eingesetzt.

LLMs als Diskussionspartner zum Erweitern des Vorlesungsstoffs

Es ist für ein tieferes Wissensverständnis förderlich, auch alternative Realisierungen zu betrachten, ohne diese eigenständig implementieren zu müssen.

Beispiel-Prompt: **Das Programm im Canvas erstellt eine verkettete Liste. Gibt es noch alternative Implementierungen für eine Liste? <Es werden 5 Alternativen gelistet>. Danach: Zeig mir die Implementierung als Array.**

Auf diese Weise kann der Vorlesungsstoff noch einmal eigenständig gedanklich erweitert werden, die Studierenden erhalten einen Gesamtüberblick und vermögen den Stoff auch insgesamt besser einzuordnen.

Beispiel-Prompt: **In der Vorlesung haben wir eine Vererbungshierarchie mit Kfz als Basisklasse und davon abgeleiteten Motorrädern, PKWs und LKWs betrachtet. Nenne mir noch drei weitere Anwendungen für Vererbung.**

Diese Anwendung von LLMs ist insbesondere in Kombination mit Sprachein- bzw. -ausgabe sehr unterstützend, da das Schreiben auf der Tastatur entfällt und der Wissenszuwachs dominiert.

LLMs zur selbstgesteuerten Prüfungsvorbereitung

LLMs erweisen sich auch als sehr hilfreich für die Erzeugung von Klausurübungsaufgaben.

Beispiel-Prompt Klausurvorbereitung: **Generiere mir fünf mögliche [schwierige] Klausuraufgaben zum Thema verkettete Strukturen und Listenoperationen. [gib jeweils die Lösung mit aus]**

Dadurch, dass hierbei stets Aufgaben aus dem gleichen Anwendungsgebiet erzeugt werden, verstärkt sich im Gegensatz zum Bearbeiten von Altklausuren der Lerneffekt, konzentriert zu einem Gebiet zu lernen und generelle Lösungsmuster zu erkennen. Durch das Hinzufügen der Adjektive „schwierige“, „sehr schwierige“ kann der Schwierigkeitsgrad justiert werden.

Ebenso können auch Programme aus der Vorlesung verwendet werden, um sich hierzu vom LLM Multiple-Choice Tests, Lückentextaufgaben oder Anregungen für weiterführende Programmerweiterungen geben zu lassen. Es wurde auch erfolgreich erprobt, dies auf dem vollständigen GitLab-Archiv der Lehrveranstaltung mit etwa 30 Einzelprojekten anzuwenden.

Die Vielfalt der Einsatzmöglichkeiten unterstreicht das Potenzial von LLMs für individualisierte und effektive Lernprozesse. Ergänzend bedarf es aber der Sensibilisierung, dass LLMs auch fehlerhaften Code generieren können und es somit notwendig ist, stabiles Basiswissen zu besitzen, um Fehler erkennen und beheben zu können. Ebenso ist eine Reflektion über legitime und illegitime LLM-Nutzungen in Übungsaufgaben, Praktika und Prüfungen erforderlich.

4. DIDAKTISCHES PRAKTIKUMSKONZEPT

Wie erläutert, lösen aktuelle LLMs typische Anfängeraufgaben mühelos, wodurch bewertete Praktikumsaufgaben sinnlos geworden sind. Daher wurde ein neues Praktikumskonzept entwickelt: Es besteht aus drei Blöcken von je vier Wochen, die jeweils mit kleinen Leistungsnachweisen enden, um das Verständnis zu überprüfen. Zusätzlich definieren und präsentieren die Studierenden pro Block selbstdefinierte Projekte mit engem Bezug zu den Lerninhalten.

Dieses didaktische Modell geht bewusst über traditionelle Konzepte hinaus, indem es die Leistungsüberprüfung mit selbst definierten Projektarbeiten kombiniert. Hierdurch wird ein tiefergehender Wissensaufbau ermöglicht (Miller, et.al., 2019), da sich Studierende zum Erreichen eines von ihnen gewählten Ziels in aller Regel sehr intensiv mit den zu lernenden Grundlagen beschäftigen. Darüber hinaus verstärkt die geforderte Projektpräsentation durch das „Vermitteln-müssen“ die Auseinandersetzung mit dem Stoff.

Durch die drei Praktikumsphasen wird den Studierenden ermöglicht, Wissen iterativ aufzubauen und direkt praktisch anzuwenden. Diese Struktur ermöglicht eine frühzeitige Identifikation von Lernlücken, gezieltes Feedback und systematische Förderung der Selbstreflexion.

Die Leistungsnachweise können mit den im vorherigen Abschnitt „LLMs als Quiz-Generator & Lernstandsprüfer“ gezeigten Prompts vom Dozenten/Prüfer effizient erzeugt werden, selbst wenn mehrere Übungsgruppen existieren.

Vom Dozenten gelenktes Projekt-Prompting für kompetenzorientierte Mini-Projekte

Wie zuvor erläutert hatten die Studierenden in kleinen Gruppen in jedem der drei Vorlesungsabschnitte ein Mini-Projekt durchzuführen, welches den Vorlesungsstoff aus den nächsten zwei Kapiteln umfasste. Studierende können mitgelieferte Prompts als Inspiration bei der Projektsuche nutzen. Das Vorgehen, Projekte mit noch nicht behandeltem Stoff zu beginnen, hilft, das Interesse an den nächsten Lehrinhalten zu erhöhen, interessierte Nachfragen durch die Studierenden zu generieren und besser zu verstehen, wofür der Stoff benötigt wird. Natürlich ist eine engmaschige Begleitung der Studierenden erforderlich.

Beispiel-Prompt: Formuliere eine C# Aufgabenstellung für ein Projekt für 5 Studierende mit klaren Aufgaben für jeden Einzelnen im Gesamtumfang von etwa 250 Programmzeilen. Das Projekt soll neben einem testenden Main die folgenden Schwerpunkte haben:

1. Das Projekt muss die Realisierung einer generischen Containerstruktur enthalten und soll z. B. (a) neue Elemente sortiert einfügen, (b) die Datenstruktur durchlaufen und Datenelemente zurück liefern, oder (c) Datenelemente löschen.
2. Das Suchen nach Datenelementen soll unterstützt werden (Delegates)
3. Es soll eine weitere Anwendung von Delegates umgesetzt werden!
4. Es darf keine Listenstruktur als Basisstruktur verwendet werden!

Der Lernerfolg und die eigenständige Bearbeitung werden durch eine kompetenzorientierte Befragung geprüft. Dieser Ansatz stärkt nicht nur den Erwerb und die Anwendung von Wissen, sondern zeigt den Studierenden auch die

Praxisrelevanz der Lehrinhalte. Er erhöht die Motivation, zeigt die Breite der Anwendbarkeit des behandelten Stoffs auf und erzielt qualitativ hochwertige Lernergebnisse.

5. ERSTE ERGEBNISSE UND WIRKUNGSANALYSE

Die Studierenden waren meist gut auf die Wissensquizze vorbereitet und bewältigten auch die herausfordernden Programmüberprüfungsaufgaben erfolgreich (d. h. mindestens ausreichend). Besonders positiv wurden die Mini-Projekte aufgenommen. Die Studierenden suchten engagiert nach spannenden Themen – oft jedoch zu umfangreich – und präsentierten ihre Ergebnisse motiviert. Allerdings zeigte sich, dass das erworbene Wissen innerhalb der Gruppen ungleich verteilt war, da sich oft nur Einzelne intensiver mit den neuen Inhalten auseinandergesetzt hatten.

Die Notenverteilung der Klausur nach Einführung des oben dargestellten Praktikumskonzepts zeigte einen normalen „guten“ Verlauf, so wie vor der Verfügbarkeit von LLMs (d. h. wie vor dem WS 2023/ 24). Die Nichtantrittsquote sank wieder auf 32 %, die Durchfallquote auf 17 %. Die Durchschnittsnote betrug 3,0. Allerdings meldeten sich nur 23 von anfänglich etwa 70 Studierenden aus dem Studiengang AMP zu dieser Prüfung an. Die sehr schlecht ausgefallene Klausur des 1. Semesters mit nur 12 bestandenen Prüfungen verhinderte eine höhere Teilnahme.

Die geringe Prüfungsbeteiligung deutet an, dass eine umfassendere Integration neuer Praktikumskonzepte bereits ab Studienbeginn nötig ist. Zukünftige Untersuchungen haben zum Ziel, zu erforschen, wie sich langfristig die Anwendung unseres Konzeptes auf Studienabbruchquoten und Lernmotivation auswirkt.

6. FAZIT UND AUSBLICK

LLMs haben sich als hervorragende Unterstützung für die Lehre und das Lernen erwiesen. Die erstellten Programme und Antworten besitzen oft bereits heute eine hohe Qualität und sind aus der Softwareentwicklung nicht mehr wegzudenken. Andererseits benötigen Studierende eine gute fachliche Fundierung, um auch weiterhin Programme zu verstehen oder zu spezifizieren. Die in dieser Arbeit vorgestellten Einsatzmöglichkeiten und didaktischen Konzepte zeigen einen Weg auf, Betrugsmöglichkeiten einzugrenzen und die Vorteile von LLMs aktiv zu fördern. Zukünftige Untersuchungen sollen insbesondere prüfen, wie nachhaltig sich die beschriebenen didaktischen Maßnahmen auf die langfristigen Programmier- und Problemlösekompetenzen der Studierenden auswirken. Interessant wäre zudem, die Effektivität spezifischer Prompting-Techniken detailliert zu untersuchen.

Literatur

Toba, H., Karnalim, O., Johan, M. C., Tada, T., Djajalaksana, Y. M. & Vivaldy, T. (2023). Inappropriate Benefits and Identification of ChatGPT Misuse in Programming Tests: A Controlled Experiment. arXiv (Cornell University). <https://doi.org/10.48550/arxiv.2309.16697>

Kiesler, N., Scholz, I., Albrecht, J., Stappert, F. & Wienkop, U. (2024, 12.-17. November). Novice Learners of Programming and Generative AI – Prior Knowledge Matters [Konferenzbeitrag]. 24th Koli Calling International Conference on Computing Education Research Koli, Finland. <https://doi.org/10.1145/3699538.3699580>

Krupp, L., Steinert, S., Kiefer-Emmanouilidis, M., Avila, K., Lukowicz, P., Kuhn, J., Küchemann, S. & Karolus, J. (2023). Unreflected Acceptance – Investigating the Negative Consequences of ChatGPT-Assisted Problem Solving in Physics Education. arXiv (Cornell University). https://ui.adsabs.harvard.edu/link_gateway/2023arXiv230903087K/doi:10.48550/arXiv.2309.03087

Lang, Q., Wang, M., Yin, M., Liang, S. & Song, W. (2025). Transforming Education With Generative AI: Key Insights and Future Prospects. IEEE Transactions on Learning Technologies 18, 230–242. <https://doi.org/10.1109/TLT.2025.3537618>

Ma, B., Li, C. & Shin'ichi, K. (2024). Enhancing Programming Education with ChatGPT: A Case Study on Student Perceptions and Interactions in a Python Course. <https://arxiv.org/html/2403.15472v2>

Miller, E. & Krajcik, J. (2019). Promoting deep learning through project-based learning: a design problem. 1, 7. <https://doi.org/10.1186/s43031-019-0009-6>

Roderus, S. & Wienkop, U. (2014, 15.-16. September). Verbesserung der Bestehensquoten durch ein Peer Assessment-Pflichtpraktikum [Konferenzbeitrag]. 6. Fachtagung Hochschuldidaktik der Informatik (HDI 2014), Freiburg, Deutschland. https://www.researchgate.net/publication/281633055_Verbesserung_der_Bestehensquoten_durch_ein_Peer_Assessment-Pflichtpraktikum

Schlingensiepen, J. (2024). Generative KI: Herausforderungen in Lehre, Forschung und Transfer gemeinsam annehmen. Die Neue Hochschule 3, 17-19. <https://doi.org/10.5281/zenodo.11203037>

Sun, D., Boudouaia, A., Zhu, C. & Li, Y. (2024). Would ChatGPT-facilitated programming mode impact college students' programming behaviors, performances, and perceptions? An empirical study. International Journal of Educational Technology in Higher Education 21, 14. <https://doi.org/10.1186/s41239-024-00446-5>

Angaben zu den Autoren

Uwe Wienkop

Er studierte und promovierte in Informatik an der TU Dortmund und ist Professor an der TH Nürnberg. Seine Schwerpunkte sind digitale Lehr-Werkzeuge, Virtual Reality in Geschäfts- und Lernanwendungen sowie KI- und NLP-Methoden in der Softwareentwicklung. Seit 1998 entwickelt er die Hochschuljobbörse und seit 2021 leitet er das Institut für Angewandte Informatik.

Louis Burk

Er studierte Informatik an der Technischen Hochschule Nürnberg und war dabei im ICS-Programm bei Siemens im Bereich Augmented Reality für die spanende Fertigung tätig. Seit 2024 promoviert er an der TH Nürnberg zum Thema „Virtual Reality in Geschäfts- und Lernanwendungen“ mit Schwerpunkt auf der automatischen Erstellung virtueller Welten.

LEHRE IN VIRTUAL REALITY – WIE ERREICHEN WIR VERÄNDERUNGEN IN DER HOCHSCHULE?

Jessica Krohn, Paula Starke, Evelyne Becker
Berliner Hochschule für Technik

ZUSAMMENFASSUNG

Neue Technologien bieten wertvolle Potenziale für die Entwicklung des Lehrens und Lernens in der Hochschule. Das Projekt Interaktive Lehre in virtuellen MINT-Laboren | MINT-VR-Labs möchte daher die Lehre der Berliner Hochschule für Technik (BHT) in MINT-Fächern mit virtueller Realität (VR) technisch und didaktisch ergänzen sowie erweitern. Dieser Artikel präsentiert Fortschritte und Hürden in der Einführung von neuen Technologien in der Hochschullehre – ein Veränderungsprozess, der mittels des ADKAR-Modells initiiert wurde. Im Verlauf des Projekts konnten engagierte Dozierende für die Entwicklung virtueller Lernanwendungen gewonnen und positive Rückmeldungen von Studierenden eingeholt werden. Das ADKAR-Modell erwies sich dabei als hilfreiches Instrument zur Steuerung des Wandels. Zugleich zeigte sich, dass eine nachhaltige Integration von VR eine enge Zusammenarbeit, kontinuierliche Evaluation sowie gezielte Fortbildungsmaßnahmen erfordert, um langfristige Veränderungen zu ermöglichen.

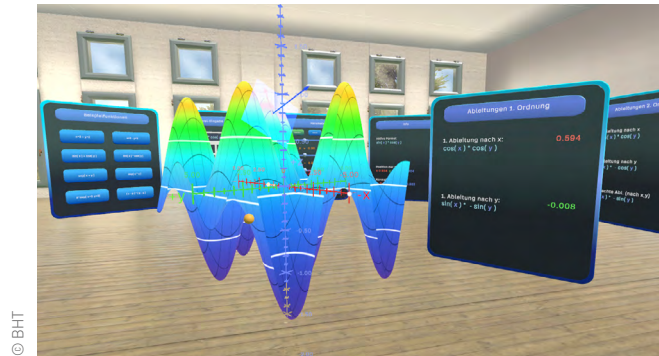
Keywords: Virtual Reality, Hochschullehre, Change Management, MINT

1. EINLEITUNG

Moderne digitale Technologien wie Extended Reality halten zunehmend Einzug in verschiedene Bildungsbereiche. Besonders im MINT-Bereich versprechen diese Technologien, Lernprozesse zu verbessern, technische Kompetenzen zu fördern und Erfahrungen zu ermöglichen, die sonst oft nur im Praktikum oder in der Arbeitswelt gesammelt werden könnten. Um dieses Potenzial zu erschließen, ist zunächst eine begriffliche Einordnung notwendig: Virtual Reality (VR) zählt laut Wölfel (2023) neben Augmented Reality (AR) zur Erweiterten Realität (Extended Reality, XR). Dabei wird zwischen nichtimmersiver (z. B. Flachbildschirme) und immersiver VR (z. B. Head Mounted Displays (HMD)) unterschieden. Während Flachbildschirme zwar eine virtuelle Welt anzeigen können, ermöglicht die Nutzung von HMDs ein Eintauchen in die virtuelle Welt und schafft so eine hohe Immersion. Ziel des Projekts „Interaktive Lehre in virtuellen MINT-Laboren | MINT-VR-Labs“ ist es, die Lehre in MINT-Fächern an der Berliner Hochschule für Technik (BHT) um immersive VR-Lernanwendungen zu erweitern.

Aktuelle Studien deuten darauf hin, dass der Einsatz von immersiver VR im Vergleich zu nichtimmersiver VR einen leicht positiven Einfluss auf den Lernerfolg hat (Coban et al., 2022; Hamilton et al., 2021; Wu et al., 2020). Richard E. Mayer betont jedoch in seiner Keynote zum Tag der digitalen Lehre (2024), dass VR-Lernanwendungen nicht automatisch zu einem besseren Lernerfolg führen, insbesondere dann, wenn die immersive Umgebung als ablenkend empfunden wird. Zwar steigert laut Mayer immersive VR häufig die Motivation, doch bedarf es einer

Abb. 1: Screenshot aus der VR-Lernanwendung Mathematik



© BHT

lernförderlichen Gestaltung, um das Potenzial auch didaktisch wirksam zu nutzen. Im Projekt wurde dieser Aspekt bei der Entwicklung der VR-Lernanwendungen gezielt berücksichtigt. So kamen unter anderem Prinzipien der kognitiven Theorie des multimedialen Lernens zum Einsatz, etwa das Kohärenzprinzip zur Reduktion ablenkender Einflüsse (Fiorella & Mayer, 2022). Ein Beispiel dafür ist die VR-Lernanwendung für die Mathematik (s. Abb. 1) in ingenieurtechnischen Studiengängen (Höhne et al., 2024; Pehl et al., 2024). Ziel war es hier, komplexe mathematische Zusammenhänge anschaulich und intuitiv erfahrbar zu machen, das räumliche Vorstellungsvermögen zu fördern und dabei kognitive Überforderung zu vermeiden.

Während sich VR in der Mathematik besonders für die Veranschaulichung abstrakter Inhalte eignet, eröffnet die Technologie auch in praktischen Laborübungen vielfältige didaktische Möglichkeiten: Studierende können zum Beispiel in der Elektrotechnik oder Biotechnologie risikofrei experimentieren, Übungen beliebig oft wiederholen und sowohl ressourcenschonend als auch unabhängig von Zeit und Material lernen (Hamilton et al., 2021; Kaplan et al., 2020).

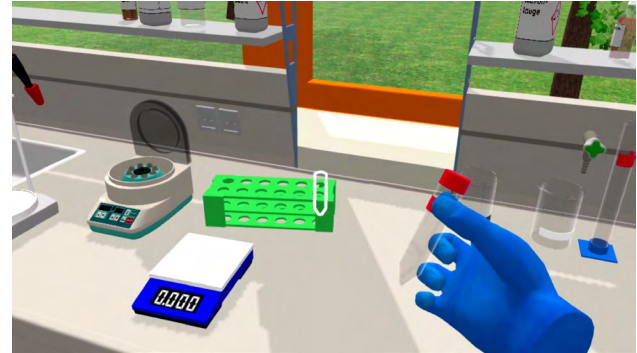
Ergänzend zu den didaktischen Vorteilen stellt die Integration von VR in die Hochschule auch einen wichtigen Schritt dar, um Studierende mit moderner Technologie vertraut zu machen und sie auf digitalisierte Arbeitswelten vorzubereiten. Um

diesen Wandel erfolgreich und nachhaltig zu gestalten, stellt sich die zentrale Frage: Wie lassen sich VR-Lernumgebungen in die Hochschullehre integrieren?

2. CHANGE-MANAGEMENT MITTELS DES ADKAR-MODELLS

Veränderungsprozesse in Organisationen oder Unternehmen werden vorrangig durch Reorganisationen und strukturelle Anpassungen angestoßen, die insbesondere im Zuge von Digitalisierung und technologischem Wandel notwendig werden (Starker & Peschke, 2021). Auch in der Hochschullehre stellt die Integration moderner digitaler Technologien im Allgemeinen und VR-Lernanwendungen im Besonderen eine Veränderung dar. Um diese Veränderung zu initiieren, eignet sich das ADKAR-Modell für Change-Management von Hiatt & Creasy (2012). ADKAR hat sich als praxisnahes und vielfach erprobtes Modell etabliert, wie bspw. im Gesundheitswesen und gilt als besonders geeignet, digitale Transformationsprozesse zu begleiten (Devi & Thekkekara, 2023). Es unterstützt dabei, Veränderungen systematisch umzusetzen sowie bestehende Lücken zu identifizieren und zu schließen (ebd.). Das Modell nimmt den individuellen Veränderungsprozess von Personen in den Blick und berücksichtigt, dass unterschiedliche Gruppen – wie

Abb. 2: Screenshot aus der VR-Lernanwendung Laborversuch Mozzarella-Herstellung



Studierende, Dozierende oder Mitarbeitende in Verwaltung und Präsidium – verschiedene Bedürfnisse und Reaktionen zeigen. Veränderungsprozesse in der Hochschule erfordern daher eine differenzierte, an Zielgruppen angepasste Umsetzung. Das Modell umfasst fünf Phasen zur Unterstützung der Veränderung:

1. **A**wareness of the need to change
2. **D**esire to participate in and support the change
3. **K**nowledge about how to change
4. **A**bility to implement new skills and behaviors
5. **R**einforcement to keep the change in place

Im Folgenden soll der Change-Prozess anhand des ADKAR-Modells zur Einführung und Verankerung von VR-Lernanwendungen an der BHT vorgestellt werden, mit den im Projekt erfahrenen Herausforderungen und Chancen.

Phase 1: Awareness (Bewusstsein)

Die erste Phase war davon geprägt, ein allgemeines Bewusstsein für den Einsatz von VR in der Hochschullehre zu schaffen. Dazu wurden alle 300 Professorinnen und Professoren der BHT in Veranstaltungen, Veröffentlichungen und persönlichen Gesprächen über das Projektvorhaben und mögliche Einsatzmöglichkeiten von VR informiert. In einer Umfrage wurde

anschließend nach Vorkenntnissen, Einschätzungen und Ideen gefragt. Die Ergebnisse (n=34) der Umfrage zeigten, dass 65 % der Befragten keine Erfahrung mit VR-Lernanwendungen hatten, während 32 % bereits an einer VR-Lernanwendung teilgenommen und 3 % selbst solche gestaltet bzw. programmiert hatten. Hervorzuheben sind die von den befragten Personen genannten Vorteile von VR: zeitliche Flexibilität, Gefahrensimulation, innovative Lehrkonzepte, selbstständiges Üben, praxisorientierte Vorbereitung sowie Kosten- und Ressourcenschonung.

Phase 2: Desire (Verlangen/Wunsch)

Nachdem die Dozierenden Informationen über die Potenziale von VR in der Lehre erhalten haben und somit Bewusstsein geschaffen wurde, ging es in der nächsten Phase darum, den Wunsch nach Veränderung zu stärken. Aufbauend auf die oben genannte Umfrage, suchte das Projektteam das Gespräch mit den Lehrenden, um herauszufinden, welche der eingereichten Ideen sich für eine Umsetzung eignen. Mit einer ersten VR-Lernanwendung als Prototyp im Studiengang Biotechnologie (s. Abb. 2), „Laborversuch Mozzarella-Herstellung“, konnte zudem ein interaktives und praxisnahes Beispiel präsentiert werden. In der VR-Lernanwendung, die dem realen Labor an der BHT nachempfunden ist, haben die Studierenden die

Möglichkeit, die diesem Laborversuch zugrundeliegenden, komplexen Prozessabläufe selbstständig durchzuarbeiten und die optimale Reihenfolge herauszufinden, bevor der Versuch real durchgeführt wird. Die Entwicklung und die fertige VR-Lernanwendung wurde im Hochschulkontext aktiv präsentiert und in einer „Sprechstunde“ zum Ausprobieren bereitgestellt. Vor allem der Einblick in dieses virtuelle BHT-Labor sowie die persönliche Erfahrung in VR hat die Dozierenden motiviert, sich am Projekt zu beteiligen und eigene VR-Lernanwendungen zu entwickeln.

In dieser Phase ist es unserer Ansicht nach wichtig, auf diese Motivation aufzubauen, sie möglichst zu verstärken, damit die nächsten Phasen optimal durchlaufen und die damit verbundenen Herausforderungen überwunden werden können.

Phase 3: Knowledge (Wissen)

Um das Bewusstsein und den Wunsch nach Veränderung hin zu einer Verankerung von VR in der Hochschullehre umsetzen zu können, ist Wissen erforderlich. Dieses Wissen bildet die dritte Phase des ADKAR-Modells und stellt die Grundlage für die didaktische und technische Entwicklung von VR-Lernanwendungen dar. Diese Phase ist eng mit der vierten und fünften Phase (Ability und Reinforcement) verknüpft, die teilweise parallel ablaufen und einander beeinflussen. Damit die technische Entwicklung und der Einsatz der VR-Lernanwendungen didaktisch sinnvoll gestaltet werden, galt es im Vorfeld, ein didaktisches Konzept gemeinsam mit den Dozierenden zu entwickeln.

Die Herausforderung in dieser Phase war zum einen, das Bildungsproblem in der konkreten Lehrveranstaltung zu ergründen, um den didaktischen Ansatz formulieren zu können, und

zum anderen, die gewünschten inhaltlichen und technischen Anforderungen an die VR-Lernanwendung hinsichtlich Machbarkeit im Hinblick auf personelle, finanzielle und zeitliche Ressourcen im Projekt zu überprüfen. In dieser Phase ist viel Kommunikation erforderlich, um das gegenseitige Verständnis hinsichtlich der Anforderungen und der Machbarkeit einer geeigneten VR-Lernanwendung herzustellen. Die hohen personellen Ressourcen, die zur aktiven Einbindung aller Stakeholder erforderlich sind, stellten die größte Herausforderung in dieser Phase dar.

Phase 4: Ability (Fähigkeit)

Das Wissen über didaktische Vorteile einer VR-Lernanwendung allein reicht nicht, um VR in der Hochschullehre zu etablieren. Deswegen wurde sich in der vierten Phase auf die Stärkung der Fähigkeiten und Kompetenzen konzentriert, die erforderlich sind, um VR-Lernanwendungen zu entwickeln, umzusetzen und in der Lehre einzusetzen. Im Projekt wurden und werden einerseits Workshops zur selbstständigen Entwicklung von VR-Übungen angeboten, andererseits didaktische Unterstützung der Dozierenden bei der konkreten Entwicklung ihrer VR-Lernumgebungen. Bei den Einsätzen in der Lehre unterstützte das Projektteam die Dozierenden mit der Vorbereitung eines geeigneten Raums, der Headsets, einer technischen Einführung für die Studierenden sowie der Betreuung der Studierenden während des Einsatzes. Dabei wurden praktische Erfahrungen gesammelt, welche in didaktischen Konzepten und didaktischen Pattern (Pehl et al., 2024), technischen Anleitungen sowie Ablaufplänen dokumentiert wurden. Die im Projekt entwickelten Materialien sollen Dozierende dazu befähigen, VR-Einsätze auch nach Ablauf des Projekts selbstständig anzuleiten.

Hürden dieser Phase waren die zunächst zurückhaltende Beteiligung der Lehrkräfte aufgrund des erwarteten zeitlichen Mehraufwands für die Zusammenarbeit. Engagierte Dozierende sind jedoch unerlässlich, um Innovationen, wie hier VR-Lernanwendungen, nachhaltig in der Hochschullehre zu etablieren. Im Fachbereich II, Mathematik – Physik – Chemie, bildete sich zum Sommersemester 2025 ein Team aus Dozierenden, Mitarbeitenden und Studierenden, welches selbstständig, die im Projekt entwickelte VR-Lernanwendung Mathematik stetig an neue didaktische und technische Erfordernisse anpassen und dafür die erforderlichen Kompetenzen aufbauen wird.

Phase 5: Reinforcement (Verstärkung/Verankerung)

Der wiederholte Einsatz der VR-Lernanwendungen und das Einholen von Feedback von Studierenden und Dozierenden sind hier als wesentliche Aktion zur Verstärkung zu nennen. Das Einholen von Feedback erfüllt zwei unterschiedliche Ziele: Rückmeldungen zur Usability und damit zur Produktverbesserung und zum wahrgenommenen Nutzen dieser Lehrform an der BHT. Anhand der Rückmeldungen konnten iterativ verschiedene Prozessverbesserungen organisatorischer, didaktischer und technischer Art vorgenommen werden.

Diese Selbsteinschätzung der Studierenden und Dozierenden ist sehr wertvoll. Beim Einsatz der VR-Lernanwendung Mathematik berichteten Studierende der VR-Gruppe unter anderem, dass sie die VR-Aktivität als interessanter eingeschätzt haben und auch ihre Kompetenz zu diesem Thema anschließend höher bewertet haben als die Studierenden der Kontrollgruppe, welche die gleichen Aufgaben in einer vergleichbaren PC-Anwendung gelöst hat (Höhne et al., 2024).

Die Rückmeldungen von Studierendenfeedback nach jedem Einsatz der VR-Lernanwendung an die Dozierenden können einen wesentlichen Beitrag für die Verstärkung und Verstetigung darstellen, denn positive Rückmeldungen könnten die Dozierenden weiter motivieren, die VR-Lernanwendungen in ihrer Lehre einzusetzen. Die Kommunikation der Evaluationsergebnisse ist somit auch eine wichtige Grundlage für die erste und zweite Phase des Change-Managements nach ADKAR, um Bewusstsein zu schaffen und den Wunsch zu verstärken, VR einzusetzen.

Des Weiteren wurde zur Verstetigung an der BHT ein VR-Bereich eingerichtet, in dem interessierte Personen die im Projekt entwickelten VR-Lernanwendungen ausprobieren und damit arbeiten können; bei Bedarf mit technischer Unterstützung durch Projektmitarbeitende. Ein asynchroner Einsatz in der Lehre ist somit ebenfalls möglich.

3. DISKUSSION

Sind wir auf einem guten Weg, Veränderungen in der Hochschullehre zu erreichen? Das Projekt MINT-VR-Labs zeigt, welche Fortschritte und Herausforderungen mit der Einführung neuer Technologien einhergehen. Das ADKAR-Modell erwies sich dabei als hilfreicher Orientierungsrahmen. Besonders die ersten beiden Phasen (Awareness und Desire) stellten eine Herausforderung dar: Es musste ein Bewusstsein für das Potenzial von VR geschaffen und Veränderungsbereitschaft aufgebaut werden, anfänglich zunächst ohne greifbares Beispiel. Damit dieser Wandel umgesetzt werden kann, benötigt es mehr als Motivation. Dazu sind neben Wissen auch die entsprechenden Fähigkeiten und Kompetenzen erforderlich (Phase 3 & 4). Weitere Schwierigkeiten zeigten sich bei den Dozierenden, insbesondere im hohen Abstimmungs- und Entwicklungsaufwand

sowie in Unsicherheiten im Umgang mit der neuen Technologie. Diese Einstiegshürden konnten durch gezielte Schulungen, begleitende Beratung und eine funktionierende technische Infrastruktur schrittweise reduziert werden. Ein zentraler Fortschritt war die erfolgreiche Gewinnung motivierter Dozierender für den Einsatz von VR sowie die Entwicklung erster didaktisch fundierter VR-Lernanwendungen. Rückmeldungen von Studierenden und Dozierenden bestätigen, dass immersive Lernumgebungen das Interesse fördern und die subjektive Einschätzung der eigenen fachlichen Kompetenz erhöhen können. Diese positiven Rückmeldungen bilden einen zentralen Anker zur Verstetigung (Phase 5).

4. FAZIT

Es gelang, Dozierende für neue Lehrformate zu begeistern, MINT-VR-Lernanwendungen zu entwickeln und diese in verschiedene Fachbereiche didaktisch zu integrieren.

Um tiefergehend zu verstehen, was Dozierende motiviert bzw. davon abhält, VR-Lernanwendungen in ihren Lehrveranstaltungen zu integrieren, wird im Sommersemester 2025 eine Interviewstudie mit Dozierenden durchgeführt. Dabei werden sowohl Dozierende einbezogen, die VR bereits aktiv einsetzen, als auch solche, die der Technologie bislang eher zurückhaltend gegenüberstehen.

Dieses Projekt zeigt beispielhaft, wie neue Technologien an der Hochschule mittels des Change-Management-Modells ADKAR eingeführt werden können und markiert damit einen wichtigen Schritt hin zu einer modernen und zukunftsorientierten Hochschullehre.

Literatur

Coban, M., Bolat, Y. I., & Goksu, I. (2022). The potential of immersive virtual reality to enhance learning: A meta-analysis. *Educational Research Review*, 36, 100452. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2022.100452>

Devi, R., & Thekkekara, J. V. (2023). Change Management: A Survey of Literature in View of Analysing the Advantages of ADKAR Model. *RGUHS Journal of Allied Health Sciences*, 3(2), 12433728. https://doi.org/10.26463/rjahs.3_2_2

Fiorella, L., & Mayer, R. E. (2022). Principles for reducing extraneous processing in multimedia learning: Coherence, signaling, redundancy, spatial contiguity, and temporal contiguity principles. In R. E. Mayer & L. Fiorella (Hrsg.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (3. Aufl., S. 185–198). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108894333>

Hamilton, D., McKechnie, J., Edgerton, E., & Wilson, C. (2021). Immersive virtual reality as a pedagogical tool in education: A systematic literature review of quantitative learning outcomes and experimental design. *Journal of Computers in Education*, 8, 1–32. <https://doi.org/10.1007/s40692-020-00169-2>

Hiatt, J. M., & Creasey, T. J. (2012). *Change management: The people side of change* (2. Aufl.). Prosci Research.

Höhne, K., Clara, S., Becker, E., Palej, B., Prowe, S., Mauch, M., Ziesmann, L., Pehl, L., Halwaß, R., & Villwock, J. (2024). Mathematik besser verstehen – Ein Ansatz in VR (Virtual Reality). In E. Liebscher & R. Hübl (Hrsg.), *Digitale Lehre im Rahmen der Grundausbildung in MINT-Fächern an Hochschulen: Tagungsband 2023* (S. 136–155). Hochschulverlag Merseburg. <http://dx.doi.org/10.25673/116724>

Kaplan, A. D., Cruik, J., Endsley, M., Beers, S. M., Sawyer, B. D., & Hancock, P. A. (2020). The effects of virtual reality, augmented reality, and mixed reality as training enhancement methods: A meta-analysis. *Human Factors*, 63(4), 706–726. <https://doi.org/10.1177/0018720820904229>

Mayer, R. E. (2024). Learning in immersive virtual reality: An evidence-based approach [Konferenzvideo]. Tag der digitalen Lehre vom Zentrum für Hochschul- und Wissenschaftsdidaktik der Universität Regensburg. <https://www.youtube.com/watch?v=ISzKJfkn1Ss>

Pehl, L., Höhne, K., Krohn, J., & Mauch, M. (2024). Virtuelle Realität (VR) zur Förderung von mathematischem Vorstellungsvermögen. <https://www.patternpool.de/pattern/virtuelle-realitaet-vr-zur-foerderung-von-mathematischem-vorstellungsvermoegen/>

Starker, V., & Peschke, T. (2021). Hypnosystemische Perspektiven im Change Management: Veränderung steuern in einer volatilen, komplexen und widersprüchlichen Welt. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-64359-4>

Wölfel, M. (2023). Immersive Virtuelle Realität: Grundlagen, Technologien, Anwendungen. Springer Vieweg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-66908-2>

Wu, B., Yu, X., & Gu, X. (2020). Effectiveness of immersive virtual reality using head-mounted displays on learning performance: A meta-analysis. *British Journal of Educational Technology*, 51(6), 1991–2005. <https://doi.org/10.1111/bjet.13023>

Angaben zu den Autorinnen

Jessica Krohn

Master in Geschichte, Erziehungswissenschaften und Bildungswissenschaften. Seit 2024 wissenschaftliche Mitarbeiterin für Didaktik im Projekt MINT-VR-Labs.

Paula Starke

Master in Nordamerikastudien der FU Berlin und Indiana University Bloomington mit einem Schwerpunkt in Politikwissenschaft, Soziologie und Gender Studies. Seit 2024 wissenschaftliche Mitarbeiterin für Evaluation im Forschungsprojekt MINT-VR-Labs.

Evelyn Becker

Promovierte Biologin mit interdisziplinärer Berufserfahrung als Prozess- und Projektmanagerin (Epigenomics AG) und stellvertretende Qualitätsmanagementkoordinatorin (Bundesinstitut für Risikobewertung). Seit 2022 Koordinatorin des Projekts MINT-VR-Labs. Seit 2024 zudem Lehrbeauftragte.

DYNAMISCHE OPTIMIERUNG VON VR-LERNUMGEBUNGEN DURCH GENERATIVE KI

Louis Burk, Uwe Wienkop
Technische Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm

ZUSAMMENFASSUNG

Die steigende Leistungsfähigkeit von Large Language Models (LLMs) eröffnet neue Wege für die automatisierte Erstellung virtueller Lernwelten. In diesem Beitrag stellen wir einen Ansatz vor, mit dem VR-Szenarien allein durch natürlichsprachliche Beschreibungen generiert und dynamisch an Lerninhalte angepasst werden können. Dabei setzt unser System auf Diffusionsmodelle und eine metasprachliche Strukturierung (MLDS), um Objekte und didaktische Elemente bedarfsgenau und konsistent anzuordnen. Erste Prototypen zeigen, dass sich dadurch VR-Lernumgebungen effizienter und flexibler erstellen lassen, was insbesondere für MINT-Fächer wertvolle Potenziale bietet. Lehrende können so Lernlabore virtuell nachbilden und im laufenden Kurs an geänderte Anforderungen anpassen, ohne umfangreiche 3D-Design-Kenntnisse zu benötigen.

Keywords: Virtual Reality, Large Language Models, Domain Specific Language, Weltgenerierung

1. EINLEITUNG

LLMs (Large Language Models) wie ChatGPT oder Gemini haben in den letzten Jahren zunehmend Eingang in schulische und hochschulische Lernprozesse gefunden. Was zunächst als Unterstützung für eigenständiges Lernen gedacht war, wird zum Problem: Lernende können Aufgaben nahezu vollständig lösen lassen, ohne sich aktiv mit dem Stoff auseinanderzusetzen. LLMs übernehmen damit zunehmend eine lehrende Rolle, indem sie Aufgaben generieren und erklären. Besonders in Grundlagenfächern ist das kritisch, da Wissenslücken unentdeckt bleiben, wenn zentrale Denkprozesse ausgelagert werden.

Um dieser Herausforderung zu begegnen, kombinieren wir Virtual-Reality-Lernumgebungen (VR) mit LLMs, um ein fokussiertes, interaktives Lernerlebnis zu schaffen. VR erschwert das bloße „Aufgaben-Kopieren“ und ermöglicht – ähnlich einem physischen Labor – ein intensiveres Eintauchen in den Lernstoff. Studien (z. B. Parong & Mayer, 2018) zeigen jedoch, dass immersive VR auch kognitive Belastungen verursachen kann, etwa durch ungewohnte oder überladene Darstellungen. VR entfaltet ihr Potenzial nur dann, wenn die Umgebung gezielt auf das jeweilige Lernziel hin optimiert ist.

Hier setzt unser Ansatz an: Die aufwendige Gestaltung von VR-Welten ist bislang ein Hindernis, da Fachleuten meist Programmier- und Designkenntnisse fehlen. Unser Ziel ist daher ein System, das natürliche Spracheingaben annimmt und daraus automatisch eine immersive VR-Umgebung generiert, die den Lernkontext realistisch abbildet.

Vor diesem Hintergrund untersuchen wir die Forschungsfrage: *„Kann ein KI-gestütztes Framework dazu beitragen, die Entwicklung von virtuellen Realitäten effizient, individuell und immersiv zu gestalten?“*

Um diese zu beantworten, stellen wir uns die Teilfrage:

Können Diffusionsmodelle genutzt werden, um virtuelle Lernanwendungen gezielt an Stakeholder-Anforderungen wie intuitive Bedienbarkeit, effiziente Informationsvermittlung und individuelle Nutzerpräferenzen anzupassen?

Im Folgenden stellen wir unseren methodischen Ansatz vor, vergleichen ihn mit bestehenden Arbeiten, präsentieren erste Ergebnisse, diskutieren Stärken und Limitationen und skizzieren die nächsten Schritte.

2. HINTERGRUND UND MOTIVATION

Virtual Reality (VR) ermöglicht dank immersiver Technologien ein tieferes Eintauchen in digitale Lernumgebungen (Müser & Fehling, 2022). Durch Head-Mounted Displays und räumliche Interaktionen lassen sich komplexe Sachverhalte anschaulich vermitteln, was das Lernengagement steigern kann. Die Erstellung überzeugender VR-Szenarien erfordert jedoch meist fortgeschrittene 3D-Design- und Programmierkenntnisse.

Parallel zeigt die rasante Entwicklung von LLMs wie GPT oder Gemini, wie natürlichsprachliche Eingaben automatisiert verarbeitet werden können. Diese Modelle verstehen kontextabhängige Fragen, generieren Inhalte und unterstützen bei der didaktischen Aufbereitung von Lernstoff (Sun et al., 2025).

Die Kombination beider Technologien verspricht, den Entwicklungsaufwand für VR-Lernwelten deutlich zu reduzieren. Über Texteingaben könnten künftig immersive Szenen erstellt

und angepasst werden, ohne dass Lehrende Expertenwissen im 3D-Bereich benötigen (De La Torre et al., 2024; Yang et al., 2025). Unser Ansatz nutzt diese Synergie und kombiniert die Stärken von VR – Immersion und Interaktivität – mit den Generierungs- und Anpassungsfähigkeiten moderner LLMs. So entstehen dynamische Lernumgebungen, die sich flexibel an unterschiedliche Fächer, Lernziele und Zielgruppen anpassen lassen.

3. BESTEHENDE ANSÄTZE

Immersive Technologien wie Augmented und Virtual Reality (AR/VR) rücken zunehmend in den Fokus der Hochschullehre. Immer mehr Hochschulen suchen nach Möglichkeiten, AR/VR in Lehre und Forschung zu integrieren. Einige aktuelle Projekte erkunden bereits die praktische Nutzung von AR/VR in Lehrkontexten. So stellt figments.nrw ein offenes Autorensystem für virtuelle Lernwelten bereit, das in einem hochschulübergreifenden Verbundprojekt (2019-2023) in NRW entwickelt wurde (Figments, 2025). Das Hauptziel von figments.nrw ist es, VR-Inhalte in der Hochschulbildung ohne besondere Programmierkenntnisse erstellen und verbreiten zu können. Im Projekt AR/VR.nrw wurden dazu exemplarische VR-Lernszenarien entwickelt und erfolgreich in bestehende Vorlesungen integriert.

Neben figments.nrw stellt das Projekt AdLer (Adaptive digitale Lernräume) einen weiteren Ansatz zur 3D-Welterstellung aus Moodle-Kursen vor (AdLer, 2025). AdLer ermöglicht es, mit einem Autorentool vernetzte virtuelle 2D- und 3D-Lernräume zu gestalten, die Studierenden interaktive Lernerlebnisse nach den Prinzipien des Game-based Learning bieten. Lehrende können AdLer-3D-Umgebungen in Präsenz-, Online- oder Blended-Learning-Formaten einsetzen.

Trotz solcher Pilotprojekte bleibt der flächendeckende Einsatz von AR/VR in Hochschulkursen bislang die Ausnahme. Zu den Gründen zählen die begrenzte Übertragbarkeit existierender Lösungen sowie der hohe Aufwand bei der Entwicklung qualitativ hochwertiger VR-Lerninhalte. Viele der derzeit verfügbaren AR/VR-Anwendungen decken nur sehr spezifische Szenarien ab und lassen sich kaum flexibel an veränderte Anforderungen anpassen. Zudem erfordert die Erstellung immersiver Lernumgebungen in der Regel spezielle 3D-Entwicklungskenntnisse und erheblichen Zeitaufwand in der didaktischen Gestaltung. Projekte wie figments.nrw oder AdLer vereinfachen zwar die Content-Erstellung durch intuitive Tools, dennoch bleibt ein Großteil der inhaltlichen Ausarbeitung nach wie vor Handarbeit der Lehrenden.

Unabhängig von der technischen Umsetzung zeigen Studien, dass immersive Lernumgebungen für bestimmte Inhalte traditionellen Methoden überlegen sein können, insbesondere wenn es darum geht, räumlich-komplexe oder dynamische Sachverhalte anschaulich und erfahrbar zu machen (Müsler & Fehling, 2022). Dies gilt besonders in MINT-Fächern wie Biologie, Physik oder Informatik, wo Prozesse, Relationen und räumliche Zusammenhänge im Vordergrund stehen. Auch Parong und Mayer (2018) zeigen, dass immersive Virtual-Reality-Erlebnisse in der Lage sind, Motivation, situational interest und Engagement signifikant zu steigern, was für die Lernwirksamkeit insbesondere in frühen Lernphasen relevant sein kann.

Gleichzeitig erfordern diese positiven Effekte eine gezielte didaktische Gestaltung, da immersive Umgebungen auch Risiken bergen: So kann eine visuelle Überladung, etwa durch kontinuierlich bewegte 3D-Animationen oder ein zu hohes Maß an Realismus, zu extraneous cognitive load führen, also zu kognitiver Belastung, die nicht der Verarbeitung des Lerninhalts dient. In der Studie von Parong und Mayer schnitten Lernende,

die Inhalte in VR statt über eine konventionelle PowerPoint-Präsentation erarbeiteten, signifikant schlechter in Tests ab, obwohl sie sich stärker motiviert fühlten. Die Ursachen lagen unter anderem in fehlender Segmentierung und mangelnder Steuerbarkeit des Lernflusses, beides Aspekte, die in klassischen Medien häufig besser umgesetzt sind.

VR entfaltet ihr didaktisches Potenzial besonders dann, wenn sie auf Lerninhalte zugeschnitten ist, die von Interaktivität, Räumlichkeit und immersivem Erleben profitieren, beispielsweise in virtuellen Laboren, technischen Simulationen oder anatomischen Erkundungen. Für abstraktere, rein konzeptuelle Inhalte ist hingegen weiterhin eine sorgfältige Abwägung notwendig, wie immersive Technologien gestaltet werden müssen, um kognitive Belastung zu vermeiden.

Hier setzt unser Ansatz an: Durch den Einsatz künstlicher Intelligenz (z. B. generativer Sprachmodelle) sollen immersive Lernumgebungen automatisch aus natürlichsprachlichen Beschreibungen generiert werden. Lehrende bräuchten ihre gewünschte Lernsituation künftig nur noch in natürlicher Sprache zu beschreiben. Eine KI generiert daraus automatisch die entsprechende 3D-Umgebung. Im Unterschied zu figments.nrw oder AdLer, die auf manuelle Szenengestaltung setzen, könnte eine solche KI den Aufwand stark senken und immersive Formate fördern.

Unser System trägt diesem Spannungsfeld Rechnung, indem die automatisierte Generierung von VR-Welten nicht nur inhaltlich gesteuert, sondern auch didaktisch strukturiert erfolgt, etwa durch gezielte Vereinfachung, adaptive Detailtiefe oder segmentiertes Interaktionsdesign. Die Kombination aus LLM-gesteuertem Szenenaufbau, prüfbaren räumlichen Regeln und kollisionsfreier Anordnung ermöglicht eine immersive Gestaltung, die technisch effizient, didaktisch flexibel und

niedrigschwellig nutzbar ist. Damit würde die Schwelle für den Einsatz von AR/VR in der Lehre nochmals deutlich sinken, wodurch diese Technologien künftig einem breiteren Einsatz in der Hochschulbildung zugänglich wären.

4. METHODIK

In unserem Ansatz zur automatischen Generierung virtueller Welten setzen wir auf eine mehrstufige Pipeline, die natürliche Spracheingaben iterativ in eine ausführbare und formal strukturierte Beschreibung einer VR-Umgebung überführt. Zunächst erfassen wir die inhaltlichen Anforderungen an den Raum, etwa Objekte, Interaktionen oder didaktische Konzepte, über ein Large Language Model (LLM). Konkret kommen hier ChatGPT und DeepSeek zum Einsatz. Zentral ist dabei unser metasprachebasierter Ansatz (Meta-Language-Defined Structures, MLDS) (CoNaLaDe, 2025), wie in früheren Arbeiten beschrieben (Fischer et al., 2025): Statt Standardformate (z. B. JSON, XML) zu erzwingen, definieren wir eine angepasste Metasprache, die Objekttypen, Beziehungen und Kontexte für VR spezifisch vorgibt. So soll sichergestellt werden, dass jede generierte Welt einerseits in konsistenter, maschinenlesbarer Form bereitsteht und andererseits hinreichend flexibel für unterschiedlichste Szenarien ist (siehe Abb. 1).

Natürliche Spracheingabe und Iteration

Am Beginn steht eine natürlichsprachliche Beschreibung, in der Lehrende oder Fachexperten skizzieren, welche Objekte, Raumbereiche oder Lernaktivitäten benötigt werden. Angelehnt an hierarchische Szenengenerierung (Sun et al., 2025) erfolgt zunächst eine abstrakte Beschreibung, die durch Rückfragen des LLM iterativ präzisiert wird. Die Metasprache dient dabei als strukturierender Rahmen und zeigt auf, welche Angaben fehlen oder unklar sind.

Aufteilung in spezialisierte Agenten

In Anlehnung an mehragentige Systeme wie WorldCraft (Liu et al., 2025) nutzen wir spezialisierte Agenten: Ein Wall-&-Floor-Planner definiert Wände und Böden, ein Sektionsplaner strukturiert Funktionsbereiche, ein Objektplaner platziert 3D-Objekte. Ein Supervisor koordiniert deren Einsatzreihenfolge.

Metasprachliches Output-Format

Sind alle Details geklärt, erzeugen die Agenten eine MLDS-Ausgabe mit räumlichen und semantischen Informationen: Objekttypen (z. B. „Tisch“) mit Attributen (Größe, Material, Position) und Relationen („auf“, „in der Nähe von“). Dieses Format erlaubt eine direkte Überführung in Unity ohne Konvertierung.

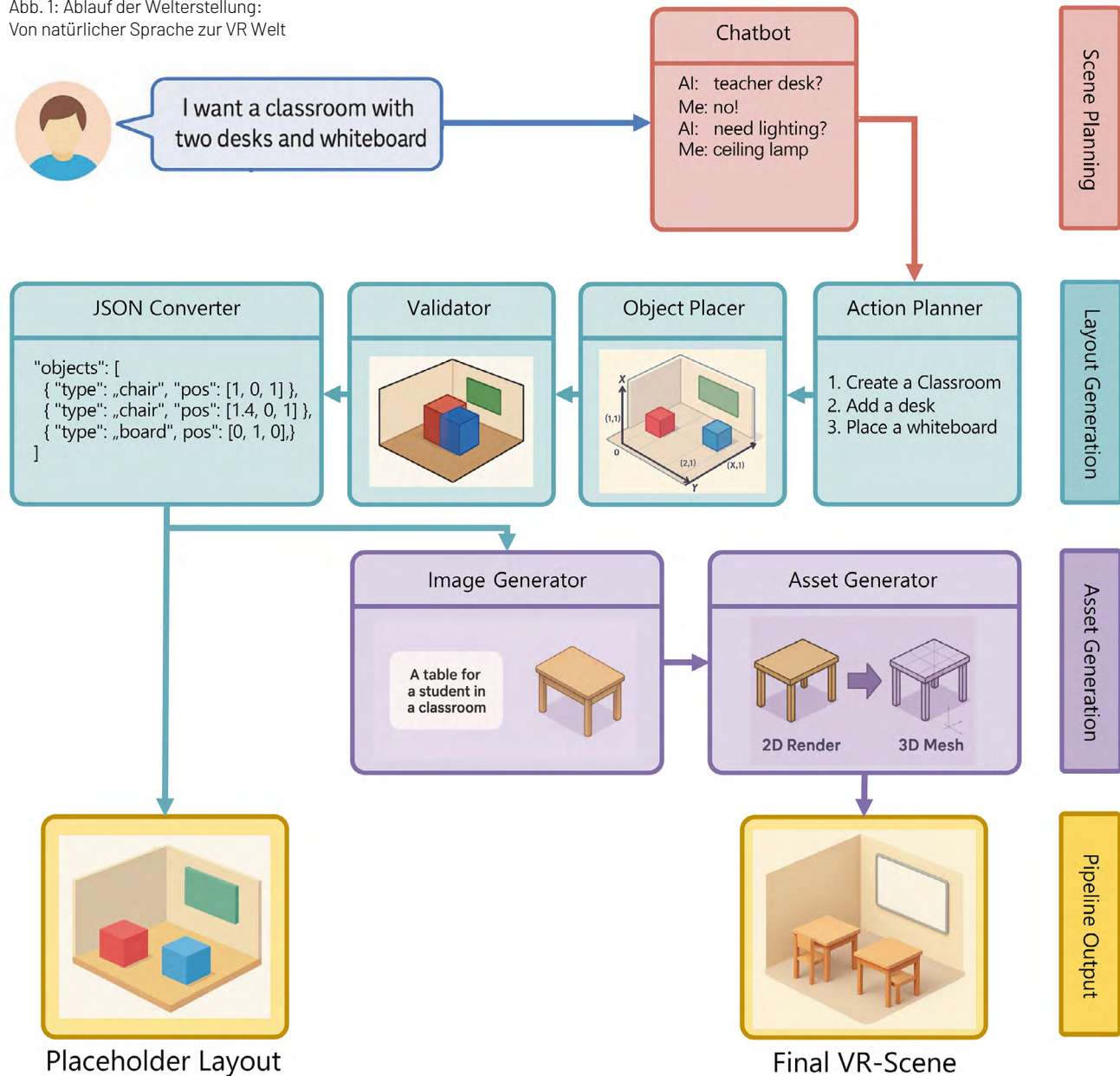
Automatisierung und Selbstkorrektur

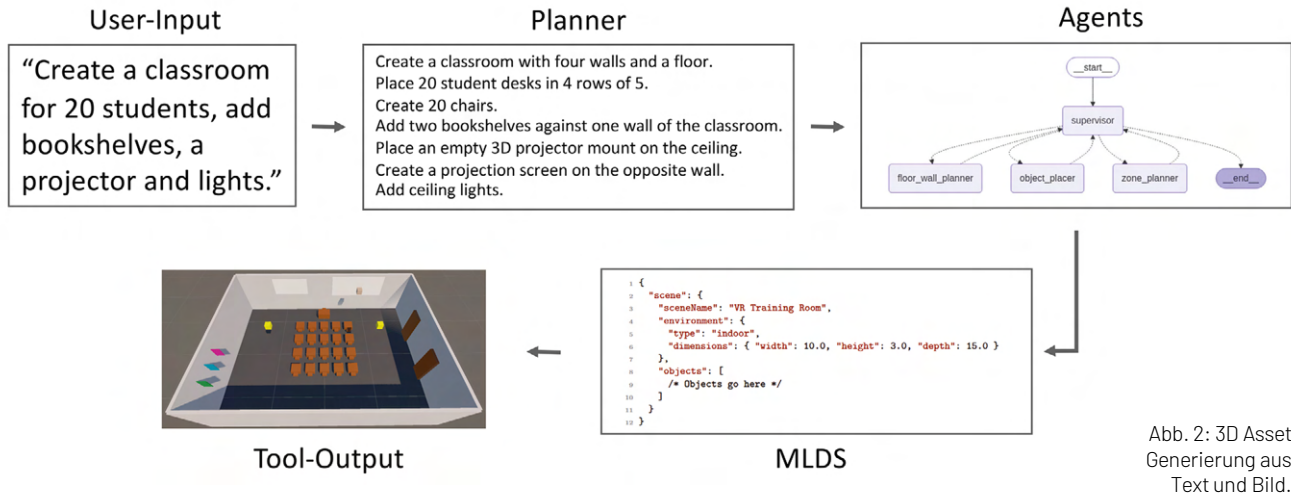
Zur Sicherung der Konsistenz setzen wir auf ein selbstprüfendes Verfahren, inspiriert von HOLODECK (Yang et al., 2025) oder LLMR (De La Torre et al., 2024). Bei jedem Teilschritt wird die Ausgabe validiert (z. B. passen Objektmaße?) und ggf. erneut durch den zuständigen Agenten bearbeitet.

Integration in Unity und Objektverfeinerung

Nach Fertigstellung wird die MLDS-Struktur in Unity importiert. Wie FirePlace (Huang et al., 2025) zeigt, sind physikalische Plausibilität und Abstände für eine realistische Platzierung entscheidend, daher sind manuelle Feinschliffe optional möglich. Zusätzlich kann ein Bild-zu-3D-Ansatz (z. B. Trellis) verwendet werden, um neue Assets aus Text oder Bild zu erzeugen (siehe Abb. 2).

Abb. 1: Ablauf der Welterstellung:
Von natürlicher Sprache zur VR Welt





Anders als in existierenden Systemen, die auf rein manuelle Szenengestaltung oder starre Formate setzen, stellt unser Ansatz durch die Metasprache sicher, dass sämtliche Ausgaben syntaktisch konsistent sind und eine klare, maschinenfreundliche Struktur aufweisen. Auf diese Weise entfällt ein Großteil der bisherigen Handarbeit beim Kreieren virtueller Lernräume. Gleichzeitig bleibt die Endkontrolle und Feinanpassung durch die Lehrperson oder Designer:innen gewährleistet, sodass auch fachspezifische didaktische Bedürfnisse abgebildet werden können.

5. EVALUATION

Das vorgestellte Projekt befindet sich aktuell in einer frühen, aber funktionsfähigen Entwicklungsphase. Ziel der bisherigen Evaluation war es, sowohl die technische Umsetzbarkeit der automatisierten VR-Welterstellung zu überprüfen als auch erste Aussagen über ihre Eignung für den Hochschulkontext zu ermöglichen.

Systematische Evaluation der Szenenqualität

Mittels einer automatisierten Testsuite (Burk et al., 2025) wurden 320 Szenen (Klassenzimmer, Messestände) auf räumliche Validität untersucht. Bewertet wurden:

- In-Boundary Score (IBS): 53,2 % (SD=15,8),
- Collision-Free Score (CFS): Anstieg von 19,4 % auf 47,0 % bei Validierung,
- Volumetrische Korrektheit: VCIS= 93,9 %, NCIS= 96,6 %.

Die räumliche Platzierung ist bereits funktional (IBS), Kollisionen lassen sich durch Validierung deutlich reduzieren (CFS) und das Szenenvolumen bleibt zu über 90 % kollisionsfrei nutzbar (VCIS, NCIS). Damit ist die strukturelle Qualität der erzeugten Lernräume für den praktischen Einsatz grundsätzlich gegeben.

Zeitersparnis in der Szenenerstellung

Ein wichtiges Ziel war es, Lehrenden ohne 3D-Vorkenntnisse die Szenenerstellung in kurzer Zeit zu ermöglichen. Die durchschnittliche Generierungszeit pro Szene lag bei 18 Minuten (Median: 18,2 min; Spannweite: 6,1-37 min), inklusive Validierung und Platzierung. Der manuelle Aufwand reduzierte sich gegenüber klassischen Tools (z. B. Unity mit Asset-Import) um ca. 80 %.

Didaktische Gestaltungsspielräume und Personalisierung

Ein wesentliches Ziel der Evaluation war die Beantwortung der Teilfrage, ob sich VR-Lernumgebungen gezielt an Stakeholder-Anforderungen anpassen lassen. Unsere bisherigen Ergebnisse bestätigen dies klar: Über natürlichsprachliche Eingaben lassen sich z. B. für ein Mathematik-Szenario reduzierte, ablenkungsarme Layouts erzeugen, während in einem technischen Kontext (z. B. Elektrotechnik) ein voll ausgestattetes Labor mit benannten Geräten generiert werden kann. Diese Inhalte wurden in einem Testraster mit 10 Expert:innen aus der Hochschullehre beurteilt und als plausibel sowie „strukturell anschlussfähig“ an reale Lernsituationen bewertet.

Interaktivität und Immersion

Ein weiterer Aspekt betraf das pädagogische Potenzial der Szenen. Zwar fanden bisher noch keine vollständigen Feldtests mit Studierenden statt, jedoch wurden mehrere Prototyp-Szenen im Rahmen eines internen Workshops mit vier Hochschuldozierenden in der Unity-Editorumgebung begangen. Dabei wurde insbesondere die Möglichkeit zur unmittelbaren Rückmeldung und Positionierung von Objekten als „didaktisch hilfreich“ eingestuft. Die immersive Wirkung wurde als deutlich erhöht eingeschätzt, wenn Lerninhalte über visuelle Objekte greifbar und räumlich unterscheidbar dargestellt wurden.

Gelingenskriterien für das Lernen

Auch wenn Lernwirksamkeit im engeren Sinne (Lernerfolg, Retention, Transfer) noch nicht systematisch gemessen wurde, lassen sich aus den bisherigen Tests erste Gelingensbedingungen ableiten. Diese decken sich mit zentralen Gestaltungsprinzipien der kognitiven Lerntheorie (vgl. Mayer, 2009; Fiorella & Mayer, 2022):

- Raumstrukturierung und visuelle Klarheit: Szenen mit klar segmentierten Funktionszonen (z. B. Eingangsbereich, Arbeitsbereich, Visualisierungsfläche) wurden konsistenter genutzt.
- Reduktion visueller Komplexität: Weniger Deko-Elemente korrelierten mit höherer Navigationssicherheit im Headset-Test.
- Kontextnähe: Szenen, die bekannte Raumtypen (Klassenzimmer, Messefläche) nachbildeten, wurden als intuitiver eingestuft.

Die automatisierte VR-Erstellung ist technisch umsetzbar, strukturell robust und didaktisch anpassbar. Besonders in MINT-Fächern eröffnet das System Potenzial für virtuelle Versuchsaufbauten, Exkursionen oder interaktive Lernlabore. Weitere Studien zu Lernerfolg und Akzeptanz sind für die nächste Projektphase geplant.

6. FAZIT

Unsere bisherigen Untersuchungen zeigen: Die automatisierte Erstellung virtueller Lernumgebungen mit generativer KI ist bereits heute praktikabel und funktional robust. Lehrszenarien lassen sich per natürlicher Sprache beschreiben und in weniger als 20 Minuten, inklusive Validierung und Objektplatzierung, als ausführbare VR-Welten generieren. 3D- oder Programmierkenntnisse sind dafür nicht erforderlich, was die Einstiegshürde für Lehrende deutlich senkt.

Auch wenn der Lernfortschritt noch nicht empirisch gemessen wurde, deuten erste Ergebnisse darauf hin, dass VR-Umgebungen besonders motivierend und praxisnah wirken, wenn sie klar strukturiert, visuell fokussiert und kontextuell verankert sind. VR entfaltet vor allem dort Potenzial, wo räumliche Nähe,

Interaktivität oder Situativität für das Lernen zentral sind, weit über das hinaus, was Simulationen oder interaktive Videos an Präsenzwirkung leisten.

Für die nächste Projektphase stehen zwei Schritte im Fokus:

1. Didaktische Operationalisierung: Entwicklung von Prompt-Guides mit Beispielen je Fach und Lernziel.
2. Empirische Wirksamkeitsstudien: Messung von Lernfortschritt, Motivation und Transfer in VR-Szenarien.

Insgesamt lässt sich ein hohes Potenzial erkennen, VR-basierte Lehrformate insbesondere in MINT-Fächern nachhaltig zu verankern, vorausgesetzt, ihre Umsetzung folgt didaktischen Prinzipien.

Literatur

AdLer. (2025). Adaptive digitale Lernräume [Projekt-AdLer]. Abgerufen von <https://projekt-adler.eu/>

Burk, L., Koller, J., Wienkop, U. (2025). One Prompt, Many Polygons: Fully Automated VR Scene Building with User Intervention Loops. [Manuskript eingereicht zur Publikation]

CoNaLaDe. (2025). MLDS – Meta-Language-Defined Structures [GitHub-Repository]. Abgerufen von <https://github.com/CoNaLaDe-MLDS/Artifacts>

De La Torre, F., Fang, C. M., Huang, H., Banburski-Fahey, A., Amores Fernandez, J., & Lanier, J. (2024). LLMR: Real-time Prompting of Interactive Worlds using Large Language Models. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2309.12276>

Figments. (2025). Figments.nrw. Abgerufen von <https://figments.nrw/de/figments-de/>

Fiorella, L., & Mayer, R. (2022, February). Principles for reducing extraneous processing in multimedia learning. <https://doi.org/10.1017/9781108894333.019>

Fischer, A., Burk, L., Tavakoli Kolagari, R., Wienkop, U. (2025). Conveying Natural Language Descriptions into Meta-Language-defined Structures [Manuskript eingereicht zur Publikation]

Huang, I., Bao, Y., Truong, K., Zhou, H., Schmid, C., Guibas, L., & Fathi, A. (2025). FirePlace: Geometric Refinements of LLM Common Sense Reasoning for 3D Object Placement. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2503.04919>

Liu, X., Tang, C.-K., & Tai, Y.-W. (2025). WorldCraft: Photo-Realistic 3D World Creation and Customization via LLM Agents. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2502.15601>

Mayer, R. E. (2009). Multimedia Learning (2nd ed.). Cambridge University Press.

Müser, S., Fehling, C.D. (2022). AR/VR.nrw – Augmented und Virtual Reality in der Hochschullehre. HMD 59, 122–141. <https://doi.org/10.1365/s40702-021-00815-y>

Parong, J., & Mayer, R. E. (2018). Learning science in immersive virtual reality. Journal of Educational Psychology, 110(6), 785–797. <https://doi.org/10.1037/edu0000241>

Sun, W., Li, X., Li, M., Xu, K., Meng, X., & Meng, L. (2025). Hierarchically-Structured Open-Vocabulary Indoor Scene Synthesis with Pre-trained Large Language Model. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2502.10675>

Yang, Y., Sun, F.-Y., Weihs, L., Vanderbilt, E., Herrasti, A., Han, W., Wu, J., Haber, N., Krishna, R., Liu, L., Callison-Burch, C., Yatskar, M., Kembhavi, A., & Clark, C. (2025). HOLODECK: Language Guided Generation of 3D Embodied AI Environments. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2312.09067>

Angaben zu den Autoren

Louis Burk

Er studierte Informatik an der Technischen Hochschule Nürnberg und war dabei im ICS-Programm bei Siemens im Bereich Augmented Reality für die spannende Fertigung tätig. Seit 2024 promoviert er an der TH Nürnberg zum Thema „Virtual Reality in Geschäfts- und Lernanwendungen“ mit Schwerpunkt auf der automatischen Erstellung virtueller Welten.

Uwe Wienkop

Er studierte und promovierte in Informatik an der TU Dortmund und ist Professor an der TH Nürnberg. Seine Schwerpunkte sind digitale Lehr-Werkzeuge, Virtual Reality in Geschäfts- und Lernanwendungen sowie KI- und NLP-Methoden in der Softwareentwicklung. Seit 1998 entwickelt er die Hochschuljobbörse und seit 2021 leitet er das Institut für Angewandte Informatik.

AUSWIRKUNGEN DES EU AI ACT AUF DEN EINSATZ VON KÜNSTLICHER INTELLIGENZ IN DER HOCHSCHULLEHRE

Jasmin El-Bardouh, Heidi Schuhbauer
Ohm Hochschule Nürnberg

ZUSAMMENFASSUNG

Bei der Untersuchung der Auswirkungen des AI Act auf den Einsatz von KI in der Hochschullehre wird die Mehrheit der relevanten Tools der Kategorie des transparenzpflichtigen Risikos zugewiesen. Entscheidend für die daraus entstehenden Pflichten ist, ob die Hochschule Software selbst entwickelt und anbietet oder nur betreibt. Die Ermittlung der indirekten Auswirkungen erfolgt unter Zuhilfenahme des PESTEL-Modells. Zu den hochschulpolitischen Folgen zählt insbesondere die Notwendigkeit einer Anpassung der Lehrpläne sowie eine Weiterbildung des Hochschulpersonals. Auf soziokultureller Ebene lässt sich eine verstärkte Akzeptanz von KI-Systemen beobachten. Gleichzeitig birgt aus wirtschaftlicher Perspektive die Einführung strengerer Anforderungen an Hochrisiko-KI-Systeme eine Kostensteigerung. Aus technologischer Perspektive lässt sich eine zunehmende Relevanz neuer Tools im Hochschulbereich beobachten. Die rechtliche Dimension betont die Bedeutung von Compliance-Management-Systemen.

Keywords: EU AI Act, KI, PESTEL-Modell, Transparenzpflicht

1. MOTIVATION UND VORGEHENSWEISE

Der Rat der 27 EU-Mitgliedstaaten hat am 21. Mai 2024 den AI Act (kurz: KI-VO oder EU AI Act) und damit einen einheitlichen Rahmen für den Einsatz von Künstlicher Intelligenz (KI) in der Europäischen Union verabschiedet. Der EU AI Act hat Auswirkungen auf verschiedene Bereiche der Gesellschaft, darunter auch auf die Hochschulbildung (Barenkamp, 2024, S. 90). Ziel dieses Artikels ist zu erörtern, welche Auswirkungen dieses Gesetz auf den Einsatz von KI in der Hochschullehre hat. Ein wesentlicher Aspekt der Verordnung ist die Unterteilung von KI-Systeme in verschiedene Risikokategorien. Die Differenzierung zielt darauf ab, die Regulierung von KI-Systemen zu verschärfen, sofern von diesen ein erhöhtes Risiko für die Grundrechte oder ähnliche Schutzgüter, wie beispielsweise der Menschenrechtscharta, ausgeht. Demgegenüber sollen Systeme mit einem geringeren Gefährdungspotenzial weniger strikten Regulierungen unterliegen (KI-VO, 2024, Erwägungsgrund 26).

Der Schwerpunkt dieses Artikels liegt auf der Identifizierung spezifischer Bestimmungen, die für die Anwendungsbereiche der Hochschullehre von Relevanz sind. Dafür werden die Kriterien für die Risikoklassenzuordnung erörtert (KI-VO, 2024). Mit dem PESTEL-Modell werden Auswirkungen aus multiperspektivischer Sicht betrachtet. Das Akronym PESTEL steht für die verschiedenen Perspektiven, welche durch das Modell eingenommen werden. Hierbei handelt es sich um die politischen, wirtschaftlichen, soziokulturellen, technologischen, ökonomischen und rechtlichen Perspektiven (Gebert, 2023, S. 94).

2. RISIKOKATEGORIEN UND ZUORDNUNG

Die höchste Risikokategorie umfasst Anwendungen der KI, deren Einsatz durch die Europäische Union grundsätzlich untersagt wird. Die Einstufung von KI-Anwendungen in diese Kategorie beruht im Wesentlichen auf der Tatsache, dass diese Systeme gegen Rechte verstoßen, die in der Charta der Grundrechte der Europäischen Union verankert sind (Erwägungsgrund 28). Dazu gehören beispielsweise KI-Systeme, die Funktionen wie Social Scoring oder Emotionserkennung beinhalten. Systeme, die zum Ziel haben, Menschen zu kategorisieren, um ihnen den Zugang zu bestimmten Ressourcen zu ermöglichen oder zu verwehren, sowie solche, die Emotionen auf Basis ihrer biometrischen Daten erkennen und potenziell diskriminierende Ergebnisse liefern, sind demnach grundsätzlich verboten (Art. 5 Abs. 1 lit. c und lit. f; Erwägungsgrund 44). Eine Ausnahme gilt für KI-Systeme, die nur für Forschungszwecke eingesetzt werden.

Eine Einstufung als Hochrisikosystem umfasst beispielsweise solche KI-Systeme, die für kritische Infrastrukturen (beispielsweise im Straßenverkehr sowie für die Wasser-, Gas-, Wärme- und Stromversorgung) zuständig sind oder eine Sicherheitskomponente solcher Infrastrukturen darstellen.

Generative KI-Systeme sind für die synthetische Erstellung neuer Inhalte bekannt. Gemäß Art. 50 Abs. 2 sind generative KI-Systeme solche Anwendungen, welche beispielsweise die Erstellung von Deepfakes ermöglichen. Sie sind spezifischen Transparenzpflichten unterworfen. Das heißt, es ist eine deutliche Kennzeichnung erforderlich, wenn Inhalte künstlich erzeugt oder manipuliert werden, wie in Erwägungsgrund 134 festgelegt. Es sei zudem darauf verwiesen, dass ein KI-System, welches die Einhaltung von Transparenzpflichten gewährleisten muss, auch in andere Risikokategorien eingestuft werden

kann. Dies schließt sich gegenseitig nicht aus, wie in Erwägungsgrund 132 dargelegt ist. Die Vorschriften haben zum Ziel sicherzustellen, dass die Ursprünge und Wahrhaftigkeit der Inhalte für die Rezipienten klar erkennbar sind.

Gemäß Art. 51 Abs. 1 lit. a hat ein KI-System ein systemisches Risiko, wenn negative Auswirkungen im Kontext demokratischer Prozesse, der wirtschaftlichen oder öffentlichen Sicherheit auftreten könnten. Sie unterliegen einer strengen Regulierung und Überwachung.

Systeme der künstlichen Intelligenz, die nicht unter die bereits genannten Systemkategorien fallen, werden der letzten Risikokategorie zugeordnet, nämlich jener, die nur ein minimales Risiko aufweisen. Diese Systemarten bleiben weitgehend unreguliert. Ebenso unterliegen KI-Systeme, die einem Forschungszweck dienen, keiner Regulierung, selbst wenn sie theoretisch Merkmale einer anderen Risikokategorie aufweisen. Eine Änderung des Verwendungszwecks, beispielsweise vom Forschungszweck zur kommerziellen Verwendung, hat eine Einordnung gemäß den oben erörterten Standards zur Folge. Der Ausnahmefall für KI-Systeme, die nur für Forschungszwecke eingesetzt werden, zielt darauf ab, die wissenschaftliche Freiheit und Innovation nicht zu beeinträchtigen (Art. 2 Abs. 8).

Unter den Gründen zur Gesetzgebung ist der 56. Erwägungsgrund auf den Bereich der Bildung bezogen. Dort wird dargelegt, dass KI-Systeme eine entscheidende Bedeutung für eine „hochwertige digitale Bildung“ besitzen. Diese Systeme können bei der Vermittlung digitaler Fähigkeiten und Kompetenzen, die für die aktive Teilhabe an Wirtschaft, Gesellschaft und demokratischen Prozessen erforderlich sind, eine wesentliche Rolle einnehmen. Jedoch sollte die Verwendung von KI-Anwendungen für bestimmte Zwecke als hochriskant eingestuft werden. Dazu zählen die Bestimmung von Zugang und Zulassung zu

Bildungsprogrammen, die Bewertung von Lernergebnissen und des Bildungsniveaus sowie die Überwachung von Prüfungsverhalten. Der Grund hierfür liegt darin, dass diese Arten von Systemen über Bildungs- und Karrierewege entscheiden können und somit das Leben der Betroffenen maßgeblich beeinflussen. Ein automatisiertes Feedback im Laufe einer Veranstaltung, das keine Auswirkung auf die Benotung hat, fällt demnach nicht darunter.

In Art. 5 Abs. 1 lit. f legt fest, dass das Inverkehrbringen, die Inbetriebnahme und die Verwendung von KI-Systemen zur Emotionserkennung natürlicher Personen in Bildungseinrichtungen und am Arbeitsplatz verboten ist. Es sei jedoch darauf verwiesen, dass es Ausnahmen von dieser Regel gibt. Dazu zählt der Einsatz zu medizinischen oder strafrechtlichen Zwecken.

Wird KI demnach für Feedback und Prüfungsbenotung verwendet, fällt sie unter die Kategorie der hochriskanten KI-Systeme. Hier ist eine Differenzierung zwischen dem Anbieter und dem Betreiber der Software wichtig. Als Anbieter gilt, wer aktiv an der Systementwicklung beteiligt ist oder ein bereits bestehendes KI-Modell in ein eigenes Produkt integriert und dieses unter seiner Marke vertreibt. Als Betreiber wird eingestuft, wer ein KI-System für interne Zwecke einsetzt, ohne es weiterzuentwickeln oder als eigenes Produkt anzubieten. Zumeist werden Hochschule solche Systeme eher betreiben als selbst entwickeln. Als Bereitsteller muss die Hochschule die Nutzung der Systeme strikt gemäß ihrem vorgesehenen Verwendungszweck sicherstellen, wie es in Art. 26 Abs. 1 vorgeschrieben ist. Darüber hinaus muss die Beaufsichtigung der Systeme durch qualifiziertes Personal erfolgen, um eine menschliche Kontrolle über die Systeme zu gewährleisten, wie es Art. 26 Abs. 2 und Abs. 3 erfordert. Solange die Kontrolle über die Eingabedaten bei den Bereitstellern liegt, ist sicherzustellen, dass sämtliche Eingabedaten relevant und repräsentativ sind gemäß den

Anforderungen in Art. 26 Abs. 4. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die kontinuierliche Überwachung des Systembetriebs. Darüber hinaus regelt Art. 26, Abs. 6 die Aufbewahrungspflicht von Protokollen, die im Zusammenhang mit der Nutzung des Systems anfallen. Bevor ein solches System implementiert und in Betrieb genommen wird, ist es gemäß den Bestimmungen des Art. 26 Abs. 7 erforderlich, dass sowohl die Studierenden als auch weitere Nutzer des Systems darüber informiert werden.

In den meisten anderen Fällen der KI-Verwendung (z. B. zur Wissensvermittlung, Beratung) fallen KI-Anwendungen in die Kategorie der transparentpflichtigen Systeme. Gemäß Art. 50 Abs. 2 der betreffenden Gesetzgebung ist der Output dieser Systeme transparent zu gestalten. Insbesondere muss klar und unmissverständlich erkennbar sein, dass die erstellten Inhalte von einer KI generiert wurden. In Übereinstimmung mit Artikel 50 Absatz 1 obliegt die Verantwortung für die Kennzeichnungspflicht den Anbietern der entsprechenden Software.

3. PESTEL-MODELL

Multiperspektivisch betrachtet dieser Abschnitt die Auswirkungen des EU AI Act auf die Hochschullehre nach dem PESTEL (Political, Economic, Social, Technological, Environmental und Legal) -Modell. Aus Gründen der Prägnanz beschränkt sich dieser Abschnitt auf die wesentlichsten Argumente. In der politischen Perspektive des PESTEL-Modells erfolgt eine Fokussierung auf die hochschulpolitischen Rahmenbedingungen. Zu diesen Rahmenbedingungen zählt die Gestaltung des Studienangebots sowie das Management der Hochschule wie beispielsweise Aspekte des Personalmanagements, der Infrastruktur sowie der Kooperation mit anderen Hochschulen. Ein elementarer Aspekt der Hochschulpolitik liegt auf der kontinuierlichen Adaption des Studienangebots an die sich

transformierenden gesellschaftlichen und technologischen Rahmenbedingungen. In diesem Kontext erfordert die Entwicklung der KI in der Gesellschaft eine Neuausrichtung der Lehrpläne, um die Studierenden adäquat auf die veränderten Anforderungen des Arbeitsmarktes vorzubereiten. Angesichts dessen sind u. a. Anpassungen der Studiengänge erforderlich, um sicherzustellen, dass die Studierenden die erforderlichen Kompetenzen zur Entwicklung von Software erwerben, die den Richtlinien der KI-Verordnung entspricht, beispielsweise bei der Konzeption transparenter KI-Systeme, wie sie für generative KI-Systeme vorgesehen sind (Art. 50, Abs. 2), sowie zur Erstellung von Protokollaufzeichnungen für hochriskante KI-Systeme (Art. 12, Abs. 1). Sollten hochriskante KI-Systeme in der Lehre eingesetzt werden, muss das Lehrpersonal geschult werden. Die Kenntnis über den adäquaten Umgang mit fehlerhaften Ergebnissen und Vorfällen, wie beispielsweise Diskriminierungsfällen, wird verlangt. Des Weiteren ist zu berücksichtigen, dass Prozesse definiert werden müssen, welche gewährleisten, dass alle Beteiligten fair behandelt werden. In Bezug auf die Forschung an Hochschulen kann angenommen werden, dass diese weitgehend unverändert bleibt, da Forschungsprojekte von der Gesetzgebung ausgeschlossen sind.

Im Rahmen der wirtschaftlichen Dimension des PESTEL-Modells wird überlegt, welche ökonomischen Auswirkungen durch die Integration von KI-Systeme gemäß EU AI Act verbunden sind. Vor allem beim Einsatz hochriskanter KI-Systeme werden aufgrund der Regelungen Kosten steigen, beispielsweise durch die Schulungen, die dem Personal die Funktionsweisen des KI-Systems umfassend erläutern, sodass dieses in der Lage ist, die KI-Systeme effektiv anzuwenden und Fehler des KI-Systems adäquat zu bewältigen. Demgegenüber stehen Einsparungen durch Automatisierung, beispielsweise bei Prüfungs- und Zulassungsverfahren, was Ressourcen freisetzt.

Innerhalb der soziokulturellen Dimension des PESTEL-Modells werden gesellschaftliche und kulturelle Faktoren berücksichtigt. Ein maßgeblicher soziokultureller Aspekt ist das Vertrauen in technologische Systeme, insbesondere in KI. Ängste beim KI-Einsatz lassen sich thematisch in Ängste vor einer ungleichen Machtverteilung, vor gesellschaftlicher Manipulation sowie vor dem Verlust von Kontrolle einordnen (Tschopp et al., 2022, S. 337). Die in Artikel 5 aufgeführten verbotenen Praktiken des EU AI Act dienen der präventiven Verhinderung einer unfairen Machtverteilung. Die Transparenzpflicht (Art. 50) reduziert die Wahrscheinlichkeit gesellschaftlicher Manipulation, Desinformation oder gefälschter Inhalte. Gemäß Artikel 9 ist bei Hochrisiko-KI-Systemen die Einführung eines Risikomanagementsystems erforderlich, wodurch Kontrollverlustängste und unkontrollierte Cyberangriffe reduziert werden können.

Die vierte Dimension des PESTEL-Modells fokussiert sich auf technologische Faktoren. Die Implementierung neuer Werkzeuge im Hochschulbereich, wie beispielsweise ein Risikomanagement-Tool, welches in der Position als Anbieter von KI-Systemen der Hochrisiko-Kategorie benötigt wird (Art. 9), wird eine Modifikation der Prozesslandschaft im Hochschulsektor zur Folge haben. Bei bereits bekannter Software kann eine Anpassung der Benutzeroberfläche nötig sein, damit synthetisch generierte Ausgaben kenntlich gemacht werden.

Die fünfte Perspektive des PESTEL-Modells betrachtet nachhaltige Aspekte. Diese umfassen nicht nur die typischen ökologischen Aspekte, sondern auch zusätzlich die soziale Nachhaltigkeit. Chatbots können studiumsbezogene Fragen ökonomisch effizient beantworten. Ein ökologischer Vorteil von Chatbots besteht in ihrer Fähigkeit, den E-Mail-Verkehr für repetitiv auftretende Fragen zu reduzieren (Bruehl, 2020, S. 18). Demgegenüber steht der Ressourcenverbrauch der Anfrage. Die Ermittlung eines eindeutigen CO₂-Fußabdrucks im

Vergleich zur E-Mail ist aufgrund der Vielzahl an Einflussfaktoren (z. B. die Effizienz der verwendeten Hardware sowie die Größe des Modells) noch nicht möglich (Cowls et al., 2023, S. 290). Die rechtliche Grundlage führt zu einer Stärkung der sozialen Nachhaltigkeit, da der EU AI Act darauf abzielt, diskriminierende KI-Systeme zu identifizieren und zu verbieten (Art. 5). In hochriskanten Bereichen, in denen KI beispielsweise über die Zulassung von Studierenden entscheidet und durch Diskriminierungsmuster die Gefahr einer unfairen Bewertung besteht, unterliegen diese Systeme strengen Regulierungen (Art. 8 bis Art. 15).

In der abschließenden, sechsten Dimension des PESTEL-Modells erfolgt eine Betrachtung rechtlicher Aspekte. Aus der Perspektive des Hochschulmanagements lässt sich die Notwendigkeit ableiten, ein effektives Compliance-Management-System zu etablieren. Dies erlangt insbesondere Relevanz, wenn ein KI-System implementiert oder betrieben wird, welches einer der regulierten Risikoklassen zuzuordnen ist. Ein wesentlicher Aspekt eines effektiven Compliance-Management-Systems ist die Sicherstellung der Übereinstimmung der eingesetzten KI-Systeme mit den geltenden gesetzlichen Anforderungen. Dazu zählt die kontinuierliche Evaluierung der Systeme, um die Einhaltung der geltenden Vorschriften zu gewährleisten (Kreipl, 2020, S. 130).

4. ZUSAMMENFASSUNG

Viele KI-Anwendungen fallen unter die Kategorie des transparenzpflichtigen Risikos. Die daraus entstehenden Verpflichtung betreffen allerdings den Anbieter der Software, was in den meisten Fällen nicht die Hochschule selbst ist. Hochrisiko-Systeme, die strengeren Anforderungen unterliegen, werden

bisher kaum eingesetzt. Der Bereich der Forschung bleibt vom EU AI Act unberührt.

Es besteht allerdings die Notwendigkeit einer Anpassung der Lehrpläne sowie einer Weiterbildung des Hochschulpersonals, um den veränderten Anforderungen gerecht zu werden. KI-Systeme finden verstärkt – v.a. bei jungen Menschen – Akzeptanz. Eine zunehmende Relevanz neuer Tools, wie beispielsweise Risikomanagementsysteme für hochriskante KI-Systeme, ist zu beobachten. Zudem ist mit einer Adaption bestehender KI-Systeme zu rechnen, beispielsweise durch die Implementierung von Transparenzpflichten bei generativen KI-Systemen. Es wird ersichtlich, dass die Einführung eines Compliance-Management-Systems im Kontext des Einsatzes von hochriskanten KI-Systemen zunehmend an Bedeutung gewinnt, um den gesetzlichen Anforderungen gerecht zu werden.

Literatur

Barenkamp, M. (2024). Der AI Act. *Wirtschaftsinformatik & Management*, 16(2), 87–93. <https://doi.org/10.1365/s35764-024-00520-7>

Bruehl, M. (2020). Einsatz von Chat Bots und IT Governance—Nutzungsszenario Chat Bots in der Studienberatung an einer niedersächsischen Hochschule am Beispiel HAWK.

Cowls, J., Tsamados, A., Taddeo, M., & Floridi, L. (2023). The AI gambit: Leveraging artificial intelligence to combat climate change—opportunities, challenges, and recommendations. *AI & SOCIETY*, 38(1), 283–307. <https://doi.org/10.1007/s00146-021-01294-x>

KI-VO. (2024). Verordnung über künstliche Intelligenz – KI-Verordnung. <https://ai-act-law.eu/de/>

Kreipl, C. (2020). Verantwortungsvolle Unternehmensführung: Corporate Governance, Compliance Management und Corporate Social Responsibility. Springer Fachmedien. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-28140-3>

Tschopp, M., Ruef, M., & Monett, D. (2022). Vertrauen Sie KI? Einblicke in das Thema Künstliche Intelligenz und warum Vertrauen eine Schlüsselrolle im Umgang mit neuen Technologien spielt. In M. Landes, E. Steiner, & T. Utz (Hrsg.), Kreativität und Innovation in Organisationen: Impulse aus Innovationsforschung, Management, Kunst und Psychologie (S. 319–346). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-63117-1_16

Angaben zu den Autorinnen

Jasmin El-Bardouh

Absolventin der Wirtschaftsinformatik und als Softwareentwicklerin bei der Bausparkasse Schwäbisch Hall tätig

Heidi Schuhbauer

Professorin an der Fakultät Informatik mit Lehr- und Forschungsschwerpunkten in den Gebieten Wissensmanagement und Wirtschaftsinformatik

DIGITALE DYNAMIK IM HÖRSAAL: WIE DIE CAMPUS APP SYNCHRONE LEHRE UNTERSTÜTZT

Corinna List, Lena Wagner, Angela Prochaska, Moritz Müller, Michael Kipp
Technische Hochschule Augsburg

ZUSAMMENFASSUNG

Digitale Lehre erfolgt oft asynchron mit mehreren Plattformen und Tools, die unterschiedliche Bedienkonzepte aufweisen und teils nicht DSGVO-konform sind. Wir stellen eine selbst entwickelte Campus App vor, die digital und synchron im Hörsaal unterstützt. Sie bietet viele Alltagsfunktionen wie Stundenplan, Mensaplan und Notenansicht. Neu ist jedoch, dass die App Lehrende live durch eine Lehrveranstaltung begleitet und so den Interaktionsrahmen im Hörsaal in den digitalen Raum erweitert. Didaktische Szenarien wie Peer Instruction, Wissensabfragen und Gruppenaktivitäten (auch hybrid) werden gezielt unterstützt. Künftig soll die App auch komplexe Methoden wie Gruppenpuzzle und Infomarkt in Echtzeit begleiten, unterstützt durch Guides, Erinnerungen und Chats. Die App wurde am Didaktik-Medien-Zentrum der TH Augsburg entwickelt und wird von rund 4000 Studierenden und 120 Lehrenden genutzt. Erste Erfahrungen in Inverted-Classroom-Szenarien ergaben positives Feedback.

Keywords: Campus App, synchrone Lehre, interaktive Lehrmethoden, digitale Hochschullehre, mobile Apps in der Lehre

1. EINLEITUNG

Digitale Werkzeuge für die Lehre sind oftmals Plattformen wie Moodle¹, die die Lehre vorrangig asynchron begleiten. Die synchrone Interaktion im Hörsaal erfolgt meist über spezialisierte Tools wie Kahoot² oder Mentimeter³. Eine integrierte, synchrone, didaktisch fundierte App, die Lehrveranstaltungen nahtlos unterstützt, fehlt. Gleichzeitig führen viele Hochschulen Apps ein, um organisatorische Funktionen (Stundenplan, Noteneinsicht) für Studierende anzubieten. Dabei wird auf kommerzielle Lösungen wie UniNow⁴ oder Studo⁵ gesetzt, doch diese bieten keine vollintegrierte Unterstützung in der synchronen Lehre. Die Technische Hochschule Augsburg hat sich daher für eine eigene Entwicklung entschieden, die Studienorganisation und Lehre verbindet (List et al., 2023). Die Campus App der THA kombiniert Alltagsfunktionen mit interaktiven Lehrtools und unterstützt Lehrende in allen Phasen synchroner Lehrveranstaltungen. Wissensabfragen, Stimmungsbarometer, Gruppeneinteilung oder ein Methodenassistent ermöglichen aktivierende, kollaborative Formate und stärken das Classroom Management. Die Eigenentwicklung erlaubt eine enge Zusammenarbeit mit der Zielgruppe, die Abbildung hochschulinterner

¹ <https://moodle.com/de/>

² <https://kahoot.com/>

³ <https://www.mentimeter.com/>

⁴ <https://uninow.com/>

⁵ <https://studo.com/de>

Studienstrukturen (Studiengänge, Veranstaltungen) und Gegebenheiten (Campus, Räume), eine hochschulinterne Systemanbindung und maßgeschneiderte Lösungen, erfordert aber Ressourcen, technisches Know-how und Projektfinanzierung. Die Entwicklung der Campus App ist Teil des Projekts gP cycle, gefördert durch die Stiftung Innovation in der Hochschullehre. Mit einer Laufzeit von Okt. 2021 bis Dez. 2025 und einem Gesamtvolumen von 3,3 Mio. € ist das Projekt am Didaktik-Medien-Zentrum der THA angesiedelt. Die Entwicklung der App erfolgt agil nach Scrum, unter Einbeziehung externer und interner Experten; der hochschulweite Rollout fand im Mai 2024 statt. Im Durchschnitt arbeiten zwei bis drei Personen anteilig an der App-Entwicklung; zwei bis drei Personen unterstützen bei Kommunikation, Support und Projektmanagement.

2. VERGLEICHBARE APPS

Zahlreiche Hochschulen bieten Apps an, oft wird dabei auf kommerzielle Anbieter zurückgegriffen, die generische Campus-App-Frameworks auf die Hochschule anpassen. Bei Uni-Now⁴ wird eine App mit individuellem Branding bereitgestellt. Diese umfasst organisatorische Funktionen (Stundenplan, Notenübersicht, Mensaplan, Mail) und bietet einen Ankündigungsbereich. Auch Studo⁵ wird kommerziell angeboten und finanziert sich über Werbung und Premiumfunktionen. Neben einem Stunden- und Raumplan beinhaltet die App eine

Notenübersicht und Mails. Youni⁶, ein Projekt der Universität Graz, WU Wien und Vetmeduni Wien, fokussiert sich auf das Campus-Management und verbindet Stundenplan und Notenübersicht mit Moodle und Prüfungsmanagement. Auch die App der Universität Innsbruck⁷ bietet Funktionen wie Stundenplan, Notenübersicht, Mensaplan und Campus-Navigation.

Der Funktionsumfang dieser Systeme konzentriert sich auf Alltagsfunktionen; didaktische Funktionen für Lehrende fehlen. Hierfür muss auf externe Tools ausgewichen werden, wie Kahoot² oder Mentimeter³ für Quizzes, Tweedback⁸ für Feedback, Padlet⁹ für kollaborative Sammlungen oder Classroomscreen¹⁰ für Gruppenarbeiten. Diese Tools unterstützen punktuell, bilden keine vollständigen Lehrprozesse ab und sind nicht in Hochschulsysteme integriert. Lehrende müssen sich oft registrieren, ihr Einsatz erfordert Plattformwechsel, Einarbeitung und Eingewöhnung. Hinzu kommen oft Kosten und Unsicherheiten bzgl. Datenschutz.

Wir stellen daher eine hochschuleigene, datenschutzkonforme Campus App vor, die über bestehende Funktionen anderer Apps hinausgeht und bei der synchronen Lehre im Hörsaal mit einer integrativen Assistenz unterstützt.

⁶ <https://youni.at>

⁷ <https://www.uibk.ac.at/de/uni-app/>

⁸ <https://tweedback.de>

⁹ <https://padlet.com/>

¹⁰ <https://classroomscreen.com/>



Abb. 1: Organisatorische Funktionen (Auszug): Stundenplan, Campus-Navigation, Notenübersicht und Mensaplan

3. SYNCHRONE DIDAKTISCHE UNTERSTÜTZUNG IM HÖRSAAL

Die Campus App begleitet durch den Hochschulalltag und vereint organisatorische und didaktische Funktionen in einer Anwendung (List et al., 2023). Neben Angeboten wie Stundenplan, Campus-Navigation, Notenübersicht und Mensaplan (Abb. 1) unterstützt sie auch die Gestaltung von aktivierenden Lehrveranstaltungen. Ein Beispiel ist die Lehrveranstaltung *Grundlagen der Programmierung*, die im Inverted-Classroom-Format durchgeführt wird. Der folgende beispielhafte Einsatz (Abb. 2) orientiert sich am AVIVA-Modell: Ankommen, Vorwissen aktivieren, Informieren, Verarbeiten und Auswerten (Städli, 2010).

Ankommen/Vorwissen aktivieren: Mit einer Wortwolke wird ein niedrigschwelliger Einstieg initiiert, Vorwissen aktiviert und eine kognitive Brücke zwischen Selbstlernphase und Präsenzarbeit hergestellt. Die Aktivierung von Vorwissen kann den Erwerb neuer Kenntnisse erleichtern (Ulrich, 2020): Bestehendes

Wissen dient als Anker für neue Inhalte. Die Lehrperson stellt eine offene Frage über die App, die Studierenden antworten mit Begriffen, die sie mit dem Thema assoziieren (Abb. 2 – Ankommen). Die App überträgt die Wortwolke an alle Teilnehmenden. Diese sehen, welche Aspekte des Themas kollektiv präsent sind. Die Lehrperson kann Begriffe aufgreifen, Schwerpunkte setzen oder Verständnislücken klären.

Verknüpfen/Informieren: Im Anschluss werden offene Fragen geklärt. Ein vertiefender Input greift häufige Fehlkonzepte auf. Zur Aktivierung der Studierenden und um das Verständnis zu überprüfen, folgt ein Peer-Instruction-Quiz¹¹ nach Eric Mazur (Mazur, 1997), das nachweislich den Lernerfolg steigert (Deslauriers et al., 2011). Die Lehrperson stellt eine konzeptuelle Frage (Single-/Multiple-Choice). Die Studierenden antworten anonym per App (Abb. 2 – Informieren), anschließend diskutieren sie in

¹¹ Lehrende können sich über unser Info-Video die Methode aneignen: <https://www.youtube.com/watch?v=ZRelftQHNXE>

Ankommen & Vorwissen aktivieren



Informieren



Pause



Verarbeiten



Auswerten



Abb. 2: Einsatz der Campus App nach dem AVIVA-Modell

Kleingruppen. Durch die Peer-Diskussion zeigt sich in einer zweiten Abstimmung im Idealfall eine Verschiebung zur korrekten Lösung, so werden Lernfortschritte sichtbar. Die Lehrperson kann Lösung und Antwortverteilung freigeben und zur Klärung von Unklarheiten nutzen. Das digitale Format ermöglicht eine hybride Umsetzung.

Pause: Kurze Pausen können das physische und psychologische Wohlbefinden der Studierenden verbessern und Konzentration und kognitiven Fähigkeiten erhöhen (Paulus et al., 2021).

Die App unterstützt Lehrende, indem sie den zeitlichen Verlauf der Sitzung visualisiert und Pausen vorschlägt (Abb. 2 – Pause).

Verarbeiten: Kleingruppen bearbeiten Aufgaben und setzen sich aktiv mit dem Thema auseinander. Die Lehrperson begleitet beratend. Die Gruppeneinteilung erfolgt per App, zufällig oder durch Selbstauswahl. Die Lehrperson kann Gruppengröße und -größe vorgeben, die App gibt Vorschläge. Nach der Einteilung sehen die Studierenden ihre Gruppe in der App, mit Gruppenname, farblicher Markierung sowie Teilnehmendenliste

(Abb. 2 – Verarbeiten). Sobald die Gruppen bereit sind, können sie dies über die App signalisieren. Die Lehrperson kann per App um Hilfe gebeten werden, ohne andere Gruppen zu stören. Den Status aller Gruppen („startklar“, „Hand gehoben“) kann die Lehrperson in der App einsehen und gezielt reagieren. Ein Chat ermöglicht eine leichte Kommunikation. Hinweise und Materialien können gezielt an Gruppen versendet werden, während Studierende Rückfragen stellen können. Ein Timer ermöglicht es, zeitlich strukturierte Phasen zu planen und zu teilen. Im Anschluss präsentieren die Gruppen ihre Lösungsansätze im Plenum. Die Lehrperson moderiert und hebt Vor- und Nachteile hervor. Abschließend kann eine „Musterlösung“ erarbeitet werden, die zentrale Aspekte bündelt. Die kooperative Arbeit ist auch hybrid möglich.

Auswerten: Mit Hilfe des Stimmungsbarometers wird ein anonymes Meinungsbild zum Lernstand der Studierenden erfasst (Abb. 2 – Auswerten). Die Lehrperson stellt eine Einschätzungsfrage mittels Emojimeter, bei dem eine Vielzahl emotionaler Zustände abgebildet wird. Die Abstimmung erfolgt anonym. Die aggregierten Rückmeldungen können von der Lehrperson in Echtzeit eingesehen und optional auch für die Kohorte sichtbar gemacht werden. Studierende sollen so Lernmotivation, Stimmung und Verständnisprobleme offen reflektieren können, ohne sich zu exponieren. Gleichzeitig erhält die Lehrperson wertvolles Feedback.

Dies ist nur ein exemplarischer Ablauf. Durch die Unterstützung in allen Phasen der Veranstaltung fördert die Campus App Struktur und didaktische Methoden in der synchronen Lehre.

4. ERFAHRUNGEN AUS DER LEHRE

Die Campus App wird fakultätsübergreifend eingesetzt. Um Einblicke in die Nutzung und Wirksamkeit der App im Lehralltag zu geben, wird im Folgenden kurz auf zwei Kurse mit ca. 80 Teilnehmenden aus dem Studiengang *Interaktive Medien* (Bachelor) eingegangen. *Grundlagen der Programmierung* (1. Sem) und *Grundlagen der Webtechnologien* (2. Sem) fanden sowohl klassisch als auch im Inverted-Classroom-Format statt. Peer Instruction kam zum Einsatz, um Vorwissen, Fehlvorstellungen sowie das Verständnis zu überprüfen. Das wurde von den Studierenden positiv aufgenommen: *„Am besten helfen die Quizfragen zum besseren Verständnis und auch zur Wiederholung des Materials vom letzten Unterricht.“*¹² oder *„Das Quiz ist immer das Highlight.“*¹² Das Stimmungsbarometer wurde zur Erfassung der Befindlichkeit und zur Reflexion eingesetzt. Die Rückmeldungen gaben Hinweise auf Belastung sowie thematische Sicherheit. Die Wortwolke wurde u. a. zum gemeinsamen Lösen von Aufgaben genutzt. Die Studierenden konnten anonym Vorschläge für nächste Schritte und nötige Bestandteile zum Lösen der Aufgabe teilen. Die Visualisierung unterstützte den weiteren Arbeitsprozess. Die interaktiven Einheiten wurden positiv wahrgenommen: *„Vor allem die interaktiven Bereiche wie Quiz oder ähnliches sind eine sehr gute Idee, um die Aufmerksamkeit zu behalten.“*¹²

Auch Lehrende anderer Fakultäten berichteten von positiven Erfahrungen mit der App: *„Die Campus App unterstützt mich bei der Umsetzung aktivierender Lehrmethoden – ich kann mit Quizzen einfach das Verständnis neuer Konzepte überprüfen und die Studierenden schnell in zufällig zusammengestellte Gruppen*

¹² Die Aussagen stammen aus anonymen Kommentaren im Rahmen der Lehrveranstaltungsevaluationen

einteilen, in denen sie gemeinsam neue Themen erarbeiten können.“¹³ Ein weiterer Vorteil zeigte sich im flexiblen Einsatz: „Die THA-App habe ich sowohl für meine große Vorlesung mit ca. 200 Studierenden als auch für meine Seminare mit ca. 20 Studierenden verwendet. Der Vorteil war, dass ich in wenigen Sekunden auf meinem Handy Interaktionsfläche mit allen Studierenden erstellen konnte. Gelegentlich habe ich eine Umfrage während der Diskussion in der Veranstaltung gestartet – so einfach ist die Handhabung. [...] Es fühlt sich spielerisch an, wirkt attraktiv und ist für alle am Handy bedienbar, was ein großer Vorteil ist. Meine Prognose ist: Wir werden mit dieser App mehr Studierende erreichen, womöglich auch jene, die wir sonst nicht erreicht hätten.“¹³ Ein weiteres Potenzial zeigte sich im internationalen Kontext: „Für mich war in diesem Semester besonders vorteilhaft, dass die Campus App unter den internationalen Studierenden so viel genutzt wird, da ich mehrere Veranstaltungen mit zum Großteil ausländischen Studierenden hatte. Diese profitieren vor allem von den Orientierungshilfen der App – Lageplan, Infos über Räume und Lehrveranstaltungen.“¹³

Da diese Aussagen nur anekdotischen Charakter haben, ist eine quantitative Evaluation für 2026 geplant.

5. AUSBLICK: KONZEPTE FÜR VOLLINTEGRIERTE APP-GESTÜTZTE LEHRE

Um den Einsatz von Lehrmethoden zu vereinfachen, soll ein Methodenassistent in der App strukturiertes Planen und Durchführen komplexer didaktischer Methoden unterstützen und Hemmungen vor dem Einsatz nehmen. Exemplarisch wird der Assistent zunächst anhand etablierter Konzepte abgebildet:

- **Infomarkt:** Die Gruppen erarbeiten jeweils ein Thema, präsentieren ihre Ergebnisse auf Postern und tauschen sich in einer Ausstellung wechselseitig darüber aus.
- **Gruppenpuzzle:** Die Studierenden erarbeiten zunächst ein Teilthema in Expertengruppen und vermitteln dieses Wissen anschließend in neu zusammengesetzten Gruppen weiter.

Beide Methoden zeichnen sich durch phasenorientiertes Lernen aus, bei dem Inhalte in Gruppen erarbeitet und diskutiert werden. Sie fördern zentrale Kompetenzen wie eigenverantwortliches Arbeiten, Perspektivwechsel, kollaboratives Problemlösen und kommunikatives Vermitteln von Inhalten. Eine Meta-Analyse (Hattie, o. J.) zeigte, dass das Gruppenpuzzle einen positiven Einfluss auf den Lernerfolg hat. Auch Formen von Peer-Feedback, das integraler Bestandteil beider Methoden ist, wurden als besonders wirksam identifiziert (Wisniewski et al., 2020). Es gibt jedoch Herausforderungen, die den Einsatz erschweren und den Lernerfolg mindern können. Lehrende müssen den mehrphasigen Ablauf, Gruppen und Zeitstruktur effizient planen, den Ablauf klar steuern und flexibel auf Gegebenheiten reagieren (Zeiten anpassen). Studierende müssen sich aktiv in ihre Rollen einfinden, Inhalte im Zeitrahmen erarbeiten und in kooperativen Settings kommunizieren, was Selbstorganisation und Kommunikationskompetenz erfordert.

¹³ Anonymisierte Rückmeldungen von Lehrenden

Mit dem Methodenassistent können Lehrende den Ablauf vorab planen, Zeitfenster und Phasen definieren, Gruppen automatisiert einteilen und Rollen zuweisen – unterstützt durch die App. Während der Durchführung ermöglicht diese eine phasenbasierte Navigation mit Timern, Erinnerungssignalen, Checklisten und anpassbaren Ablaufplänen für eine klare und flexible Steuerung. Durch Anzeige der Phasen- und Gesamtzeit behalten Lehrende den Überblick. Studierende erhalten eine rollenbezogene Ansicht mit Aufgaben, zeitlichen Vorgaben, Erinnerungssignalen und Orientierungshilfen, was die Organisation innerhalb der Gruppen erleichtert. Die App soll so organisatorische Hürden reduzieren, Hemmschwellen beim Einsatz der Methoden abbauen und den Fokus auf die inhaltliche Auseinandersetzung legen.

6. FAZIT

Viele Apps fokussieren auf organisatorische Funktionen und bieten kaum didaktische Unterstützung. Die Campus App der TH Augsburg schließt diese Lücke und vereint Alltagsfunktionen mit interaktiven Lehrtools. Die App unterstützt in allen Phasen einer synchronen Lehrveranstaltung. Sie fördert die Aktivierung von Vorwissen, ermöglicht niedrigschwellige Rückmeldungen, erleichtert kollaborative Lernformate und schafft Strukturen für gutes Classroom Management. Der Methodenassistent unterstützt auch komplexe Formate wie InfoMarkt und Gruppenpuzzle. Ziel ist es, Lehrende bei der Planung und Durchführung der Methoden zu entlasten und Studierenden bei der reibungslosen Ausführung zu helfen. Durch die Förderung von interaktiven Methoden und Best Practices im Hörsaal trägt die Campus App zur nachhaltigen Verbesserung der Lehre bei. Ein Transfer der App auf andere Hochschulen ist möglich, jedoch herausfordernd: Die enge Verzahnung mit

hochschulspezifischen Systemen wie WebUntis (Stundenplan), HISInOne (Noten) sowie eigens erhobene Lagepläne mit Semantik für die Campus-Navigation erschweren einen direkten Transfer – erfordern jedoch keine vollständige Neuentwicklung.

Danksagung

Diese Arbeit wurde finanziert aus Mitteln des Projektes gP cycle, gefördert durch die Stiftung Innovation in der Hochschullehre.

Literatur

- Deslauriers, L., Schelew, E. & Wieman, C. (2011). Improved Learning in a Large-Enrollment Physics Class. *Science*, 332, S. 862-864. <https://doi.org/10.1126/science.1201783>
- Hattie, J. (o. J.). Visible Learning—Jigsaw method Details. Abgerufen 3. April 2025, von https://www.visiblelearningmetax.com/influences/view/jigsaw_method
- List, C., Wagner, L., Fasel, B., Neubert, D., Prochaska, A. & Kipp, M. (2023). Next-Level Lernen und Lehren: Die Campus-App der TH Augsburg. In H. Dölling, C. Schäfle, S. Kürsten, M. Hunger, J. Hirtt & P. Riegler (Hrsg.) Tagungsband MINT Symposium 2023: MINT-Lehre gemeinsam gestalten – Lehre erforschen, Wissen teilen (S. 255-264). BayZiel
- Mazur, E. (1997). *Peer Instruction: A User's Manual*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.

Paulus, M., Kunkel, J., Schmidt, S. C. E., Bachert, P., Wäsche, H., Neumann, R., & Woll, A. (2021). Standing Breaks in Lectures Improve University Students' Self-Perceived Physical, Mental, and Cognitive Condition. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(8), 4204. <https://doi.org/10.3390/ijerph18084204>

Städeli, C. (2010). Die fünf Säulen der guten Unterrichtsvorbereitung: Das AVIVA-Modell für den kompetenzorientierten Unterricht. *Folio: die Zeitschrift des BCH | FPS für Lehrkräfte in der Berufsbildung*.

Ulrich, I. (2020). Gute Lehre in der Hochschule: Praxistipps zur Planung und Gestaltung von Lehrveranstaltungen. Springer Fachmedien. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-31070-7>

Wisniewski, B., Zierer, K., & Hattie, J. (2020). The Power of Feedback Revisited: A Meta-Analysis of Educational Feedback Research. *Frontiers in Psychology*, 10. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.03087>

Angaben zu den Autorinnen und Autoren

Corinna List

Projektmitarbeiterin (gP cycle), Software-Entwicklerin, Lehrbeauftragte an der Fakultät Informatik und Doktorandin an der TH Augsburg

Lena Wagner

Projektmitarbeiterin (gP cycle), Medien- und Hochschuldidaktikerin, E-Learning-Autorin, u. a. bei RPTU Kaiserslautern und Universität Innsbruck

Angela Prochaska

Projektkoordinatorin (gP cycle), Scrum-Masterin, zertifizierte Projektmanagerin, Wirtschaftsfachwirtin

Moritz Müller

Projektmitarbeiter (gP cycle), Software-Entwickler, Lehrbeauftragter an der Fakultät Informatik an der TH Augsburg

Michael Kipp

Leiter des Didaktik-Medien-Zentrums, Professor an der Fakultät Informatik der TH Augsburg

SUSTAINABLE LAB – NACHHALTIGKEIT IN DER PRAKTISCHEN MINT-AUSBILDUNG VERANKERN

Fariborz Esmaeili, Katja Frohnapfel, Annette Martin
Hochschule Ansbach

ZUSAMMENFASSUNG

Nachhaltigkeitsentwicklung ist eine zentrale Aufgabe der Hochschullehre. Gerade in MINT-Studiengängen, in denen die Lehre häufig im Rahmen von Laborpraktika stattfindet, stellt dies eine besondere Herausforderung dar. So produzieren Labore aus dem Bereich der Lebenswissenschaften jährlich rund 5,5 Millionen Tonnen Plastikmüll und verbrauchen große Mengen Energie. Eine Umfrage unter Biotechnologie-Studierenden der Hochschule Ansbach ergab, dass nachhaltige Laborarbeit für sie zwar wichtig ist, sie sich jedoch konkrete Anleitung für ihre praktische Arbeit wünschen. Auf Basis dieser Ergebnisse wurde eine Lehrereinheit entwickelt, die das Bewusstsein der Studierenden für Nachhaltigkeit im Labor schärft und konkrete Impulse für ressourcenschonendes Arbeiten gibt. Biotechnologie-Studierende einer ersten Testgruppe gewannen so wertvolle Anregungen für ihre Laborpraxis.

Keywords: Nachhaltige Laborpraxis, Nachhaltigkeit in MINT-Fächern, nachhaltige Entwicklung in der Hochschullehre

1. HINTERGRUND UND ZIELSETZUNG

Nachhaltigkeit gehört zu den aktuellen Megatrends (Gaudig et al., 2021). Der Wandel zu einem nachhaltigen Lebens- und Arbeitskonzept stellt eine essenzielle Maßnahme zur Eindämmung der Klimakrise dar. Auch Labore werden hier zukünftig einen Beitrag leisten müssen (Sawyer, 2019): Es wird geschätzt, dass biologische, medizinische und agrarwissenschaftliche Labore jährlich 5,5 Millionen Tonnen Plastikmüll produzieren (Urbina et al., 2015), der von der Verwendung von Einwegplastikartikeln wie Pipettenspitzen, Reaktionsgefäßen, Handschuhen, Zellkulturflaschen, Küvetten, Petrischalen usw. herrührt. Dieser ist großteils mit Gefahr- und Biostoffen kontaminiert. Darüber hinaus werden in Laboren oft Geräte mit hohem Energieverbrauch betrieben, z. B. Niedrigtemperaturgefrierschränke, Abzüge oder Autoklaven. So verbrauchen Labore vier- bis fünfmal mehr Energie als Bürogebäude vergleichbarer Größe (Wooliams et al., 2005). Mittlerweile setzt in vielen Laboren aus dem Bereich der Lebenswissenschaften jedoch ein Umdenkprozess ein. Es gibt beispielsweise erste Ansätze, Laborplastikmüll durch Wiederverwendung, Recycling oder Verwendung alternativer Materialien, wie z. B. Glas, zu reduzieren (Chattopadhyay et al., 2023; Sover et al., 2023; Alves et al., 2020). Doch häufig gibt es noch Schwierigkeiten in der Umsetzung solcher Maßnahmen aufgrund höherer Kosten für nachhaltige Prozesse oder Geräte sowie durch behördliche Sicherheitsvorgaben (Howes, 2019).

Frage aus Fragebogen	Bachelor-Studierende (N = 20)			Master-Studierende (N = 30)		
	eher wenig/gar nicht (0 bis 1; in %)	mittel (2 bis 3; in %)	eher sehr (4-5; in %)	eher wenig/gar nicht (0 bis 1; in %)	mittel (2 bis 3; in %)	eher sehr (4-5; in %)
Wie vertraut sind Sie mit dem Konzept der Nachhaltigkeit?	5,0	45,0	50,0	3,3	30,0	66,7
Wie vertraut sind Sie mit dem Konzept der Nachhaltigkeit in Laboratorien?	20,0	65,0	15,0	10,0	53,3	36,7
Wie wichtig ist es Ihrer Meinung nach für Studierende, sich aktiv an Nachhaltigkeitsinitiativen im Laborbereich zu beteiligen?	0,0	40,0	60,0	0,0	16,7	83,3
Wie wichtig ist Ihrer Meinung nach eine schriftliche Unterweisung oder Schulung vor Beginn der praktischen Arbeit im Labor für die Studierenden, um ihr Wissen über Nachhaltigkeit zu erweitern und Plastikmüll zu reduzieren?	0,0	25,0	75,0	0,0	6,7	93,3
Wie sehr sind Sie daran interessiert, mehr über spezifische Techniken und Strategien zur Förderung der Nachhaltigkeit im Laborbetrieb zu erfahren?	0,0	20,0	80,0	0,0	10,0	90,0

Abb. 1: Relevanz von Nachhaltigkeit für Biotechnologie-Studierende im privaten und Laborumfeld. Biotechnologie-Studierende (Durchschnittsalter: 22-23 Jahre; Bachelor N=20; Master N=30) füllten einen Ankreuz-Fragebogen aus. 0 = überhaupt nicht; 5 = sehr. Zustimmung von > 70 % der Befragten ist farbig hinterlegt.

Hochschulen spielen eine zentrale Rolle in der Nachhaltigkeitsentwicklung (Universität Bremen & Universität Tübingen, 2020). Es ist daher wichtig, dass Lehrende Nachhaltigkeit in ihren Lehrgebieten verankern, gemeinsam mit Studierenden Nachhaltigkeitsziele reflektieren und dabei die Sichtweise der Studierenden integrieren (Müller-Geers & Gebhard, 2016; Obexer et al., 2023). Den Studierenden werden so konkrete Möglichkeiten für nachhaltige Arbeitspraktiken im jeweiligen Lehrgebiet und dem späteren beruflichen Umfeld aufgezeigt.

MINT-Studierende wünschen sich konkrete Anleitung zu nachhaltiger Laborarbeit

Um zu untersuchen, wie relevant das Thema Nachhaltigkeit für MINT-Studierende ist, wurde eine Umfrage unter Biotechnologie-Studierenden der Hochschule Ansbach durchgeführt (Abb. 1). Dabei zeigte sich, dass ein Großteil der Studierenden mit dem generellen Begriff „Nachhaltigkeit“ vertraut ist. Was dieser Begriff aber im Laborumfeld bedeutet, konnten sich dagegen deutlich weniger Studierende vorstellen. Die überwiegende Mehrheit der Befragten interessierte sich dafür, mehr über nachhaltige Arbeitstechniken und -strategien für die Laborarbeit zu erfahren und hielt eine spezielle Schulung für Studierende zu diesem Thema für sehr wichtig.

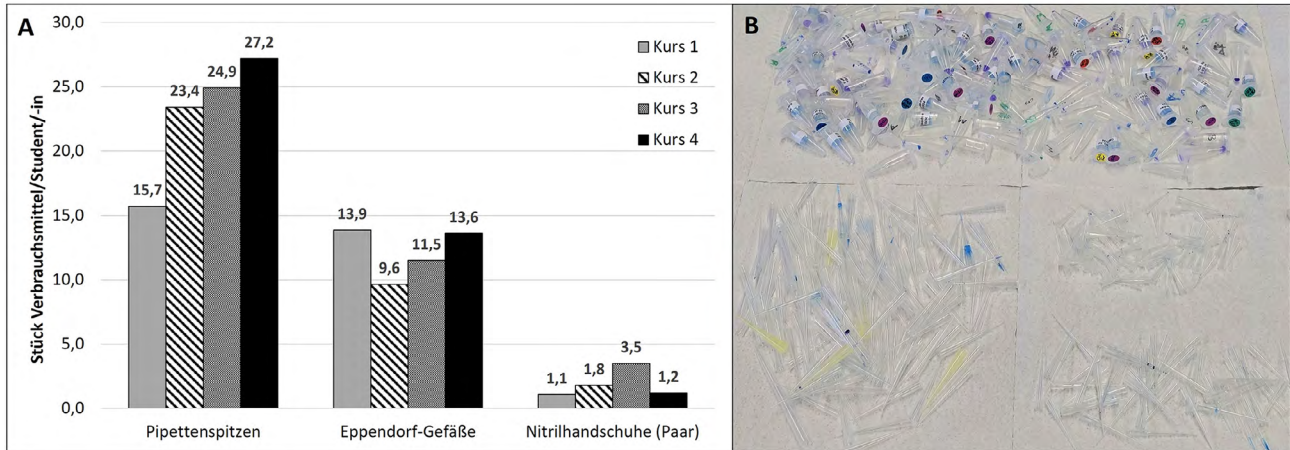


Abb. 2: Erfassung des Plastikmülls pro Studentin/Student in vier parallelen Praktikumszügen. Vier Praktikumsgruppen von je 12-15 Studierenden führten an vier Nachmittagen den gleichen Praktikumsversuch durch. Der Plastikmüll wurde gesammelt, sortiert (B), ausgezählt und das Müllaufkommen für den einzelnen Studenten/Studentin berechnet (A).

Auf Basis der oben dargestellten Erkenntnisse wurde eine Lehrereinheit entwickelt, die Biotechnologie-Studierende in Ansbach zukünftig dabei unterstützen soll, Nachhaltigkeit im Labor aktiv mitzugestalten. Studierende sollen so dazu angeregt werden, bezüglich des Themas „Nachhaltigkeit“ mehr Achtsamkeit im Labor zu entwickeln und längst etablierte Prozesse und eigene Verhaltensweisen kritisch zu hinterfragen. Darüber hinaus sollen sie konkrete Impulse und Tipps für nachhaltiges Arbeiten erhalten und diese direkt in ihren Laboralltag integrieren.

2. ERGEBNISSE

Studierende produzieren unterschiedlich viel Plastikmüll im Labor

In Biotechnologie-Laboren fallen unterschiedliche Arten kontaminierten Plastikmülls an, der während der Praktika in Tüten auf dem Arbeitsplatz gesammelt (Abb. 3 A) und nach dem

Praktikum durch das Laborpersonal entsprechend den Sicherheitsvorgaben entsorgt wird. Um zu untersuchen, ob verschiedene Studierende immer ähnlich viel Plastikmüll erzeugen, wurde an vier Praktikums Terminen eines molekularbiologischen Praktikums der Plastikmüll gesammelt, nach Praktikumsende sortiert, gezählt und das durchschnittliche Müllaufkommen pro Studentin/Student bestimmt (Abb. 2).

An jedem Praktikums Termin wurde der exakt gleiche Versuch mit einer anderen studentischen Gruppe des gleichen Studiengangs durchgeführt. Dabei zeigten sich deutliche Unterschiede in der durchschnittlichen Müllmenge. So verbrauchte ein einzelner Student/eine einzelne Studentin in Kurs 1 im Mittel etwa 16 Pipettenspitzen, während in Kurs 4 etwa 27 Pipettenspitzen pro Student/Studentin benutzt wurden. Dieses Ergebnis deutet darauf hin, dass Studierende unterschiedlich routiniert sind und somit verschiedene Mengen an Pipettenspitzen benutzen. Eine Vertiefung der Pipettierpraxis könnte entsprechend das Müllaufkommen reduzieren. Ähnliche Unterschiede wies der



Abb. 3: Labormüll (A) und Hinweisschilder zur Reduktion des Stromverbrauchs (B) und zur Einsparung von Handschuhen (C).

individuelle Handschuh-Verbrauch auf, was auf eine Unsicherheit im Umgang mit Gefahrstoffen und biologischen Organismen schließen lässt, die dazu führt, dass manche Studierende Handschuhe tragen, auch wenn es gar nicht notwendig ist. Entsprechend sollte eine eingehende Auseinandersetzung der Studierenden mit dem Gefahrenpotential der verwendeten Organismen und Chemikalien im Zuge der Praktikumsvorbereitung den Handschuhverbrauch reduzieren. Beide Erkenntnisse flossen in die Gestaltung der geplanten Lehrinheit ein.

BeKoLab regt zu einer nachhaltigeren, selbstwirksamen Arbeitsweise im Labor an

Auf Basis der oben geschilderten Erfahrungen wurde eine Lehrinheit entwickelt, die Studierende dabei unterstützen soll, Nachhaltigkeit im Labor aktiv mitzugestalten. Um das zu erreichen, sind drei entscheidende Schritte notwendig:

1. **Bewusstsein schärfen** → 2. **Kompetenzen vermitteln** → 3. **Laborpraxis (BeKoLab)**. Die drei Schritte werden im Folgenden näher erläutert.

Bewusstsein schärfen: Im Rahmen eines 45-minütigen Seminars werden zunächst unterschiedliche Aspekte des Laboralltags vorgestellt, in denen nachhaltigere Arbeitsweisen einen wichtigen Beitrag leisten können. Dazu gehören vor allem ein nachhaltiger Umgang mit Labor-Plastikmüll, ein bewusster Einsatz energieverbrauchender Geräte und ein verantwortungsbewusstes Arbeiten mit gesundheitsgefährdenden und umweltschädlichen Gefahrstoffen. Die Studierenden werden durch die Erläuterung der Hintergründe sensibilisiert und zur anschließenden Diskussion angeregt.

Kompetenzen vermitteln: Hier werden konkrete Tipps und Handlungsempfehlungen für die Studierenden gegeben, die sie durch Änderungen bisheriger Arbeitsweisen einfach umsetzen

können. So wird beispielsweise erläutert, wie man Plastik- und Handschuhmüll durch eine gründliche Planung der Versuche reduzieren kann oder welche Plastikartikel bedenkenlos gespült und wiederverwendet werden können. Die Studierenden werden darüber informiert, welche Laborgeräte einen besonders hohen Stromverbrauch aufweisen (durch Vergleich mit Smartphone-Ladungen) und wie man diesen auf das Notwendigste reduzieren kann. Die korrekte Handhabung von Pipetten wird genau erläutert. Die Studierenden erhalten Anregungen wie sie sich über das Gefahrenpotential von Chemikalien und Organismen informieren und so zukünftig ihren Handschuhbedarf besser planen können.

Laborpraxis: Die im theoretischen Teil gegebenen Handlungsempfehlungen werden während eines mehrstündigen, regulären Praktikums im Labor ständig thematisiert: Die Studierenden führen vor Beginn ihrer Versuche Übungen zum korrekten Pipettieren durch. Vor Pipettierschritten werden Plastikmüll-sparende Maßnahmen durchgesprochen und dann umgesetzt. Studierende werden dazu aufgefordert, benutzte Plastikprodukte zu spülen und wiederzuverwenden. Vorratsbehälter für Handschuhe sind mit dem Schild „Brauchst Du mich wirklich?“ (Abb. 3 C) versehen, um Studierende zum Nachdenken anzuregen. Ebenso tragen elektrische Geräte einen Hinweis „Du brauchst mich gerade nicht? Dann schalte mich bitte aus!“ (Abb. 3 B). Für die Praktikumsvorbereitung recherchieren die Studierenden Informationen zu den verwendeten Gefahrstoffen und entsprechende Sicherheitsmaßnahmen. Diese werden im Praktikum besprochen, sodass den Studierenden klar ist, wann Handschuhe getragen werden müssen und wann nicht.

Zur Bewertung der Wirksamkeit der BeKoLab-Lehreinheit wurden 20 Biotechnologie-Studierende (Bachelorstudiengang Industrielle Biotechnologie, 5. Semester) vor- und nachher gebeten, einen kurzen Fragebogen auszufüllen (Abb. 4). Die

Ergebnisse zeigen, dass sich durch die Lehreinheit das Konzept der Nachhaltigkeit in Laboren für die Studierenden signifikant konkretisiert hat. So bewerteten die Studierenden die Frage „Wie vertraut sind Sie mit dem Konzept der Nachhaltigkeit in Laboratorien?“ vor der Lehreinheit auf einer Skala von 0 (= überhaupt nicht) bis 5 (= sehr) im Mittel mit 2,2; nach der Lehreinheit dagegen mit 4,1. Darüber hinaus evaluierten die Studierenden die Frage „Hat Ihnen die Lehreinheit konkrete Anregungen für nachhaltiges Arbeiten im Labor gegeben?“ mit 4,9.

Die Eindrücke der Studierenden im Freitext (Abb. 4 B) verdeutlichen, dass viele Nachhaltigkeitsmaßnahmen, die man bereits aus dem privaten Alltag der Studierenden als bekannt hätte annehmen können (z. B. „Geräte nach der Benutzung ausschalten“), nicht automatisch auf den beruflichen Laboralltag übertragen werden. Auch lassen die Kommentare vermuten, dass den Studierenden häufig nicht bewusst ist, dass sie durch ihr eigenes Verhalten aktiv Nachhaltigkeitsprozesse mitgestalten können.

3. FAZIT UND AUSBLICK

Nachhaltigkeit stellt für Studierende heutzutage ein wichtiges Thema dar. Gerade im MINT-Bereich, in dem praktische Laborarbeiten eine zentrale Rolle spielen, sollten Nachhaltigkeitsaspekte immer mehr in die Lehre aufgenommen, mit den Studierenden reflektiert und konkrete Handlungskompetenzen vermittelt werden. Unsere Ergebnisse zeigen, dass Biotechnologie-Studierende sich konkrete Anleitung zu nachhaltiger Laborarbeit wünschen und während einer BeKoLab-Lehreinheit neue Impulse aufnehmen und die bisherige Arbeitsweise kritisch hinterfragen. Ob dieses Format im Rahmen von Laborpraktika tatsächlich zu einer Reduktion des Laborplastikmülls

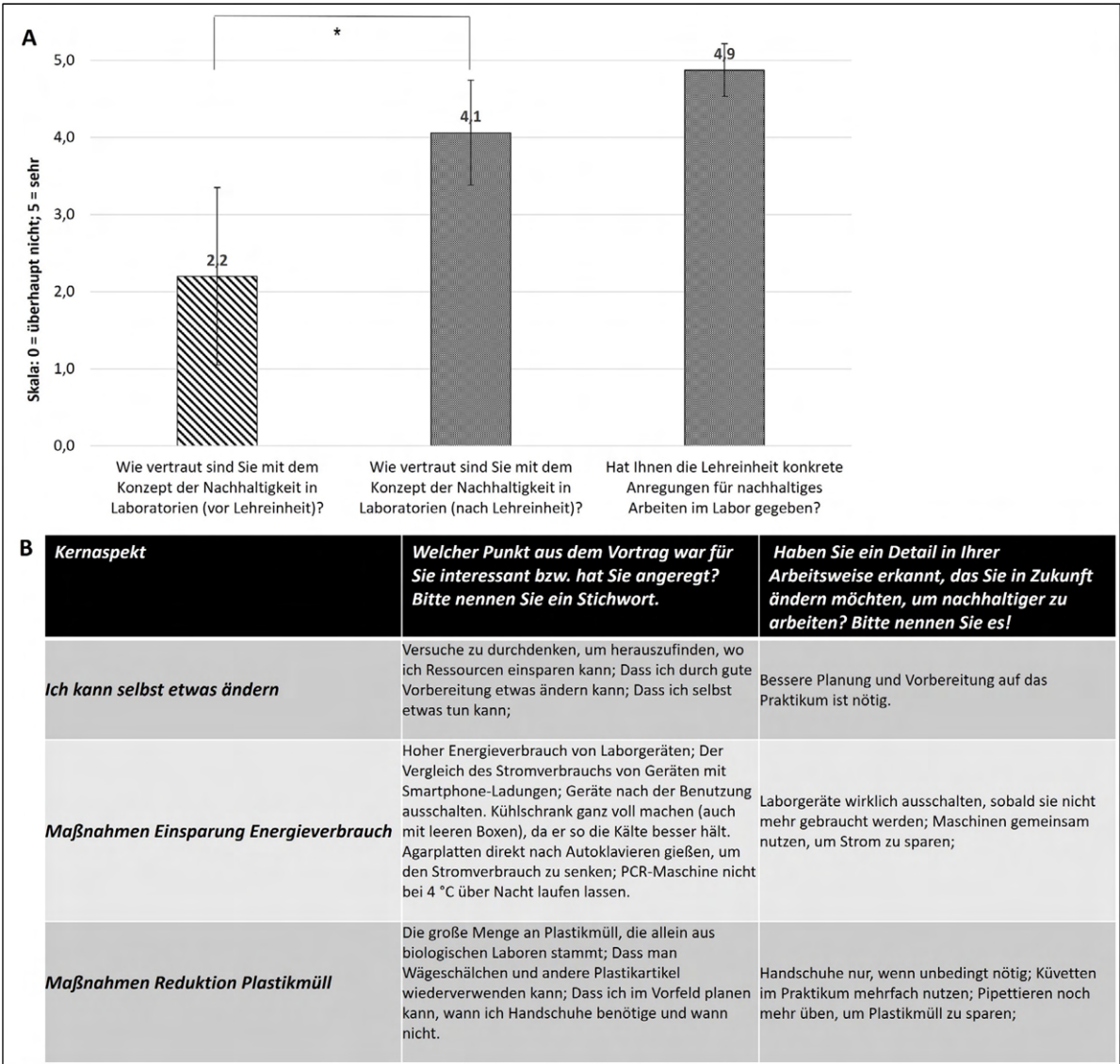


Abb. 4: Wirkung der BeKoLab-Lehreinheit zu nachhaltiger Laborarbeit – Bewertung durch Studierende. **A:** Schraffierter Balken: Studierende vor Lehreinheit (N=20); graue Balken: Studierende der gleichen Gruppe nach Lehreinheit. Fehlerbalken geben die Standardabweichung der Mittelwerte an. * kennzeichnet signifikanten Unterschied gemäß t-Test. **B:** Studierende wurden nach der Lehreinheit gebeten, Ihre Eindrücke im Freitext zu kommentieren.

und des Stromverbrauchs beiträgt, wurde bisher nicht untersucht. Es ist aber plausibel, dass Studierende, die im Studium nachhaltige Arbeitsweisen eingeübt haben, diese auch in ihren späteren Berufsalltag integrieren werden.

Das grundsätzliche Vorgehen von BeKoLab (Bewusstsein schärfen → Kompetenzen vermitteln → Laborpraxis) kann durch Anpassung der Inhalte an die spezifischen Nachhaltigkeits-Herausforderungen der jeweiligen Lehrgebiete in alle praktischen Lehrveranstaltungen von MINT-Studiengängen eingebunden werden.

Literatur

Alves, J., Sargison, F. A., Stawarz, H., Fox, W. B., Huete, S. G., Hassan, A., McTeir, B., & Pickering, A. C. (2020). A case report: Insights into reducing plastic waste in a microbiology laboratory. *Access Microbiology*, 3(3), 000173. <https://doi.org/10.1099/acmi.0.000173>

Chattopadhyay, P., Bodiguel, S., & Simmchen, J. (2023). Labor: Wo sich Einwegplastik vermeiden lässt. *Nachrichten aus der Chemie*, 71(11), 44–46. <https://doi.org/10.1002/nadc.20234137780>

Gaudig, A., Ebersberger, B., & Kuckertz, A. (2021). Sustainability-Oriented Macro Trends and Innovation Types – Exploring Different Organization Types Tackling the Global Sustainability Megatrend. *Sustainability*, 13(21), 11583. <https://doi.org/10.3390/su132111583>

Howes, L. (2019). Can laboratories move away from single-use plastic? *ACS Central Science*, 5(12), 1904–1906. <https://doi.org/10.1021/acscentsci.9b01249>

Müller-Geers, M., & Gebhard, E. (2016). Sieben Schritte zur Integration von Bildung für nachhaltige Entwicklung in die Lehre: Eine Handreichung für Lehrende der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. https://wiki.dg-hochn.de/images/7/7d/In7SchrittenBNE_CAU_Per-Le-05-2016.pdf

Obexer, R., Lahner, J., Stefaner, E., & Freisleben, C. F. (2023). Nachhaltigkeit in der Lehre umsetzen: Sieben Eckpfeiler zur Integration von nachhaltiger Entwicklung in die Lehre. *Bündnis Nachhaltige Hochschulen*. https://www.nachhaltige-hochschulen.at/wp-content/uploads/2023/02/BNH_7_Eckpfeiler_Nachhaltigkeit_in_der_Lehre_umsetzen.pdf

Sawyer, A. (2019). The unsustainable lab. *BioTechniques*, 66(1), 5–7. <https://doi.org/10.2144/btn-2018-0185>

Sover, A., Ermster, K., Riess, A., & Martin, A. (2023). Recycling of laboratory plastic waste—a feasibility study on cell culture flasks. In 5th International Conference. Business Meets Technology. Editorial Universitat Politècnica de València. <https://doi.org/10.4995/BMT2023.2023.16729>

Urbina, M., Watts, A., & Reardon, E. (2015). Labs should cut plastic waste too. *Nature*, 528, 479. <https://doi.org/10.1038/528479c>

Universität Bremen & Universität Tübingen (Hrsg.). (2020). Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) in der Hochschullehre. HOCH-N. <https://www.hochn.uni-hamburg.de/-downloads/handlungsfelder/lehre/hoch-n-leitfaden-bne-in-der-hochschullehre.pdf>

Woolliams, J., Lloyd, M., & Spengler, J. D. (2005). The case for sustainable laboratories: First steps at Harvard University. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 6(4), 363–382. <https://doi.org/10.1108/14676370510623856>

Angaben zu den Autorinnen und zum Autor

Annette Martin

Studium Biologie. Nach Promotion mehrjährige Tätigkeit als Senior Research Scientist bei Beiersdorf AG. Seit 2010 Professor für Molekularbiologie. Interessensgebiete: Nachhaltigkeit im Labor; Bioanalytische Untersuchung von Lebensmitteln und Konsumgütern; Lehr-/Lernkonzepte in MINT.

Katja Frohnepfel

Studium Biotechnologie. Langjährige Berufserfahrung in verschiedenen Forschungslaboren. Als Laboringenieurin im Bereich Biotechnologie integriert sie nachhaltige Arbeitstechniken in ihre tägliche Laborpraxis und gibt ihre Erfahrungen an die Studierenden weiter.

Fariborz Esmaeili

Absolvent des Masterstudiengangs Applied Biotechnology an der Hochschule Ansbach. Untersuchte im Rahmen seiner Masterarbeit "Towards a Sustainable Lab" Nachhaltigkeitsstrategien für das Labor und entwickelte Teile der BeKoLab-Lehreinheit.

FUTURE SKILLS NACHHALTIG VERANKERN

Mike Altieri, Christina Stollner, Anika Roll, Romy Hösl, Gabriele Murry, Ruhul Amin Noel
Ostbayerische Technische Hochschule Amberg-Weiden

ZUSAMMENFASSUNG

Das Projekt „DigiKom“ hat ein Digitalisierungskolleg an der Ostbayerischen Technischen Hochschule Amberg-Weiden und Hochschule Ansbach etabliert, das sich auf die Erstellung von Selbstlerneinheiten (SLE) zu aktuellen Future Skills Themen konzentriert. Die Produktion der SLE erfolgt durch interdisziplinäre Studierendenteams aus verschiedenen MINT-bezogenen Studiengängen unter Begleitung von fachlichen und didaktischen Coaches. Die behandelten Themen basieren auf dem Future-Skills-Framework des Stifterverbandes und werden durch eine projektbegleitende empirische Untersuchung ergänzt. Anschließend werden die SLE in einem Online-Kurs zum Thema Future Skills gebündelt, der als Ressource für andere Studierende oder zur beruflichen Weiterbildung auch über den Projektzeitraum hinaus dienen kann. Die semesterbegleitende Evaluierung gewährleistet die Qualitätssicherung des Projekts und ermöglicht eine kontinuierliche Verbesserung des Lehrkonzepts der zugehörigen Lehrveranstaltung.

Keywords: Future Skills, Digitalisierungskompetenzen, Selbstlerneinheiten, Didaktisches Mentoring, Digitalisierungskolleg

1. EINLEITUNG

Der rasante Fortschritt im Bereich Künstliche Intelligenz sowie deren Einfluss auf das alltägliche Leben und die berufliche Praxis verdeutlichen die Notwendigkeit, sich kontinuierlich mit digitalen Entwicklungen auseinanderzusetzen. Dies erfordert, dass bereits im akademischen Bereich Studierende gezielt in relevanten Kompetenzfeldern geschult werden.

Um diesen Herausforderungen zu begegnen, fördert das Bayerische Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst, über vier Jahre hinweg, 13 Digitalisierungskollegs, die durch das Bayerische Forschungsinstitut für digitale Transformation (bidt) koordiniert werden (bidt, 2024). Diese bieten Studierenden die Möglichkeit, sich intensiv mit „Future Skills“ (Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft e.V., 2021, S. 3) auseinanderzusetzen. Ziel dieser Initiative ist die Entwicklung interdisziplinärer Lösungen für die digitale Transformation (bidt, 2024).

Eines dieser Digitalisierungskollegs ist das „DigiKom“ (Digitalisierungskolleg, 2025) der Ostbayerischen Technischen Hochschule (OTH) Amberg-Weiden und der Hochschule (HS) Ansbach, welches im Folgenden detaillierter beschrieben wird.

Ziel des Beitrages ist, die Übertragbarkeit des Konzeptes von DigiKom auf andere MINT-Studiengänge aufzuzeigen.

2. THEORETISCHER HINTERGRUND

Future Skills bezeichnen Kompetenzen, denen bei Betrachtung eines mittelfristigen Zeithorizonts eine zunehmende Wichtigkeit im beruflichen und privaten Kontext sowie in weiteren

Bereichen des Lebens zugeschrieben wird (Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft e.V., 2021, S. 3). Sie ermöglichen es Individuen, sich flexibel auf neue Herausforderungen einzustellen und aktiv an der Gestaltung zukünftiger Entwicklungen mitzuwirken. Verschiedene Frameworks, darunter das Future-Skills-Modell des Stifterverbandes, definieren relevante Kompetenzfelder. (Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft e.V., 2021, S. 3-4)

Das Stifterverband-Framework strukturiert Future Skills in vier Kategorien (Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft e.V., 2021, S. 5):

- 1. Technologische Kompetenzen
- 2. Digitale Schlüsselkompetenzen
- 3. Klassische Kompetenzen
- 4. Transformative Kompetenzen

Diese Kategorien bilden die Basis für die Konzeption der Selbstlerneinheiten (SLE) im Rahmen von DigiKom.

3. DIGIKOM – DAS DIGITALISIERUNGSKOLLEG DER OTH AMBERG-WEIDEN UND DER HS ANSBACH

Vision des Projektes DigiKom ist, ein Digitalisierungskolleg an den Hochschulstandorten zu etablieren, das dauerhaft die Kompetenzen der beteiligten Studierenden fördert. Schwerpunkt liegt insbesondere auf der Förderung von Digitalisierungskompetenzen durch die Erstellung von SLE zu Future Skills.

HOCHSCHULSTANDORT	STUDIENGANG (ABKÜRZUNG)	ROLLE IM PROJEKT
OTH AMBERG-WEIDEN	MASTER-STUDIENGANG WIRTSCHAFTSPSYCHOLOGIE (WP)	ERHEBUNG FUTURE SKILLS
OTH AMBERG-WEIDEN	MASTER-STUDIENGANG EDUCATIONAL TECHNOLOGY (EDU)	DIDAKTISCHE MENTOREN UND MENTORINNEN
OTH AMBERG-WEIDEN	BACHELOR-STUDIENGANG ANGEWANDTE WIRTSCHAFTSPSYCHOLOGIE (AWP)	ERSTELLUNG VON SLE
OTH AMBERG-WEIDEN	BACHELOR-STUDIENGANG BETRIEBSWIRTSCHAFT MIT SCHWERPUNKT HUMAN RESSOURCES (BW HR II)	ERSTELLUNG VON SLE
HOCHSCHULE ANSBACH	MASTER-STUDIENGANG DIGITAL LEARNING (DL)	DIDAKTISCHE MENTOREN UND MENTORINNEN
HOCHSCHULE ANSBACH	BACHELOR-STUDIENGANG ANGEWANDTE WIRTSCHAFTS- UND MEDIENPSYCHOLOGIE (AWM)	ERSTELLUNG VON SLE
HOCHSCHULE ANSBACH	BACHELOR-STUDIENGANG DATENSCHUTZ UND IT-SICHERHEIT (DIS)	ERSTELLUNG VON SLE
HOCHSCHULE ANSBACH	BACHELOR-STUDIENGANG VISUALISIERUNG UND INTERAKTION IN DIGITALEN MEDIEN (VIS)	ERSTELLUNG VON SLE
HOCHSCHULE ANSBACH	BACHELOR-STUDIENGANG KÜNSTLICHE INTELLIGENZ UND KOGNITIVE SYSTEME (KIK)	ERSTELLUNG VON SLE

Abb. 1: Übersicht am Projekt DigiKom beteiligter Studiengänge

© Mike Altieri

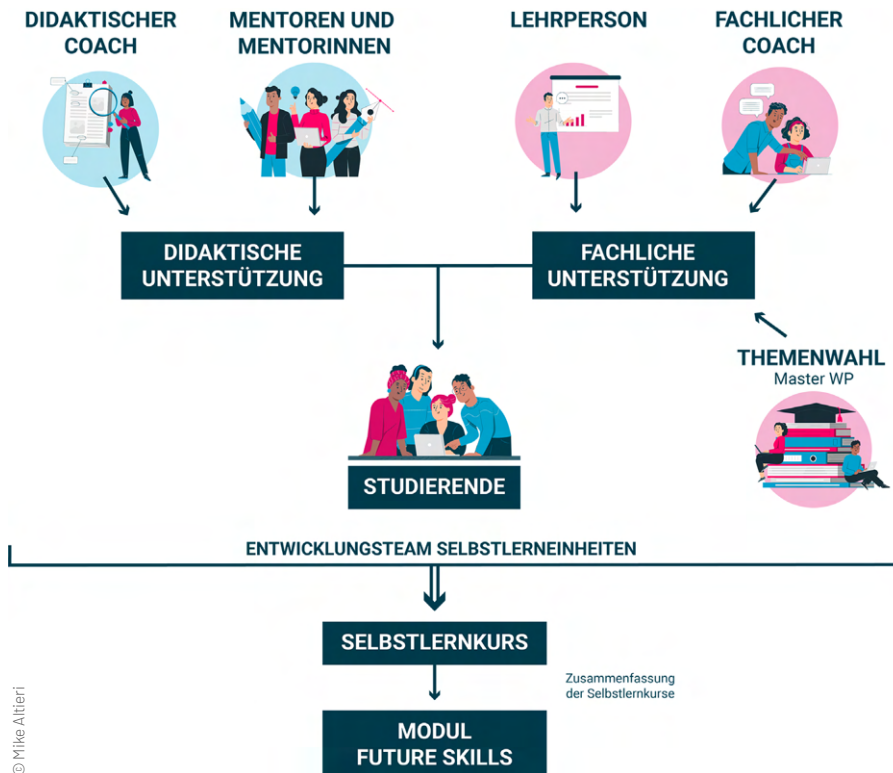


Abb. 2: Zusammenarbeit
im Projekt DigiKom

Beschreibung der Rahmenbedingungen in der Lehrveranstaltung

Die in Abbildung 1 genannten Studiengänge sind am Projekt in den genannten Rollen beteiligt:

Planungen ab dem Sommersemester 2025 sehen vor, dass das Lehrkonzept um die Rolle der Fachexperten erweitert wird, welche Promotionsstudierende des gemeinsamen Promotionskollegs REDIG und des Promotionskollegs DIWAG, ein gemeinsames Kolleg der OTH Amberg-Weiden mit der Hochschule Neu-Ulm und der Hochschule Landshut, sind.

Zur Veranschaulichung der Zusammenarbeit im Projekt soll Abbildung 2 dienen:

Die Basis der SLE-Themen bilden die Kategorien des Future-Skills-Frameworks des Stifterverbandes, welche durch die Erkenntnisse aus einer wiederkehrenden empirischen Erhebung durch Studierende des Master-Studiengangs *Angeordnete Wirtschaftspsychologie* (AWP) der OTH Amberg-Weiden angereichert werden. Im Rahmen von Studienarbeiten werden ergänzend zu einer Online-Befragung sowie der Betrachtung von aktuell am Arbeitsmarkt nachgefragten Future Skills auch Interviews für eine qualitative Datenerhebung einbezogen. Bei den Befragten handelt es sich um erfahrene Arbeitnehmende aus den Bereichen Human Resources sowie Experten und

Expertinnen aus der Industrie, welche für das Recruiting, die Arbeitsplatzentwicklung oder auch die Weiterbildung von Mitarbeitenden verantwortlich sind. Ziel dieser Erhebung ist eine Übersicht der aktuell relevanten Future Skills zu generieren. Diese Übersicht dient anschließend als Grundlage für die Vergabe der SLE-Themen.

Die Erstellung der SLE findet seit dem Sommersemester 2023 im Rahmen eines Wahl- oder Pflichtmoduls für Bachelor-Studierende und einer verpflichtenden Lehrveranstaltung für Master-Studierende jeweils mit Umfang von 5 ECTS statt. Der interdisziplinäre Charakter des Projektes wird dadurch deutlich, dass sich die Teams aus Studierenden unterschiedlicher Fachsemester und Fächergruppen mit MINT-Bezug zusammensetzen.

Zur Entwicklung didaktisch hochwertiger SLE werden die Bachelor-Studierenden nach dem Lernen-durch-Lehren-Ansatz zu eTrainern ausgebildet, sodass sie in der Lage sind, die behandelten Themen so aufzubereiten, dass Lernende sich damit optimal weiterbilden können. Hierfür werden zum einen die Bachelor-Studierenden bei der Erstellung durch Projektmitarbeitende in der Rolle von didaktischen und fachlichen Coaches unterstützt, die ihnen während des gesamten Lehrveranstaltungszeitraums zur Seite stehen. Die didaktischen Coaches unterstützen insbesondere bei der Strukturierung und methodisch-didaktischen Gestaltung der SLE, während die fachlichen Coaches inhaltliches Feedback zu den gewählten Themen geben. Durch diese Begleitung wird sichergestellt, dass die erstellten SLE sowohl inhaltlich fundiert als auch lernwirksam aufbereitet sind. Zum anderen unterstützen die Studierenden der Master-Studiengänge EDU und DL als didaktische Mentoren bzw. Mentorinnen die Bachelor-Studierenden, indem sie ihre Expertise in der Gestaltung digitaler Lerninhalte einbringen. Diese Zusammenarbeit

ermöglicht einen wechselseitigen Lernprozess, bei dem sowohl didaktische als auch inhaltsbezogene Kompetenzen gefördert werden. Ein besonderer Fokus liegt auf MINT-Fächern, um die Entwicklung digitaler Lernangebote mit einem wissenschaftlich-technischen Bezug zu stärken.

Ablauf der Lehrveranstaltung

Zur Umsetzung folgt die Lehrveranstaltung einer strukturierten Semesterplanung, die sich in mehrere Phasen gliedert, siehe Abbildung 3:

- 1. Einführungsphase durch die Coaches:** Vorstellung des Projektes, Einführung in die Grundlagen der digitalen Lehre, mit Unterstützung durch studentische Mentoren und Mentorinnen, erste Auseinandersetzung mit Future Skills
- 2. Gruppenbildung und Literaturrecherche:** Formierung der SLE erstellenden Gruppen mit einer Gruppengröße von durchschnittlich drei bis fünf Studierenden, Literaturrecherche der Studierenden zu durch den fachlichen Coach ausgewählten Future Skills Themen
- 3. Konzeptionsphase:** Entwicklung erster Ideen und didaktischer Konzepte für die SLE, Unterstützung durch Coaches sowie Mentoren und Mentorinnen, Hilfestellung durch projektbegleitende Materialien
- 4. Erstellungsphase:** Umsetzung der Selbstlerneinheiten mit den gewählten Autorentools und fortlaufendes Feedback durch die Coaches
- 5. Evaluations- und Überarbeitungsphase:** Reflexion der Inhalte, Optimierung der SLE und abschließende Qualitätssicherung durch die Coaches
- 6. Präsentation und Abschluss:** Vorstellung der finalen Selbstlerneinheiten und Diskussion über die gewonnenen Erkenntnisse

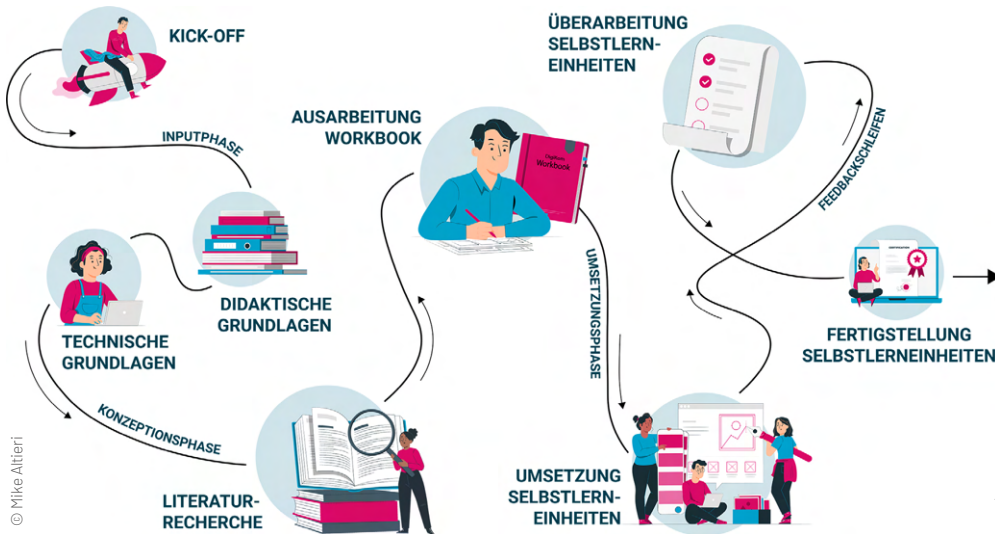


Abb. 3: Ablauf der Lehrveranstaltung

Die Lehrveranstaltung findet wöchentlich und überwiegend in Präsenz statt. Ab der dritten Phase sind regelmäßige Feedback-Runden während der Lehrveranstaltung vorgesehen. Weitere Termine zur SLE-Erstellung in der Gruppe stimmen die Teams eigenständig und nach Bedarf ab.

Projektbegleitende Materialien und moderne Autorentools

Um den Studierenden den Einstieg in die Erstellung von SLE zu erleichtern und eine einheitliche Qualität sicherzustellen, stehen verschiedene didaktische Hilfsmittel zur Verfügung. Dazu gehören ein Workbook, das den Entwicklungsprozess strukturiert, sowie Cheat-Sheets mit praxisnahen Tipps zu Autorentools, didaktischen Prinzipien und Gestaltungsmöglichkeiten. Diese Materialien dienen als Orientierungshilfe und unterstützen die Studierenden dabei, ihre SLE effizient und lernförderlich zu gestalten.

Zur Umsetzung der SLE nutzen die Studierenden verschiedene digitale Autorentools. Hierbei kommen insbesondere Articulate Rise und Storyline sowie H5P zum Einsatz, die es ermöglichen, interaktive und multimediale Lerneinheiten zu erstellen. Insbesondere Articulate Rise und Storyline bieten umfangreiche Möglichkeiten zur Gestaltung komplexer und adaptiver Lerninhalte. Durch den Einsatz dieser Tools sammeln die Studierenden nicht nur wertvolle praktische Erfahrungen in der E-Learning-Erstellung, sondern eignen sich auch Fähigkeiten wie die Aufbereitung und Strukturierung von Lerninhalten in passender Form an. Dies mündet in der Stärkung der Kompetenz, relevante Inhalte geeignet zu präsentieren, welche im beruflichen Alltag von großer Bedeutung ist.

Semesterbegleitende Evaluierung und Qualitätskontrolle der SLE

Um die Qualität der Lehrveranstaltung kontinuierlich zu verbessern, wird eine semesterbegleitende Evaluierung durchgeführt. Diese beinhaltet regelmäßiges Feedback der Studierenden zur Betreuung, den verwendeten Materialien und dem Lernprozess. Zudem wird am Semesterende den Studierenden die Möglichkeit gegeben, an einer anonymen Online-Befragung teilzunehmen. Die gewonnenen Erkenntnisse fließen direkt in die Weiterentwicklung der Lehrveranstaltung ein.

Ferner werden die erstellten SLE anhand von den Coaches definierten Qualitätskriterien überprüft, um sicherzustellen, dass sie didaktisch und inhaltlich den Anforderungen entsprechen. Zu den Kriterien des projektübergreifenden Qualitätsleitfadens gehören folgende Kategorien:

- Erfüllung von Format und Umfang
- Zielgruppen-Orientierung und Lernziel-Erreichung
- Korrekte Aufbereitung des Inhalts
- Didaktisch sinnvoller Multimediaeinsatz und Wissensvermittlung
- Ansprechende Gestaltung nach dem Corporate Design des Projektes DigiKom
- Sicherstellung technischer Funktionen und Usability der SLE

Die Bewertungsergebnisse dienen auch zur Qualitätssicherung bei der Auswahl der SLE zur weiteren Nutzung. Denn die erstellten SLE werden anschließend in einem Kurs zum Thema Future Skills gebündelt, um nachfolgend auch über die Lehrveranstaltung hinaus für weitere Personengruppen als Lernmaterialien zur Verfügung zu stehen.

4. EXEMPLARISCHE ARBEITSERGEBNISSE

SLE-Beispiel

Die exemplarische SLE *Evolving Minds – The Journey of Lifelong Learning* widmet sich dem Konzept des lebenslangen Lernens und vermittelt dessen Bedeutung für die persönliche und berufliche Entwicklung. Durch den gezielten Einsatz interaktiver Lernelemente, Fallstudien und Reflexionsaufgaben werden Lernende angeregt, sich aktiv mit dem Thema auseinanderzusetzen.

Die Erstellung der SLE erfolgte unter Einhaltung der oben beschriebenen Qualitätskriterien. Die Dauer der Lerneinheit wurde auf ca. 45 Minuten festgelegt, um eine kompakte, aber inhaltsreiche Vermittlung des Themas zu gewährleisten. Zudem wurde ein Storytelling-Ansatz gefordert, um die Inhalte ansprechend und nachvollziehbar zu präsentieren. Darüber hinaus mussten die SLE dem vorgegebenen Corporate Design entsprechen, um Einheitlichkeit zu schaffen.

Aufbau und didaktische Umsetzung

Die SLE ist modular aufgebaut und folgt einer didaktisch fundierten Struktur, die sich an den Prinzipien des konstruktivistischen Lernens orientiert. Außerdem werden interaktive Elemente verwendet, die eine ansprechende und motivierende Lernumgebung schaffen.

Einführung in das Thema:

- Überblick über lebenslanges Lernen
- Bedeutung in verschiedenen Lebensbereichen
- Interaktive Einstiegseinheit zur Aktivierung des Vorwissens

Kerninhalte:

- Fallstudien zu verschiedenen Lernbiografien
- Reflexionsfragen zur eigenen Lernmotivation und -strategie
- Interaktive Szenarien zur Entwicklung einer Lernkultur

Abschluss und Transfer:

- Zusammenfassung der Kernaussagen
- Quiz zur Selbstüberprüfung
- Reflexionsaufgabe zur Anwendung des Gelernten im eigenen Kontext

Die SLE kann im Detail unter folgendem Link in der Kurzversion eingesehen werden: <https://digitalisierungskolleg-oth-aw.hs-ansbach.de/projektueberblick/> (Digitalisierungskolleg, 2025)

Moodle-Kurs Future Skills

Die ausgewählten SLE werden perspektivisch in einem Moodle-Kurs „Future Skills“ gebündelt, der nach den Kategorien des Stifterverband-Frameworks strukturiert ist. Dies gewährleistet eine systematische Erschließung der Inhalte für verschiedene Zielgruppen. Anschließend kann dieser Kurs nicht nur in Form eines Wahlpflichtmoduls für andere Studierende als Wissensquelle dienen, sondern auch in der beruflichen Weiterbildung zum Einsatz kommen. Somit liegt ein weiterer Mehrwert darin begründet, dass die erstellten SLE auch nach Abschluss des Projektes in anderen Kontexten genutzt werden können. Dadurch zählt der Moodle-Kurs auch in die Verstetigung der Projekt-Ergebnisse ein. Bezüglich der Veröffentlichungsoptionen finden gegenwärtig hochschulinterne Gespräche und Anbahnungsprozesse mit externen Interessengruppen, wie beispielsweise Akademien, statt.

5. FAZIT UND AUSBLICK

Das DigiKom-Projekt zeigt, dass die Erstellung von SLE durch interdisziplinäre Teams eine nachhaltige Möglichkeit ist, Future Skills praxisnah zu vermitteln. Die Kombination aus selbstgesteuertem Lernen und didaktischer Betreuung ermöglicht es Studierenden, sowohl fachliche als auch methodische Kompetenzen zu entwickeln.

Die Evaluierungsergebnisse zeigen, dass die Studierenden das praxisnahe Umsetzen von SLE in der projektbegleitenden Lehrveranstaltung als bereichernd und wirkungsvoll empfinden. Langfristig sollen regelmäßige Erhebungen sicherstellen, dass die Inhalte aktuell und relevant bleiben.

Für einen Transfer dieses Konzeptes wird es notwendig sein, eine vergleichbare Infrastruktur zu schaffen, um den organisatorischen Aufwand gering zu halten. Konkret bedeutet das, dass die Studierenden bei der SLE-Erstellung durch in fachlichen sowie didaktischen Fragestellungen erfahrene Personen unterstützt werden sollten. Gruppengrößen zwischen drei bis fünf Personen haben sich für die gemeinsame Erstellung der SLE als zielführend herausgestellt. Durch die fächer- sowie abschlussübergreifende Zusammenarbeit können insbesondere die Master-Studierenden durch den Lernen-durch-Lehren-Ansatz praktische Erfahrungen sammeln. In diesem Szenario verfügen die Master-Studierenden zudem über das notwendige Wissen, qualitativ hochwertige SLE zu erstellen. Sollte diese Konstellation bei der Umsetzung an der eigenen Hochschule nicht vorliegen, ist es ratsam, dass an der Stelle von didaktischen Coaches Lehrpersonen die Studierenden begleiten und unterstützen.

Ferner ist es empfehlenswert, dass aus der Übersicht der Future Skills konkrete Themenbereiche durch die Lehrperson abgeleitet werden, die anschließend als SLE durch die Studierenden umgesetzt werden. Dieses Vorgehen erleichtert die Nachnutzung der SLE in weiteren Lehrveranstaltungen.

Der Einbezug von Promotionsstudierenden als Fachexperten und Fachexpertinnen seit dem Sommersemester 2025 erweist sich ebenfalls als sehr tragfähig.

Zukünftige Entwicklungen umfassen die Weiterentwicklung des Moodle-Kurses sowie die Einbindung in andere Bildungsinitiativen wie das Orientierungsstudium prepareING oder das Frühwarnsystem students@risk (stmwk.bayern, 2024), zur Unterstützung kritischer Themen bei abbruchgefährdeten Studierenden. Ebenso wird eine Bereitstellung über die Virtuelle Hochschule Bayern (Virtuelle Hochschule Bayern, 2025) oder eine Vermarktung über OTH Professionell (Ostbayerische Technische Hochschule Amberg-Weiden, 2025) angestrebt.

Literatur

Bayerisches Forschungsinstitut für Digitale Transformation (bidt). (2024, 13. Dezember). *Digitalisierungskollegs*. <https://www.bidt.digital/foerderprogramm/digitalisierungskollegs/>

Digitalisierungskolleg. (2025, 26. März). *Projektüberblick – Digitalisierungskolleg: Einblick in unsere SLEs*. Digitalisierungskolleg DigiKom. Abgerufen am 3. April 2025, von <https://digitalisierungskolleg-oth-aw.hs-ansbach.de/projektbeschreibung/>

Ostbayerische Technische Hochschule Amberg-Weiden. (2025). *OTH Professional – Über uns*. Abgerufen am 3. April 2025, von <https://www.oth-aw.de/weiterbildung/oth-professional/ueber-uns/>

Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft e.V. (2021). *Diskussionspapier Nr. 3: FUTURE SKILLS 2021*. Abgerufen am 3. April 2025, von <https://www.stifterverband.org/medien/future-skills-2021>

stmwk.bayern [@stmwk.bayern]. (2024, 4. Dezember). *Das Frühwarnsystem an der OTH Amberg-Weiden*. Instagram. Abgerufen am 3. April 2025, von https://www.instagram.com/p/DDJqQk6o_OP/?utm_source=ig_web_button_share_sheet

Virtuelle Hochschule Bayern. (2025, 2. April). *Startseite*. Vhb. <https://www.vhb.org/>

Angaben zu den Autorinnen und Autoren

Prof. Dr. Mike Altieri

Leitung des Projektes DigiKom sowie des Instituts für die Entwicklung und Erforschung von Studium und Lehre an der OTH Amberg-Weiden.

Christina Stollner

Projektmanagerin verschiedener Projekte mit Schwerpunkt Digitalisierung und Didaktik, wie dem Projekt DigiKom.

Anika Roll

Didaktischer Coach zur Förderung Studierender bei der Erstellung von SLE im Bereich Future Skills.

Romy Hösl

Leitung des Kompetenzzentrums Digitale Lehre sowie Dozentin für Onlinekursentwicklung und Autorensysteme.

Prof. Dr. Gabriele Murry

Leitung des Masterstudiengangs *Angewandte Wirtschaftspsychologie* und Betreuung der empirischen Erhebung im Projekt DigiKom.

Ruhul Amin Noel

Fachlicher Coach und Begleitung der Studierenden als Fachexperte für wissenschaftliches Arbeiten.

MINT GOES INTERNATIONAL – HERAUSFORDERUNGEN DER MINT-LEHRE IM ZUGE DER INTERNATIONALISIERUNG

Sibylle Gaisser, Annette Martin, Haresh Vaidya, Mathias Moog, Anke Knoblauch
Hochschule Ansbach

ZUSAMMENFASSUNG

Vor dem Hintergrund sinkender Studierendenzahlen und des Fachkräftemangels in den technischen Berufen in Deutschland, rekrutieren die Hochschulen in Bayern zunehmend Studierende aus dem Ausland. Dabei stoßen die angebotenen internationalen Studiengänge besonders bei Studierenden aus Indien auf großes Interesse. Andersartige Kompetenzprofile aus dem außereuropäischen Bachelorstudium in Kombination mit sehr hohen Erwartungen der Studierenden an ein Masterstudium in Deutschland führen zu enormen Herausforderungen bei allen Beteiligten. Förderlich für den erfolgreichen Studienverlauf ist es, Maßnahmen zur Gruppendurchmischung zwischen ausländischen und deutschen Studierenden wie internationale Postersessions und gemeinsame Studienangebote zu implementieren. Darüber hinaus ist es erforderlich, Regeln der guten wissenschaftlichen Praxis klar zu kommunizieren und deren Befolgung einzufordern. Nicht zuletzt ist die Stärkung der Sprachkompetenz ein Schlüssel für ein erfolgreiches Studium.

Keywords: heterogene Gruppen, Selbstkompetenz, vernetztes Lernen, Sprachkompetenz, interkulturelle Kompetenz

1. AUSGANGSSITUATION

In den vergangenen Jahren ist ein kontinuierlicher Rückgang der Studierendenzahlen in Deutschland zu verzeichnen. Während im Jahr 2020 noch rund 2,94 Millionen Studierende an deutschen Hochschulen eingeschrieben waren, sank diese Zahl bis 2023 auf etwa 2,87 Millionen (Statistisches Bundesamt, 2024). Die Kultusministerkonferenz (KMK) prognostizierte bereits 2020 einen weiteren Rückgang der Studienanfängerzahlen bis 2030 um etwa 11%, u. a. bedingt durch demografische Entwicklungen wie sinkende Geburtenzahlen und die verlängerte Schulzeit bis zum Abitur (KMK, 2021). Besonders betroffen von dieser Entwicklung sind MINT-Fächer. Das Centrum für Hochschulentwicklung zeigte für das Wintersemester 2023/24 über alle Hochschularten hinweg, dass einzelne Fächer wie Informatik (+2,6%) und allgemeine Naturwissenschaften (+10%) zwar steigende Studierendenzahlen aufweisen, die Rückgänge in Maschinenbau, Chemie und Physik mit 9 bis 11% jedoch deutlich ausfallen (Illina, 2024). Internationale Studierende stellen einen bedeutenden Anteil in technisch orientierten Studiengängen. Im Wintersemester 2023/24 hatten 25,6% der Studierenden in den Ingenieurwissenschaften keine deutsche Staatsangehörigkeit (Federkeil et al., 2024). Studierende aus Indien stellen dabei eine große Gruppe: Im Jahr 2023 wurden 10.810 nationale Visa für indische Studierende ausgestellt (Auswärtiges Amt, 2024). Insgesamt waren über 29.600 indische Studierende in Ingenieurwissenschaften und 6.600 in Mathematik und Naturwissenschaften eingeschrieben (Statista, 2024). Diese Zahlen unterstreichen die Bedeutung internationaler Studierender für die MINT-Fächer und verdeutlichen die

Notwendigkeit geeigneter Integrations- und Unterstützungsmaßnahmen an deutschen Hochschulen.

Die Sicherung des Fachkräfteangebots durch Ausbildung internationaler Studierender entsprechend der Strategie der Wissenschaftsministerinnen und Wissenschaftsminister von Bund und Ländern zur Internationalisierung der Hochschulen in Deutschland (BMBF & KMK, 2024) zeigt erste Erfolge: Nach Angaben der OECD (2022) bleiben etwa 50 % der internationalen Studierenden nach ihrem Abschluss dauerhaft in Deutschland.

Allerdings führt die zunehmende Internationalisierung auch zu neuen Herausforderungen im Hochschulalltag. Untersuchungen des Deutschen Zentrums für Hochschul- und Wissenschaftsforschung (DZHW) zeigen, dass die Abbruchquote internationaler Studierender deutlich über der von deutschen Studierenden liegt: 49 % der internationalen Bachelorstudierenden und 26 % der internationalen Masterstudierenden brechen ihr Studium ab (im Vergleich zu 27 % bzw. 17 % bei deutschen Studierenden) (Heublein et al., 2020; Pineda et al., 2022). Die Gründe hierfür sind vielfältig: Pineda et al. führten als Gründe auf Studierendenseite z. B. eine fehlende Vorbereitung auf das Studium, geringe Nutzung von Unterstützungsangeboten, Sprachbarrieren, finanzielle Schwierigkeiten sowie mangelnde Integration in soziale Netzwerke außerhalb der eigenen Community an.

Diese Situation wirkt sich auf das Lehrpersonal aus. Bereits Robertson et al. (2010) zeigen, dass Lehrende bei internationalen Studierenden unzureichende Kompetenzen im wissenschaftlichen Arbeiten beobachten und sich in ihrem Lehrstil herausgefordert fühlen. Unterschiedliche Lehr- und Lernkulturen sowie divergierende Erwartungshaltungen führen zu zusätzlichem Aufwand und Belastungen für Lehrende und Studierende (Hiller, 2017; Achterhold, 2022).

Das Strategiepapier (BMBF & KMK, 2024) hebt hervor, dass Internationalisierung mehr ist als die Einführung englischsprachiger Studiengänge. Notwendig sind u. a. der Ausbau von Sprachkursen, zentrale Anlaufstellen und die Förderung internationaler Kompetenzen an Hochschulen. Wie diese Herausforderungen an der Hochschule Ansbach adressiert werden, wird anhand der Erfahrungen aus den vier englischsprachigen Masterstudiengängen im Folgenden analysiert.¹ Die dabei vorgestellten Maßnahmen sind explorativer Natur. Auf Basis von Feedbackgesprächen im Kollegium, durch Anregungen aus BayZiel-Fortbildungen zur Lehrdidaktik und dem Umgang mit heterogenen Gruppen, sowie aus Erkenntnissen des DAAD-geförderten ANGIE-Projekts² wurden die Maßnahmen als Reaktion auf beobachtete Defizite entwickelt. Die Evaluation erfolgte durch Vergleich der Vorlesungsevaluation vor und nach Einführung der Maßnahmen.

2. ERFAHRUNGEN UND INTEGRATIVE LÖSUNGS-ANSÄTZE AN DER HS ANSBACH

Die Erfahrungen in den drei neuen internationalen Masterstudiengängen Applied Biotechnology (ABI), Smart Energy Systems (SES) und Smart Building Systems (SBS) der Fakultät Technik werden mit dem etablierten Studiengang International Product and Service Management (IPM) der Fakultät Wirtschaft

¹ Planmäßig sollen erste internationale Bachelorstudiengänge an der HS Ansbach zum SS 2026 eingeführt werden.

² ANGIE – Ansbach goes International (DAAD-Projekt 2021-2022); https://static.daad.de/media/daad_de/pdfs_nicht_barrierefrei/infos-services-fuer-hochschulen/projektsteckbriefe/kurzprofil_modul_a_2021_ansbach.pdf

verglichen.³ Grundlage der Analyse sind Immatrikulationsstatistiken, DAAD-Daten, Vorlesungsevaluationen und Feedbackgespräche mit Lehrenden und Studierenden.

Die englischsprachigen Masterstudiengänge an der Hochschule Ansbach unterscheiden sich deutlich in der Zusammensetzung der Herkunftsländer ihrer Studierenden. Während ABI, SES und SBS zu rund 90 % von indischen Studierenden besucht werden und damit faktisch kulturell homogene Gruppen bilden, ist der Studiengang IPM mit Studierenden aus Indien, Iran, Bangladesh sowie verschiedenen afrikanischen und lateinamerikanischen Ländern sehr viel heterogener (vgl. Abb. 1).

Die heterogene Zusammensetzung im Studiengang IPM wirkt sich positiv auf Lehr-Lernatmosphäre, Spracherwerb und Interaktion aus. Dies zeigt sich in den Prüfungsleistungen und Feedback-Gesprächen. In ABI, SES und SBS haben Studierende wenig Möglichkeiten, Erfahrungen mit anderen (Lern-)Kulturen zu machen und neigen dazu, erlernte Verhaltensmuster aus dem bisherigen Studienkontext fortzusetzen. Lehrenden fällt es damit sehr viel schwerer, offene, diskursive Lehrformate im Unterricht erfolgreich zu etablieren.

Da die Gruppenzusammensetzung nur begrenzt beeinflussbar ist, muss Internationalität bereits im Hochschulmarketing mitgedacht werden. Um den Studierenden unter den derzeitigen Bedingungen interkulturelle Erfahrungen zu ermöglichen, wurden folgende Maßnahmen zur Förderung von Diversität und Integration im Studienalltag erprobt:

- International vernetzende Postersessions: Im Modul Applied Cell Biology präsentierten Studierende des englischsprachigen Masterstudiengangs ABI ihre Laborergebnisse in englischsprachigen Postersessions. Eingeladen waren Bachelorstudierende des deutschsprachigen Studiengangs Industrielle Biotechnologie (IBT), die im Rahmen ihres Englischmoduls auf diese Konferenzsituation vorbereitet wurden. Die Maßnahme wurde von beiden Gruppen positiv bewertet; aufgrund des hohen Zeitaufwands ist sie nur für kleine Gruppen bis maximal 25 Studierende realisierbar.
- Nationen- und studiengangübergreifende Laborteams: In Laborprojekten von ABI und IBT sowie in internationalen Summer Schools wurden gemischte Laborteams eingesetzt. Diese förderten den fachlichen Austausch und persönliche Kontakte. Wie Feedbackgespräche zeigten, werden im regulären Lehrbetrieb verpflichtend gemischte Teams jedoch von beiden Gruppen eher abgelehnt, da Studierende leistungshomogene Gruppen bevorzugen.
- In Praktika des Masterstudiengangs ABI wurden Studierende des deutschsprachigen Studiengangs IBT als Tutor*innen eingesetzt. Dadurch konnten internationale Studierende zum Teil innerhalb weniger Stunden ihre Scheu vor der deutschen Sprache überwinden.
- Gemeinsame Lehrveranstaltungen: Zur interdisziplinären Vernetzung wurden gemeinsame Lehrveranstaltungen in den Fächern Gebäudetechnik und Gebäudeautomation für den deutschen Bachelor Nachhaltige Ingenieurwissenschaften (NIW) und den internationalen Master SBS eingeführt. Die Maßnahme förderte die interkulturelle Zusammenarbeit, offenbarte jedoch Unterschiede in der Vorbereitung und Beteiligung: deutsche Studierende waren aktiver, internationale eher zurückhaltend.

³ Erster Jahrgang in ABI/ SES WS 21/22, SBS WS 23/24, IPM SS 09.

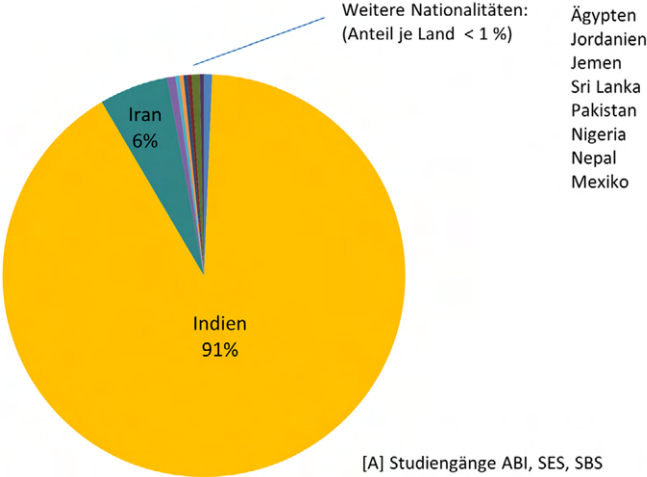
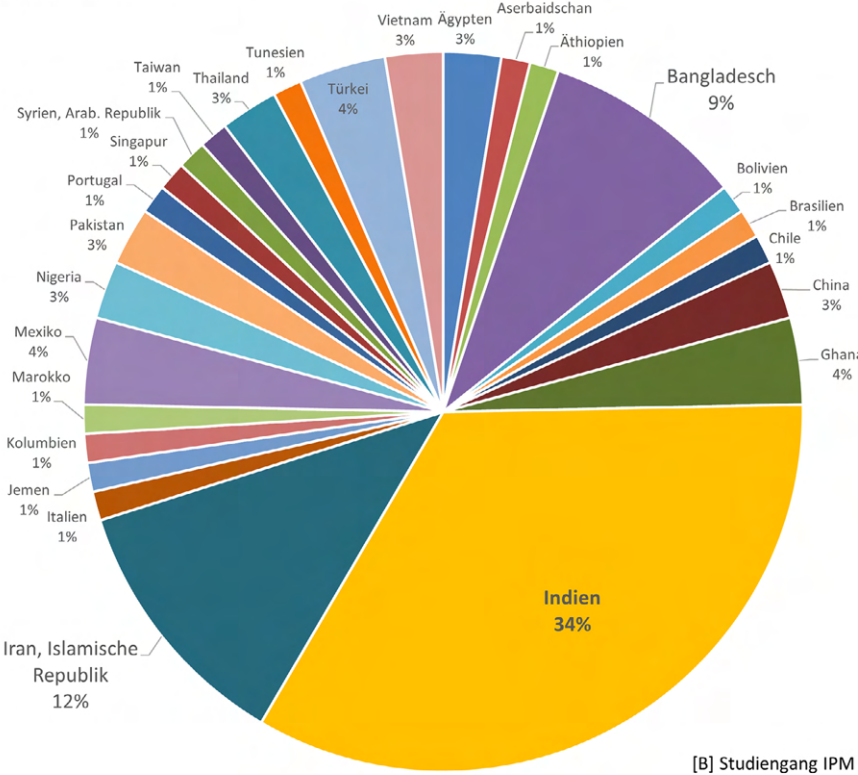


Abb. 1: Staatsangehörigkeit der Studierenden in den drei Technik-Studiengängen ABI, SES und SBS [A] im Vergleich zum Wirtschaftsstudiengang IPM [B] im WS 2024/25



3. ERFAHRUNGEN ZU WISSENSCHAFTLICHEM ARBEITEN UND REGELKONFORMITÄT

Internationale Studierende bringen unterschiedliche Bildungskulturen und Lerngewohnheiten mit. Während in vielen Herkunftsländern die Vermittlung von kanonischem Wissen und das reproduktive Lernen im Vordergrund stehen, zeigt Hiller, dass die deutsche Hochschuldidaktik stärker auf eigenständigem Arbeiten, kritischer Reflexion und analytischem Denken basiert (Hiller, 2017). Das Konzept einer selbstständig recherchierten, wissenschaftlich fundierten Hausarbeit ist internationalen Studierenden z. T. wenig vertraut. Daraus resultieren häufig Unsicherheiten mit Quellenarbeit und wissenschaftlichem Arbeiten, die teils zu als Plagiat bewerteten Prüfungsleistungen oder zur unreflektierten Nutzung von KI-Tools wie Large Language Models führen. Erfahrungen an der Hochschule Ansbach zeigen, dass grundlegende Prinzipien der „guten wissenschaftlichen Praxis“ in den Herkunftsländern häufig nicht vermittelt werden und damit auch das Problembewusstsein für Regelverletzungen fehlt.

Zudem beeinflussen kulturelle Faktoren das Verhalten der Studierenden. Bei indischen Studierenden zeigt sich eine starke Loyalität gegenüber der eigenen Community (Nair & Mayer, 2017). Dies äußert sich u. a. in Solidaritätshandeln. In Ansbach konnte z. B. das Eintragen abwesender Kommilitoninnen und Kommilitonen auf Anwesenheitslisten beobachtet werden.

Folgende Maßnahmen wurden als Reaktion auf die oben beschriebenen Herausforderungen erprobt:

- Reduktion von Anwesenheitspflichten in Praktika auf ein didaktisch notwendiges Maß. So werden Regelverstöße reduziert und vorhandene Ressourcen für Interessierte nutzbar.

Anwesenheiten werden direkt von Lehrenden überprüft, nicht über von Studierenden unkontrolliert zu unterschreibende Listen.

- Aufbau von KI-Kompetenz und Vermittlung wissenschaftlicher Praxis: Die Nutzung und Grenzen von KI-Tools werden thematisiert, ergänzt durch Trainingseinheiten zur „guten wissenschaftlichen Praxis“, u. a. in Online-Modulen, sowie Schreibwerkstätten zum wissenschaftlichen Schreiben.
- Prüfungsanpassung: Prüfungen wurden umgestellt, um Transferleistungen abzufragen (z. B. verstärkter Einsatz von Rechenaufgaben vor Ort, praxisorientierte Projekte und mündliche Prüfungen). Dies erfordert zwar mehr Zeitaufwand für Lehrende, ermöglicht aber eine verlässlichere Leistungsbewertung.
- Kurse zu wissenschaftlichem Arbeiten: Die Bibliothek der Hochschule Ansbach bietet regelmäßig Schulungen und Kurse zum wissenschaftlichen Arbeiten an. Diese unterstützen Studierende gezielt beim Erwerb grundlegender Kompetenzen im Bereich Literaturrecherche, korrektes Zitieren, Quellenbewertung und Plagiatsvermeidung. Studierende werden dadurch mit den Anforderungen guter wissenschaftlicher Praxis vertraut gemacht.

4. BEOBACHTUNGEN ZU VORLESUNGSBESUCH UND WOHNRAUMSITUATION IN ANSBACH

Gemäß einer Studie der Universität Würzburg sind regelmäßiger Vorlesungsbesuch und Studienerfolg eng miteinander verbunden (Universität Würzburg, 2025). Dies ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass die Lehrinhalte in den meisten Modulen

diskursiv vermittelt werden und so gezielt auf individuelle Wissenslücken eingegangen werden kann. Zudem fördert die aktive Teilnahme an Lehrveranstaltungen, insbesondere durch Gruppenarbeiten und Interaktionen mit Mitstudierenden und Dozierenden, die Sprachkompetenz sowie das Zugehörigkeitsgefühl.

Ein zentrales Hemmnis für die regelmäßige Teilnahme ist jedoch die unzureichende Wohnraumsituation in Hochschulnähe, insbesondere für internationale Studierende. Einerseits steht im ländlichen Raum nicht genügend bezahlbarer Wohnraum zur Verfügung, andererseits vermissen Studierende die Einbindung in „ihre“ internationale Community. Viele Studierende entscheiden sich daher in größerer Entfernung – häufig in der Metropolregion Nürnberg – Wohnraum zu suchen. Dies führt zu teils erheblichen Pendelwegen, die den regelmäßigen Vorlesungsbesuch erschweren.

Um dieser Problematik entgegenzuwirken, wurden folgende Lösungsansätze getestet:

- Anpassung der Vorlesungszeiten an den öffentlichen Nahverkehr (ÖPNV): Die Zeitfenster von Lehrveranstaltungen wurden so gestaltet, dass Studierende aus angrenzenden Städten mit dem ÖPNV anreisen können. Trotz dieser Anpassung konnte jedoch kein nachhaltiger Anstieg der Präsenz erreicht werden.
- Umstellung auf Blockveranstaltungen mit Praxisanteilen: Einzelne Lehrveranstaltungen wurden als kompakte Blockformate mit integrierten Praxisanteilen (z. B. Pflichtvorträgen) durchgeführt. Dieses Format führte zu höherer Teilnahme, bringt jedoch nicht nur erhebliche Herausforderungen in der Didaktik, sondern auch in der Raum- und Stundenplanung mit sich.

5. ZUSAMMENFASSUNG

Die Beobachtungen, Maßnahmen und Erfahrungen aus den englischsprachigen Masterstudiengängen der HS Ansbach sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

6. DISKUSSION UND FAZIT

Die Internationalisierung von Hochschulen ist ein erklärtes politisches Ziel, wie die aktuelle Strategie der Wissenschaftsmysterinnen und Wissenschaftsminister von Bund und Ländern (BMBF & KMK, 2024) unterstreicht. Dabei wird deutlich, dass es nicht ausreichend ist, lediglich die Zahl englischsprachiger Studiengänge zu erhöhen. Vielmehr fordert die Strategie eine Reihe begleitender Maßnahmen, wie den Ausbau von Studiendenservices, International Offices und Sprachenzentren sowie den gezielten Aufbau interkultureller und fremdsprachlicher Kompetenzen des Personals an Hochschulen und in Behörden. Dies führt zu hohen Herausforderungen für Lehrende und Verwaltungsmitarbeitende. Die beratungs- und betreuungsintensive Arbeit mit internationalen Studierenden sollte in der Lehre durch seminaristischen Unterricht mit angemessener Gruppengröße erleichtert und durch Anrechnung des höheren Aufwands in Selbstverwaltung und Weiterbildung auf die Lehrverpflichtung honoriert werden.

Da sich die Kompetenzen der Studieninteressierten nicht immer in der Note widerspiegeln, könnten persönliche Auswahlgespräche in der Bewerbungsphase helfen, gut geeignete Studierende auszuwählen und dadurch den Studienerfolg und die Zufriedenheit aller Beteiligten zu erhöhen. Bei hohen Bewerbungszahlen sind solche Gespräche allerdings personell schwer umsetzbar.

Beobachtung	Maßnahme	Erfahrung
Länder-homogene Gruppen lassen sich schlechter motivieren	• International vernetzende Postersession zwischen Kursen	• in Abschlussevaluation positiv bewertet
	• Gemeinsames Modul	• geeignet für Gruppen bis ca. 25 Personen
Kanonisches Lernen dominiert	• Unterrichtseinheit zu Literaturrecherche und Literaturauswertung	• wirkt sich positiv auf wissenschaftliche Arbeitsweise aus
	• Diskursive Elemente und Gruppenarbeiten gezielt einführen	• Sprachkompetenz muss gut genug sein
	• Klausuren mit hohem Rechenanteil	• nicht für alle Module geeignet
Unreflektierte Nutzung von KI	• Unterrichtseinheit und Übungsaufgaben zu Nutzen und Grenzen von KI	• zeitintensiv
	• Mündliche Prüfung anstatt Hausarbeit	• Sprachkompetenz muss gut genug sein
	• Masterarbeiten mit stark individualisierten Experimenten und Analysen	• nicht für alle Module/ Themen geeignet.
Geringe Anwesenheit in Vorlesungen	• Umstellung auf Blockveranstaltungen mit Praxisanteilen	• höhere Teilnahmezahlen schwierig für Raum- und Stundenplanung
	• Anpassung der Vorlesungszeiten	• führt zu keiner Veränderung

Tab. 1: Beobachtungen, Maßnahmen und Erfahrungen zur Verbesserung der Lehr-Lernsituation in internationalen Studiengängen an der HS Ansbach

Grundsätzlich müssen internationale Studierende gezielt in wissenschaftlichem Arbeiten und Sprachkompetenz geschult werden, um sich erfolgreich im deutschen Hochschulsystem zu bewegen.

Für Lehrende und Verwaltungspersonal sind interkulturelle Trainings dringend erforderlich, um professionell mit neuen Lehr- und Betreuungssituationen umzugehen. Hilfreich ist dabei die Arbeit mit „Critical Incidents“ (Hiller, 2016), um auf kulturell bedingte Erwartungen und Verhaltensweisen vorbereitet zu sein, z. B. persönliche Kontaktangebote von Studierenden professionell einzuordnen. Deutsche Dozierende finden es mitunter schwierig, auf diese freundliche Interaktion

mit den Studierenden angemessen einzugehen und gleichzeitig als Lehrende eine professionelle Distanz zu bewahren, die Studierende nicht als schroff oder unfreundlich empfinden. Interkulturelle Informationsangebote z. B. zu Festen der internationalen Studierenden können darüber hinaus dazu beitragen, Mitarbeitenden die Befangenheit zu nehmen, sich auf Einladungen einzulassen und damit die soziale Interaktion mit den Studierenden und den kulturellen Austausch befördern.

Abbildung 2 fasst das Zusammenspiel von Studienerfolg der internationalen Studierenden und der Zufriedenheit von Lehrenden in Abhängigkeit von Sprachkompetenz und interkultureller Kompetenz aus Sicht des Autorenteam zusammen.

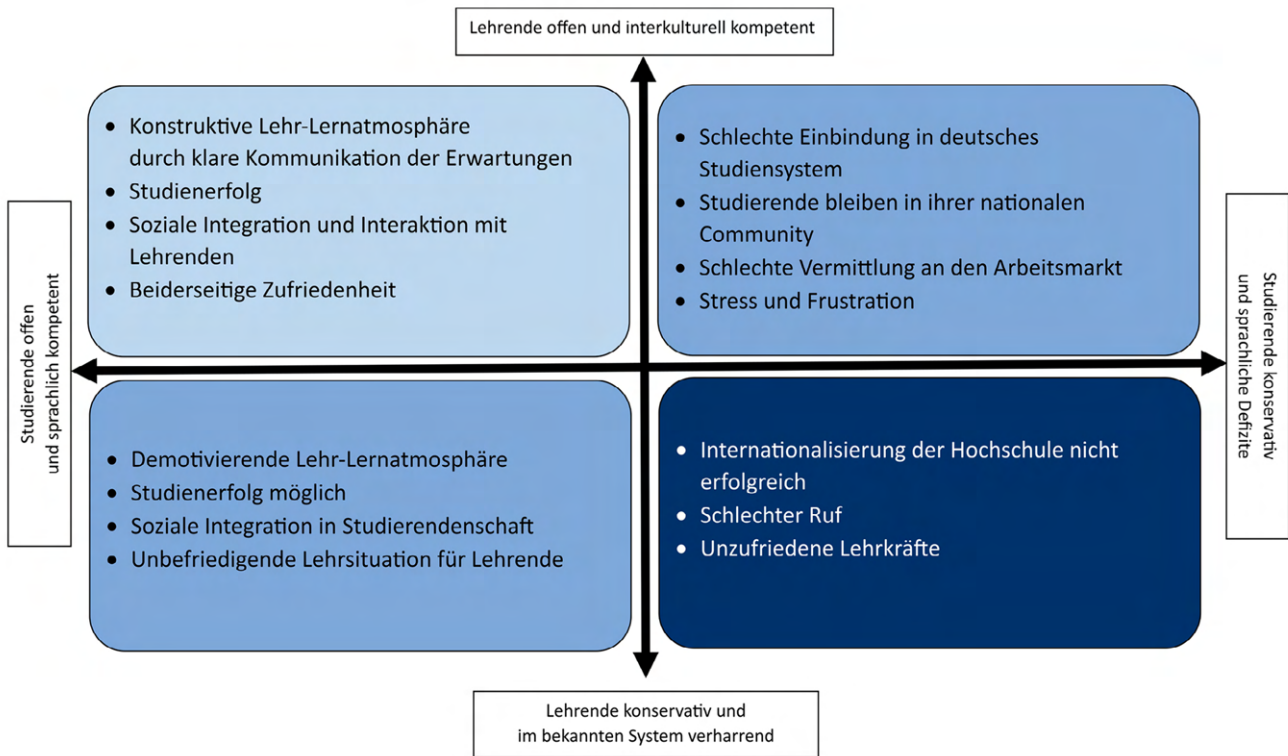


Abb. 2: Zusammenspiel von Studienerfolg der internationalen Studierenden und der Zufriedenheit von Lehrenden in Abhängigkeit von Sprachkompetenz und interkultureller Kompetenz

Mit Offenheit auf beiden Seiten, dem Auf- und Ausbau der erforderlichen Infrastruktur, mit Sprachkursen, interkulturellem Training und einer zentralen Anlaufstelle für internationale Studierende und Lehrende an der Hochschule sowie guten Lehrkompetenzen kann Internationalisierung gelingen.

Literatur

Achterhold, G. (2022, Oktober). International unterschiedliche Lernkulturen: Herausforderungen erkennen und Unterstützung bieten. Gate Germany Online Magazin. <https://www.gate-germany.de/magazin-lernkulturen/>

Auswärtiges Amt. (2024, 23. Februar). Erteilte nationale Visa 2023. <https://www.auswaertiges-amt.de/resource/blob/2651938/deca645ea7bd9f06a765c521f3ebc902/statistik-2023-nationale-visa-data.pdf>

BMBF & KMK. (2024, 14. Juni). Internationalisierung der Hochschulen in Deutschland. Strategie der Wissenschaftsministerinnen und Wissenschaftsminister von Bund und Ländern (2024-2034).¹ https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/Themen/Hochschule/240614_internationalisierungsstrategie_hs_24-34.pdf

Federkeil, G., Hachmeister, C.-D., & Hüscher, M. (2024). Studium in Ingenieurwissenschaften & IT. CHE gemeinnütziges Centrum für Hochschulentwicklung. <https://www.che.de/download/check-ingenieur/?wpdmml=32196&refresh=67b5de41e131a1739972161>

Heublein, U., Richter, J., & Schmelzer, R. (2020). Die Entwicklung der Studienabbruchquoten in Deutschland (DZHW Brief 03/20). Deutsches Zentrum für Hochschul- und Wissenschaftsforschung GmbH. https://www.dzhw.eu/pdf/pub_brief/dzhw_brief_03_2020.pdf

Hiller, G.G. (2016): Eine Frage der Perspektive – Critical Incidents aus Studentenwerken und Hochschulverwaltung. Deutsches Studentenwerk. https://www.studierendenwerke.de/fileadmin/user_upload/dsw-fallbeispiele-digital-druckbogen_0.pdf

Hiller, G. G. (2017). No idea what the professor expects. Forschung und Lehre, 5(17). <https://www.forschung-und-lehre.de/lehre/no-idea-what-the-professor-expects-164>

Illina, A. (2024, 17. Oktober). Immer weniger Ingenieurwachstums in Deutschland. VID I Nachrichten. <https://www.vdi-nachrichten.com/karriere/studium/der-ingenieurwachstums-in-deutschland-auf-der-kippe/>

Nair, M., & Mayer, M. (2017). Hochqualifizierte Zuwanderer und internationale Studierende aus Indien in Deutschland. Bertelsmann Stiftung. https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/BSt/Publikationen/GrauePublikationen/Hochqualifizierte_Migranten_2017_final.pdf2

OECD. (2022). International migration outlook 2022. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/30fe16d2-en>

Pineda, J. (2018, Dezember). Problemlagen und Herausforderungen internationaler Studierender in Deutschland. Ergebnisse einer qualitativen Vorstudie im Rahmen des SESABA-Projekts.³ DAAD Deutscher Akademischer Austauschdienst. https://www2.daad.de/medien/der-daad/analysen-studien/sesaba/vorstudie_pineda_2018.pdf

Pineda, J., Kercher, J., Falk, S., Thies, T., Yildirim, H. H., & Zimmermann, J. (2022). Internationale Studierende in Deutschland zum Studienerfolg begleiten: Ergebnisse und Handlungsempfehlungen aus dem⁴ SeSaBa-Projekt (DAAD Studien). DAAD. <https://doi.org/10.46685/DAADStudien.2022.01>

Robertson, M., Line, M., Jones, S., & Thomas, S. (2000). International students, learning environments and perceptions: A case study using the Delphi technique. Higher Education Research & Development, 19(1), 5–89–102. <https://doi.org/10.1080/07294360050020499>

Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland. (2021, November). Statistische Veröffentlichungen der Kultusministerkonferenz (Dokumentation Nr. 229). https://www.kmk.org/fileadmin/Daten/pdf/Statistik/Dokumentationen/Dok229_VB_Studienanfaenger-Studierende.pdf

Statista. (2024). Anzahl der Studierenden aus Indien in Deutschland im Wintersemester 2023/2024 nach Fächergruppen. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1325236/umfrage/studierende-aus-indien-in-deutschland-nach-faechergruppen/>

Statistisches Bundesamt. (2024). Studierende an Hochschulen nach Staatsangehörigkeit, Geschlecht und Fächergruppen: Wintersemester 2023/2024. <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bildung-Forschung-Kultur/Hochschulen/Tabellen/Irbil01.html#242472>

Universität Würzburg (2025). Studium: Bessere Noten durch Anwesenheit. <https://www.uni-wuerzburg.de/aktuelles/einblick/single/news/bessere-noten-in-praesenz/>

Angaben zu den Autorinnen und Autoren

Sibylle Gaisser

Studium Techn. Biologie (Uni Stuttgart). Seit 2010 Prof. Biotechnologie u. Ethik. Interessen: Technikfolgenabschätzung, KI in Lehre, Lehr-Lern-Innovationen

Annette Martin

Studium Biologie, Promotion, industrielle Forschung. Seit 2010 Prof. Molekularbiologie. Interessen: Nachhaltigkeit, Bioanalytik, MINT-Lehrkonzepte.

Haresh Vaidya

Studium Verfahrenstechnik. Seit 2022 Prof. Nachhaltige Gebäudetechnik. Interessen: Energieeffiziente Gebäude, Lebenszyklusanalyse, Digitale Lehrangebote.

Mathias Moog

Studium Mathematik (Unis Marburg und Kaiserslautern). Seit 2010 Prof. für Mathematik, Informatik und Simulation; Interessen: Freie Software in der Lehre

Anke Knoblauch

Studium Lebensmitteltechnologie. Seit 2011 Prof. Lebensmitteltechnologie. Interessen: Funktionelle Lebensmittel, Hygiene, Nachhaltigkeit, Verpackung

STANDPUNKTWECHSEL – EINSATZ BEWEGTER HOCHSCHULLEHRE IN MINT FÄCHERN

Laura Weitze, Julius Grünberg
Technische Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm

ZUSAMMENFASSUNG

Studierende sitzen oft über 11 Stunden täglich – ein gesundheitliches und lernpsychologisches Risiko. Die bewegte Hochschullehre nach dem Heidelberger Modell integriert gezielt Bewegung in Lehrveranstaltungen, z. B. durch Walk & Talk-Formate. Zwei Module der Technischen Hochschule Nürnberg im MINT-Bereich wurden entsprechend umgestaltet und evaluiert. Die Ergebnisse zeigen: Bewegung fördert nicht nur die Gesundheit, sondern unterstützt auch das langfristige Behalten von Lerninhalten. Besonders das Walk & Talk wurde positiv bewertet. Erfolgsfaktoren sind eine gute Einführung, klare Kommunikation des Mehrwerts sowie die kontinuierliche Anwendung. Bewegte Lehre kann klassische Formate sinnvoll ergänzen und wirkt motivierend, aktivierend und lernförderlich.

Keywords: bewegte Hochschullehre, Walk & Talk, aktivierende Lernmethoden, MINT Didaktik, Embodied Learning

1. EINLEITUNG

Studierende sitzen im Durchschnitt über 11 Stunden täglich (z. B. Rupp, 2022, S. 6). Auch an der FAU Erlangen-Nürnberg gaben 49,6% an, täglich 4–8 Stunden zu sitzen (Scheunstuhl et al., 2023, S. 6). Zur Gegensteuerung wurde an der Pädagogischen Hochschule Heidelberg das „Heidelberger Modell bewegter Hochschullehre“ entwickelt (Rupp et al., 2020). Es integriert Mikrobewegungen, Haltungswechsel und das Umhergehen in Lehrszenarien. Ziel ist ein Wechsel der körperlichen wie auch der inneren Haltung – durch Perspektivwechsel, neue Gruppenkonstellationen und körperlich erfahrbares Lernen. Der klassische Methodenwechsel nach mind. 20 Minuten der Unterrichtszeit wird durch bewegungsaktivierende Elemente erweitert. Bewegung im Körper und im Kopf ist das Grundprinzip des integrierten Konzeptes.

Bekannt wurde das Modell über Weiterbildungen und Publikationen. Die Autorin selbst nutzt die Ansätze in ihrer Lehre. In dieser Veröffentlichung werden zwei Module aus MINT-nahen Studiengängen vorgestellt, in denen das Modell in je ein Bachelor- und Mastermodul (je 2 SWS) integriert wurde – im Präsenz- und Hybridformat.

Eine begleitende Online-Evaluation über zwei Jahrgänge untersucht, ob die bewegten Elemente nicht nur körperlich, sondern auch kognitiv wirksam sind – insbesondere im Hinblick auf die Verankerung von Lehrinhalten. Eine Peer-to-Peer-Diskussion ergänzt die Auswertung.

2. FORSCHUNGSSTAND

Sitzen ist der vorherrschende Modus in vielen Lehrveranstaltungen. Sedentäres Verhalten hängt von individuellen, sozio-kulturellen, baulich-technischen und politischen Faktoren ab (Rupp et al., 2020, S. 12). Hier lassen sich durch ein bewegtes Lehrangebot und bewegungsfreundliche Räume Synergien erschließen. Beispiele für bewegende Methoden in Präsenz- und Online-Lehrveranstaltungen finden sich z. B. bei Rupp et al. (2020, S. 18), Rupp (2022, S. 19), Scheuenstuhl et al. (2023, S. 12) sowie Weitze (2024b):

- Einladen zum Haltungswechsel: z. B. Arbeit an z. B. Pinnwänden und Tafel
- Diskussionen im Stehen (Murmelgruppen, Gruppendiskussion)
- Podcast oder Audio-Walks im Freien
- Walk & Think, Walk & Talk und Walk & Share (im Raum, Gebäude oder Draußen)
- Aufstellungsarbeit von Diskussions-Positionen im Raum

Neben aktivierenden Methoden zur Wissensvermittlung sind klassische Bewegungselemente in die Hochschullehre integrierbar, wie z. B. Bewegungspausen (König et al., 2015). Weitere Methoden sind durch die Nutzung des Raumes als Lern- und Lehrort zu integrieren – Stehpulte, flexible Sitzhocker und Bewegungsmatten können Bestandteile des physischen Raumes sein (Möckel et al., 2024).

Die Verarbeitung von Informationen findet über Kopf und den Körper statt – Embodied Learning oder Embodied Cognition bindet den Körper in den Lernprozess mit ein (Rupp et al., 2020, S. 9). Zu wenig Bewegung führt nicht nur zu einer erhöhten Gesundheitsgefährdung in Form Herz-Kreislaufkrankungen, sondern auch zu ergonomischen Erkrankungen und Anfälligkeit für Diabetes Typ 2 (Rupp et al., 2020, S. 5).

In der Kognitions- und Lernforschung ist bekannt, dass die gesundheitsförderlichen Aspekte des regelmäßigen Haltungswechsel des Körpers zu keiner kognitiven Leistungsverminderung führen. Die alleinige Bewegung bewirkt jedoch nicht zwangsläufig eine kognitive Leistungssteigerung (Braun & Scheich, 2020, S. 61). Somit führen sinnvoll eingesetzte Bewegungselemente in der Hochschullehre zu einer gesundheitlichen Verbesserung und kognitiven Verankerung des erfahrenen Lerninhaltes. Die Nutzung des Wellenprinzips aus kognitiver und körperlicher Aktivierung, von rezeptivem und aktivem Lernen, sowie sitzendem und stehendem Lernen kann der Schlüssel zum Erfolg sein (Rupp, 2022, S. 11).

In der MINT-Didaktik werden in der Kinder- und Jugendarbeit bereits bewegte Methoden genutzt, etwa in Makerspaces oder beim Lernen in der Natur (Al-Kharabsheh et al., 2022). Diese sollten verstärkt auch in der Hochschullehre Anwendung finden – durch eine methodisch angepasste Kombination aus Bewegung und klassischer Interaktion. So können Gruppendiskussionen im Stehen, Plenumsgespräche direkt vor der Tafel und monologische Inhaltsvermittlung als Audiowalk durchgeführt werden.

3. STANDPUNKTWECHSEL – ZWEI FALLBESPIELE

Im Rahmen zweier Lehrveranstaltungen an der Technischen Hochschule Nürnberg wurden verstärkt Elemente der bewegten Hochschullehre integriert – darunter Peer-Diskussionen im Stehen, Gruppenbildungen durch Standortwechsel sowie das Walk & Talk Format. Letzteres fand als synchroner Audiowalk & Talk mit vorproduzierten Audiofiles statt, alternativ auch asynchron nutzbar. Es wurden im Wintersemester 2023/2024 und Sommersemester 2024 zwei Walk & Talk Formate konzipiert, jeweils zweimal durchgeführt und evaluiert.

Das Walk & Talk Format ist ein Lehr-Lern-Format, in dem Vermittlung und Diskussion beim Laufen an der frischen Luft oder in Gebäuden erfahren wird. Die Art der Ausgestaltung kann von Projektvorstellungen, Audioformaten, Stationserkundung bis zur klassischen Diskussion reichen. Das klassische Walk & Talk Format wird bereits unabhängig des Heidelberger Modells als Gesprächsführungsmethode im Hochschulkontext eingesetzt und beforscht (Richter, 2023).

„Circular Economy Walk & Talk“ im Bachelor SG Technik-Journalismus / Technik-PR

Das Walk & Talk Format ist in das Modul „Einführung in die Kreislaufwirtschaft“ integriert und dient einerseits als Erkundungsreise des Campusgeländes, um Szenarien für eine Bioabfallsammlung und -verwertung entwickeln zu können. Andererseits wird das Walk & Talk Konzept in Form einer gehenden Projektpräsentation mit anschließender Netzwerkbildung der Themen und Methoden im Außengelände eingebunden. (Weitze, 2024a) Die zwei Walk & Talk Formate wurden durch bewegte Elemente im Lehrveranstaltungsraum ergänzt.

„Mobility Walk & Talk“ im Master SG Urbane Mobilität

Der Audiowalk & Talk im Modul Umwelt und Mobilität greift alle behandelten Emissionen und Umweltauswirkungen von Verkehr entlang einer, von der Lehrperson konzipierten, Laufstrecke auf. In kurzen selbstproduzierten Audiosequenzen wird der Inhalt wiederholt und Beobachtungsaufträge aufgegeben. Nach dem Bearbeiten der unterschiedlichen Stationen besteht die Möglichkeit in der Gruppe die Ergebnisse zu diskutieren und so das Erlernte und Erlebte zu diskutieren. Dieses Walk &

Talk Format wurde durch bewegte Elemente im Lehrveranstaltungsraum ergänzt und somit der Bewegungsaspekt für das Modul etabliert.

4. EVALUATION DER LEHRVERANSTALTUNGEN

Im Rahmen der zwei Lehrveranstaltungen wurden mit jeweils zwei Kohorten anonyme Online-Befragungen via Moodle durchgeführt. Ziel war die Beurteilung der Zufriedenheit der Studierenden mit den bewegten Elementen. Zudem wurde für den Mobility Walk & Talk eine Peer-2-Peer Gruppendiskussion mit beiden Jahrgängen durchgeführt. Ziel hierbei war die Beurteilung der Kurz- und Langzeitwirkung von Elementen der bewegten Hochschullehre.

Ergebnisse „Circular Economy Walk & Talk“

Im Rahmen der Lehrveranstaltung „Einführung in die Kreislaufwirtschaft“ wurden zwei Kohorten mit einer Online-Befragung für ein Feedback eingeladen. Im Sommersemester 2024 nahmen alle 13 Teilnehmenden an der Befragung teil ($n_1=13$). Im Wintersemester 2024/25 haben alle 9 Teilnehmenden an der Befragung teilgenommen ($n_2=9$). Besonderheit des Walk & Talk Formates war die Integration eines Gruppenpuzzles mit Experten- und Gruppenphase. Dies erforderte einen doppelten Standpunktwechsel: im Körper und im Kopf durch die Gruppen- und Expertenrunden.

Die Mehrheit der Studierenden bewertete den Wechsel zwischen Input, Einzel-, Gruppen- und Plenumsarbeit als lernförderlich (vollkommen zutreffend und zutreffend) ($F1n_1=100\%$; $F1n_2=100\%$). Eine Beurteilung der Lernergebnisse fand in diesem Zusammenhang jedoch nicht statt, da es keine

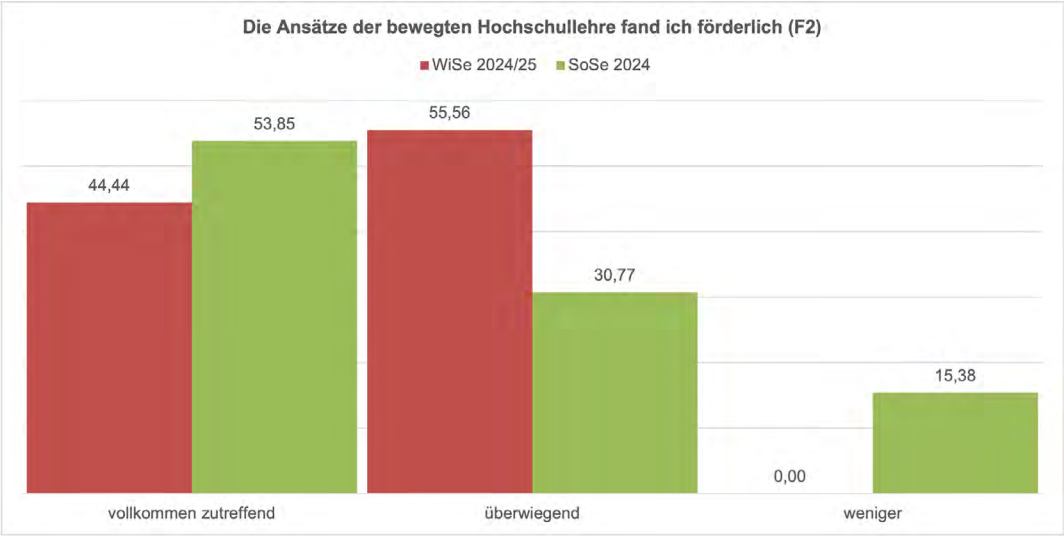


Abb. 1: Vergleich beider Kohorten zum Nutzen des Walk & Talk Formats

Positives Feedback	Impulse zur Verbesserung
„Sehr erfrischend in Bewegung zu sein und währenddessen gemeinsam zu Lösungsansätzen zu kommen	Zeitumfang war zu kurz (n = 3)
Gruppenwechsel beim Format (Experten & Teams) bringt viele Themen und Meinungen ins Gespräch (n = 3)	„Ich bin mir nicht ganz sicher, ob das Format notwendig war, um diese Ergebnisse zu erarbeiten.“
„Das Laufen hat zu mehr Ideen angeregt. Besser als im Klassenzimmer zu sitzen.“	„Das Wetter hätte besser sein können.“
„Die Ideen dann direkt im richtigen Umfeld zu bewerten ist leichter und fördert auch die Kreativität in der Umsetzung.“	

Abb. 2: Qualitatives Feedback zum Circular Economy Walk & Talk (12 Teilnehmende aus 2 Kohorten)

Vergleichsgruppe gab. Auch die Ansätze der bewegten Hochschullehre wurden überwiegend positiv aufgenommen (vollkommen zutreffend und zutreffend) ($F2n_1=85\%$, $F2n_2=100\%$). Abbildung 1 zeigt die Auswertung zur Frage 2 im Vergleich.

Am Circular Economy Walk & Talk haben von der ersten Kohorte 8 Studierende ($F3n_1=8$) und von der zweiten 4 Personen

($F3n_2=4$) teilgenommen. Die Freitextfelder in der Evaluation zum Walk & Talk Format hatten folgende Eintragungen (Abb. 2).

In den Abschlussgesprächen mit den Studierenden wurden die Elemente der bewegten Hochschullehre, insbesondere der Walk & Talk, als förderlich für die Lernmotivation und die aktive Teilnahme am Unterricht bewertet. Durch die

Methodenwechsel auf kognitiver und bewegungsbezogener Ebene (Wellenprinzip) wurden die Lehrveranstaltungen als sehr kurzweilig wahrgenommen.

Ergebnisse „Mobility Walk & Talk“

Der Mobility Walk & Talk im Modul „Umwelt und Mobilität“ stellt einen Audiowalk mit optionalen Gesprächselementen auf einer vorgegebenen Route und festgelegten Beobachtungsaufgaben dar. Er wurde mit zwei Kohorten in einer Online-Befragung im Wintersemester 2024 und 2025 evaluiert. Zudem wurde eine Peer-to-Peer Gruppendiskussion im März 2025 mit beiden Gruppen durchgeführt, um die Kurz- und Langzeitwirkung des Formates zu testen. Im WiSe 2023/24 nahmen 6 der 8 Teilnehmenden an der Befragung teil ($n_1 = 6$). Im Wintersemester 2024/25 haben 9 von 10 Teilnehmenden an der Befragung teilgenommen ($n_2 = 9$). An der Peer-to-Peer Gruppendiskussion nahmen von n_1 5 (83,33 %) und von n_2 4 (44,44 %) Personen teil. Wobei die Gruppendiskussion von einem Teilnehmenden der ersten Kohorte (n_1) durchgeführt und ausschließlich bei n_1 mitgezählt wurde. Die geringe Teilnahme bei der Kohorte 2 ist auf Terminüberschneidungen sowie zwei Vorlesungsabbrüchen zum Ende des Semesters zurückzuführen.

Die Mehrheit der Studierenden bewertete in der Online-Befragung den Wechsel zwischen Input, Einzel-, Gruppen- und Plenumsarbeit als lernförderlich (vollkommen zutreffend) ($FI_{n_1} = 100\%$; $FI_{n_2} = 100\%$). In der Freitextfrage, was methodisch besonders gelungen war, wurde der Mobility Walk & Talk wie folgt bewertet ($n_{\text{Gesamt}} = 15$):

- Praktische Übung mit Beobachtungsbogen war hilfreich
- Selbstständiges Auseinandersetzen mit dem Gelernten und deren Diskussion

- Sehr gut, da er den ganzen Stoff aufgegriffen hat.
- Mobility Walk machte den Stoff anschaulich

In der schriftlichen Befragung wurde in den Evaluierungsfragen kein besonderes Augenmerk auf die bewegte Hochschullehre gelegt. Aus diesem Grund fand eine Gruppendiskussion statt, um Einblicke zu bekommen und gleichzeitig auch die Wirkung hinsichtlich der Merkwirkung beurteilen zu können. In den Gruppendiskussionen ($n_{\text{Gesamt}} = 9$), in denen die Studierenden je nach Jahrgang getrennt befragt wurden, wurden folgende 6 Fragen gestellt:

- An welche Elemente der Bewegten Lehre könnt ihr euch noch erinnern?
- Was war damals euer erster Impuls auf den Mobility Walk (und bewegte Lehre), vielleicht erinnert ihr euch auch noch an einen inneren Monolog?
- Wie habt ihr den Mobility Walk (und bewegte Lehre) empfunden und euch währenddessen gefühlt?
- Was ist bei euch durch den Mobility Walk (und bewegte Lehre) hängen geblieben? Denkt ihr die Bewegung hat geholfen?
- Könnt ihr euch den Mobility Walk (und bewegte Lehre) auch in anderen Vorlesungen vorstellen?
- Habt ihr noch letzte Anmerkungen oder Vorschläge?

Exemplarisch werden im Folgenden (Abb. 3) einige Ergebnisse dargestellt. Eine Detailauswertung mit Codierungsverfahren findet zu einem späteren Zeitpunkt statt.

Die erste Auswertung der qualitativen Gruppendiskussion zeigt, dass es keine wesentlichen Unterschiede in der Bewertung des Mobility Walk & Talks (MWT) und der bewegten Hochschullehre vor, während oder nach der Durchführung gibt. Es zeigt sich, dass die Verbindung aus kognitiver und physischer Bewegung zu einer stärkeren Verankerung des Lerninhaltes führt. Die Kohorte 1 wurde 1 Jahr und zwei Monate nach Abschluss des

Frage	WiSe 2023/24 (n ₁ = 5)	WiSe 2024/25 (n ₂ = 4)
1	• Mobility Walk • Tafelbilder selbst erstellen • Im Stehen diskutieren • Räumliche Positionierung/Standpunkt	• Mobility Walk • Tafelbilder an der Tafel gestalten • Gruppen arbeiten mit Plakaten/diskutieren • Verteilung im Raum/Positionierung • Wiederholung im Stehen
2	• Erste Reaktionen waren gemischt: von neugierig bis skeptisch • Einige erkannten Mehrwert sofort, andere empfanden es als befremdlich und unpassend für Masterstudiengang	• Erste Reaktionen waren gemischt: von Neugier, positiven Erwartungen und Ungewohntheit vom Format und Wetter
3	• Die Stimmung war überwiegend positiv, vielfach sogar begeistert • MWT: als bereichernd, überraschend wirkungsvoll und aktivierend erlebt • MWT wird hohe Wirksamkeit zugeschrieben sowohl auf kognitiver als auch emotionaler Ebene	• MWT wurde emotional durchweg positiv erlebt: als leicht, motivierend, aktivierend und angenehm anders • Geschätzt: Mischung aus Selbstständigkeit, Bewegung und gemeinsamer Erfahrung, die klassische Frontalformate nicht bieten
4	• MWT: wird als prägnante, einprägsame und lernfördernde Methode wahrgenommen. • MWT: Die körperliche Bewegung sowie das Verlassen des klassischen Vorlesungsformats haben zu einer intensiveren Auseinandersetzung mit dem Thema geführt – insbesondere durch die sensibilisierte Wahrnehmung von Umweltfaktoren. • Die methodische Abwechslung sorgt für höhere Aufmerksamkeit, bessere Erinnerbarkeit und eine emotionale Verankerung des Gelernten.	• MWT: hat durch die Verbindung von Bewegung, Beobachtung und aktiver Auseinandersetzung eine hohe Lernwirksamkeit entfaltet. • Die Inhalte wurden konkreter, greifbarer und emotionaler verankert als in klassischen Formaten. • Die Bewegung förderte Konzentration, Motivation und Beteiligung, wodurch das Gelernte besser im Gedächtnis blieb. • Bewegung half deutlich dabei, Inhalte zu verinnerlichen – Lernen wurde aktiver, bewusster und nachhaltiger erlebt.
5	• bewegte Lehre und MWT werden positiv aufgenommen, wenn sie Theorie und Realität verbinden. • Methoden fördern das Engagement und die Lernmotivation, besonders in kleineren Gruppen • Einschränkungen Anwendbarkeit: stark theoretische Fächer, große Gruppen, unpassende Räume	• MWT in praxisorientierten Fächern, um Theorie mit Praxis zu verknüpfen • Detailanalyse der Fächer, um den MWT gezielt und effektiv einzusetzen • Einschränkung: Für sehr theoretische Fächer erscheint eine Umsetzung jedoch weniger sinnvoll.
6	• Nicht in der Anwendung übertreiben, da sonst Abwehrhaltung, da keine klassischen Vorlesungsformate • Überladung mit Methoden & Bewegung vermeiden	• Positive Rückmeldungen, da eine Abwechslung zu anderen Vorlesungen • MWT nicht zu häufig, da sonst Reiz verliert • Methoden sollen beibehalten werden • Gefahr Überladung Methoden & Bewegung

Abb. 3: Qualitatives Feedback zum Mobility Walk & Talk (MWT) & bewegten Elementen

Moduls befragt. Die Kohorte 2 zwei Monate nach Abschluss des Moduls. Es sind keine Unterschiede in der Erinnerung zu erkennen. Die Reflexionen konnten in beiden Diskussionen fast ohne Erinnerungsstützen des Interviewenden durchgeführt werden. Die Reflexion zum Format zeigt zudem die mehrheitlich positive Einschätzung der Studierenden hinsichtlich der Lehr- und Lernaktivität auf.

Die Evaluation der beiden Lehrveranstaltungen über zwei Jahrgänge verdeutlicht die Chance, bewegte Hochschullehre nicht nur als Bewegungsaktivierung zu sehen. Sie zeigt auf, dass positive kognitive Lernerfolge und ein längeres Merken möglich sind. Ein Jahr später konnten sich Studierende an Inhalte des Mobility Walk & Talks erinnern. Die Limitierung der Studie ist in jedem Fall in den geringen Fallzahlen in dem Studiengang zu sehen. In jedem Fall sollten weitere Untersuchungen mit größeren Kohorten durchgeführt werden, um valide Aussagen zu machen. Zudem sind in zusätzlichen Untersuchungen der Einfluss der Langfristigkeit des Lernfortschritts sowie die Wirkung auf das Erreichen der Lernziele zu betrachten. Dies wurde durch die qualitative Befragung zweier Kohorten begonnen, bedarf jedoch für eine systematische Auswertung Pre- und Posttest sowie eine Teilung der Studierendengruppe. In einem nächsten Schritt werden die Gruppeninterviews codiert und systematisch ausgewertet.

5. FAZIT

Die bewegte Hochschullehre nach dem Heidelberger Modell lässt sich in MINT Lehrkontexte gut integrieren und verhindert somit sitzende und haltungsgleiche Situationen in Lehrveranstaltungen. Einzelne Haltungswechsel sowie die Integration von einem Audiowalk & Talk Format wurde an zwei Modulen der Technischen Hochschule Nürnberg getestet und evaluiert.

Viele positive Effekte wurden durch die Studierenden während und nach den Veranstaltungen benannt. In der Evaluierung hat sich jedoch gezeigt, dass es eine gute Einführung der Formate braucht, welche den Mehrwert klar erläutern. Zudem ist eine regelmäßige Wiederholung von bewegten Elementen erforderlich, um die Vorteile erfahren zu können und erste Widerstände durch den Gewöhnungseffekt zu überstrahlen. Dies erfordert ein konsequentes Anbieten der dozierenden Person.

Die Vielfältigkeit des Walk & Talk als synchrones, asynchrones oder hybrides Format, lässt sich durch eine Audiofileproduktion oder Nutzung von Podcasts gut in jede Art von Lehrveranstaltung integrieren. Mit oder ohne MINT Kontext. Zudem lassen sich bewegte Konsultationen telefonisch oder bei einem Spaziergang durchführen. Es kann auch als inhaltsvermittelndes oder exkursionsgeleitendes Walk Format genutzt werden. Hierbei findet der Talk Anteil als Selbstreflexion oder im Anschluss in der gemeinsamen Lehrveranstaltung statt. Didaktisch lässt sich somit das Walk & Talk Format als Think-Pair-Share Methodik beliebig kombinieren und durch digitale Formate wie Audios, begleitende Whiteboards und digitale Schnitzeljagden erweitern. Weitere Elemente der bewegten Hochschullehre sind in die Vermittlung von MINT-Inhalten integrierbar und lockern die Lehrveranstaltung durch einen inhaltlichen und bewegungsorientierten Methodenwechsel auf.

Literatur

Al-Kharabsheh, D., Geese, A. & Müller, R. (2022). MINT-Begeisterung wecken, fördern und halten – zwei Beispiele für außerschulische Lernangebote. Didaktik der Physik (S. 525-526). <https://ojs.dpg-physik.de/index.php/phydid-b/article/view/1235/1454>

Braun, A. K. & Scheich, H. (2020). Lernen in der Kindheit optimiert das Gehirn. In Herrmann, U. (Hrsg.), Neurodidaktik. Grundlagen für eine Neuropsychologie des Lernens (3. Auflage, S. 48-66). Beltz.

König, G., Parthey, J. & Kroke, A. (2015). Bewegungspausen in der Hochschullehre: Evaluationsergebnisse des Pilotprojektes „FiduS – Fit durchs Studium an der Hochschule Fulda. In Göring, A. & Möllenbeck, D. (Hrsg.) Bewegungsorientierte Gesundheitsförderung an Hochschulen (Band 3, S.273-287). <https://library.oapen.org/bitstream/handle/20.500.12657/37260/1/hochschul-sport3.pdf#page=279>

Möckel, J., Wallmann-Sperlich, B., Rupp, R. & Bucksch, J. (2024). Bewegungsaktivierung und Sitzreduzierung im Hochschulalltag. Public Health Forum (Band 32 (2), S. 131-135). <https://www.degruyterbrill.com/document/doi/10.1515/pub-hef-2024-0027/html>

Richter, S. (2023). Ressourcenorientierte und prospektive Gesprächsführung in Hochschulen. Das Projekt „Peer Walk & Talk“. In Beratung in Hochschule und Erwachsenenbildung (Ausgabe 4, S. 54-61). <https://doi.org/10.3278/HBV2304W006>

Rupp, R., Dold, C. & Bucksch, J. (2020). Bewegte Hochschullehre. Einführung in das Heidelberger Modell der bewegten Lehre. Essentials, Springer.

Rupp, R. (2022). Online-Seminare bewegt gestalten. Mit Schwung durch den Online-Marathon. Essentials, Springer.

Scheuenstuhl, K., Elm, J. & Rosenhänger, N. (Hrsg.) (2023). Handbuch zur bewegten Lehre. <https://www.fau-gesund.fau.de/bewegte-lehre/handbuch-der-bewegten-lehre/>

Weitze, L. (2024a). Walk the Talk: Kreislaufwirtschaft interdisziplinär erlebbar machen. Vortrag auf der Tagung Interdisziplinäre Bildung für nachhaltige Entwicklung (I-BNE) am 13.06.2024 in Nürnberg.

Weitze, L. (2024b). Analoge Wege digital gehen – Walk & Talk als (a)synchrones Lehrformat. Conference Walk & Talk auf eTeach-Thüringen Jahrestagung am 04.11.2024 in Jena. <https://voca.ro/15QYlhNslqsH>

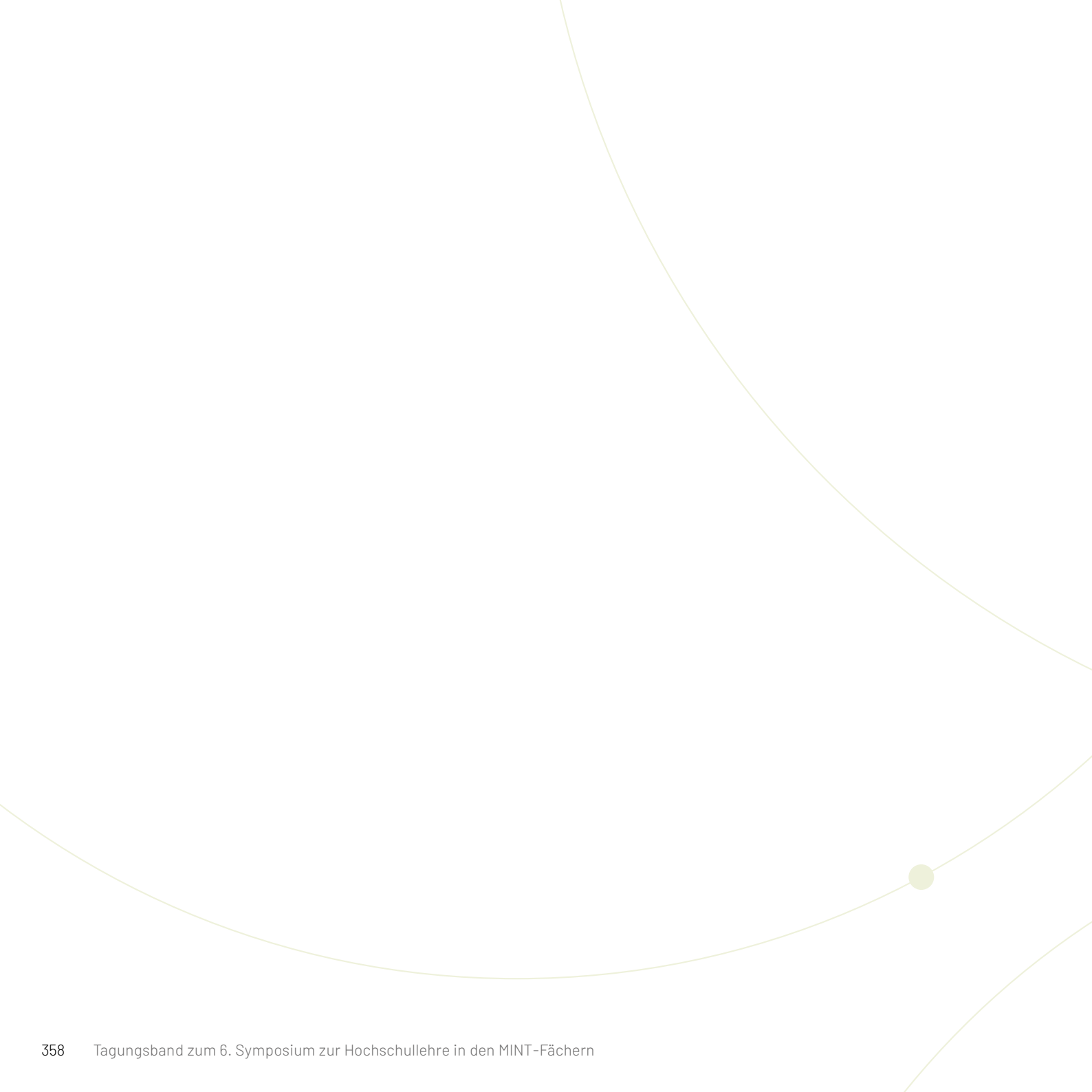
Angaben zur Autorin und zum Autor

Prof. Dr. Laura Weitze

Studium der Umweltingenieurwissenschaft an der Bauhaus-Universität Weimar mit anschließender Promotion. Stationen als Wissenschaftlerin in Forschungsinstituten und als Lehrberaterin in der Universitätsentwicklung. Seit 2023 Professorin für Technikkommunikation an der TH Nürnberg. Die Forschungsprofessorin lehrt und forscht in den Bereichen Wissenschaft- und Technikkommunikation, Wissenstransfer und MINT-Didaktik.

Julius Grünberg, B.Eng.

Bachelorstudium der Mechatronik an der Technischen Hochschule Ingolstadt mit anschließenden Stationen in der Wirtschaft. Seit 2023 Masterstudium Urbane Mobilität an der Technischen Hochschule Nürnberg. Interesse für Didaktik und Lernmethoden Wissenschaftsmanagement.



PROJEKTE –
LEHRLABOR³ UND BAYERNMINT –
evaluiert. vernetzt. implementiert.

BAYERN MINT

Im folgenden Kapitel stellen wir Ihnen sechs Projekte vor, die im Rahmen der aktuellen BayernMINT-Förderlinie (Laufzeit 2023/2024) durch das Bayerische Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst gemeinsam mit der vbw – Vereinigung der Bayerischen Wirtschaft e. V. sowie den bayerischen Metall- und Elektro-Arbeitgeberverbänden bayme vbm gefördert wurden. Ziel der Förderlinie war es, Projekte und Maßnahmen zur Stärkung der MINT-Lehre an bayerischen Hochschulen für angewandte Wissenschaften zu unterstützen – von didaktischen Tools über neue Raumkonzepte bis hin zu gezielten Formaten zur Förderung des Studieneinstiegs. Die Umsetzung des Programms wurde durch das Bayerische Zentrum für Innovative Lehre (BayZiel) nicht nur administrativ begleitet, sondern auch inhaltlich mitgestaltet.

Aufbauend auf den Erfahrungen aus Vorgängerprogrammen – darunter Wege zu mehr MINT-Absolventen (2008–2011), Best-MINT (2012–2015), MINTerAKTIV (2016–2019) sowie BayernMINT – kompetent. vernetzt. erfolgreich (2019–2022) – verfolgte die aktuelle Förderlinie unter dem Titel BayernMINT – evaluiert. vernetzt. implementiert. einen klaren Transfergedanken: Statt neue Konzepte zu entwickeln, stand die Übertragung bewährter und evaluerter lehrbezogener Innovationen in neue Kontexte im Zentrum. Ziel war es, den Studienerfolg insbesondere in der Studieneingangsphase zu stärken, erfolgreiche Maßnahmen in die Breite zu tragen und Synergien zwischen unterschiedlichen Ansätzen sichtbar zu machen. Denn Innovation in der Hochschullehre bedeutet nicht zwangsläufig Neuentwicklung. Vielmehr geht es darum, erprobte Maßnahmen, die sich andernorts bereits als wirksam zeigten, weiterzuentwickeln, an

neue Bedingungen anzupassen und strukturell zu verankern. Um diesen Prozess zu unterstützen, entwickelte BayZiel das Format „Drei-Tage-Zeit“: In einem intensiven Retreat erhielten Antragstellende fundiertes Feedback durch hochschul- und fachdidaktische Experten und Expertinnen, um Projektziele zu schärfen, Maßnahmen zu konkretisieren und tragfähige Evaluationskonzepte zu erarbeiten. Das Format wurde im Rahmen von BayernMINT erstmals pilotiert, hat sich bewährt und wird inzwischen von BayZiel auch für andere Förderlinien angeboten.

Die Auswahl der Projekte erfolgte durch eine unabhängige Fachjury. In der Umsetzungsphase wurde jedes Vorhaben durch ein Patensystem am BayZiel professionell begleitet. Die BayZiel-Paten unterstützten als kritische Sparringspartner, moderierten Workshops, gaben methodische Impulse und trugen durch kollaborative Strukturen zur qualitativen Weiterentwicklung bei. Ein besonderes Augenmerk lag darauf, die Projektergebnisse über die eigene Hochschule hinaus sichtbar zu machen: Alle Projekte präsentieren ihre Erfahrungen im Rahmen des MINT Symposiums 2025 – sowohl in Workshops als auch mit einem Beitrag in diesem Tagungsband.

Die thematische Bandbreite der geförderten Projekte ist groß. So entwickelt die Hochschule Coburg mit conceptm.app eine Webanwendung, die mathematisch-naturwissenschaftliche Inhalte in Form interaktiver Concept-Maps strukturiert visualisiert und neue Wege der Darstellung komplexer Zusammenhänge eröffnet. An der TH Nürnberg werden im Projekt WISE-TECH Studierende zu Technik-Coaches ausgebildet, die

praxisnahe Workshops an Schulen durchführen, um frühzeitig Begeisterung für Technik zu wecken. Die OTH Regensburg verfolgt mit EMME4Public einen innovativen didaktischen Ansatz: Eye-Tracking-Videos zeigen das visuelle Problemlösungsverhalten von Experten und Expertinnen und machen Prinzipien guter Mensch-Maschine-Interaktion für Lernende nachvollziehbar. Mit MINTzE international überträgt die TH Aschaffenburg bestehende Maßnahmen zur Studierenerfolgsförderung auf die Zielgruppe internationaler Studierender und begleitet den Studienstart mit maßgeschneiderten Unterstützungsangeboten. Ein weiteres Projekt an der OTH Regensburg widmet sich der Gestaltung aktiver Lernräume: Ein denkmalgeschützter Hörsaal wurde im Rahmen von SCALE-UP zu einer studierendenzentrierten Umgebung mit Mathe-Werkstatt und Code Clinic umgebaut.

Ergänzt wird das Kapitel durch einen Beitrag zum Lehlabor³, das 2024 in einer zweiten Programmrunde mit MINT-Schwerpunkt durch das Forschungs- und Innovationslabor Digitale Lehre (FIDL) Nürnberg durchgeführt wird. Die dort gemachten Erfahrungen, Formate und Erkenntnisse runden das Spektrum dieses Kapitels ab.

Dass das MINT Symposium 2025 erstmals auch als Abschlussveranstaltung für BayernMINT fungiert, zeigt die enge Verzahnung zwischen Projektförderung, Fachdiskurs und gemeinschaftlicher Weiterentwicklung von Lehre. Wir freuen uns über die Präsentationen und Beiträge der geförderten Teams und auf den kollegialen Austausch.

LEHRENTWICKLUNG IN DEN MINT-FÄCHERN: ERFOLGSFAKTOREN DES PROGRAMMS LEHRLABOR³

Benjamin Zinger
Technische Hochschule Nürnberg Georg-Simon-Ohm

ZUSAMMENFASSUNG

In diesem Artikel werden Erfolgsfaktoren des Programms Lehrlabor³ vorgestellt. Lehrlabor³ ist ein teambasiertes Lehrentwicklungsprogramm mit einer Laufzeit von acht Monaten, welches vom Forschungs- und Innovationslabor Digitale Lehre (FIDL) entwickelt und in Kooperation mit dem Bayerischen Zentrum für Innovative Lehre (BayZiel) durchgeführt wurde. In den ersten beiden Programmdurchläufen im Jahr 2023 und 2024 haben elf Hochschulteams mit hohem Engagement ihre Lehre weiterentwickelt. Die Ableitung von Erfolgsfaktoren soll dazu anregen, wirkungsvolle Strukturen für die Weiterentwicklung des hochschulischen Lehrens und Lernens zu schaffen – sowohl auf persönlicher wie auf institutioneller Ebene. Beantwortet wird damit die Frage, wie ein motivierendes Umfeld geschaffen werden kann, damit Lehrende gemeinsam mit Studierenden und weiteren Hochschulakteur:innen ihre Lehre kontinuierlich und engagiert weiterentwickeln können.

Keywords: Hochschulbildung, Lehrentwicklung, Vernetzung, SoTL, Empamos

1. DIE FEHLERSUCHE – ODER WARUM ES SCHMIERMITTEL FÜR DIE LEHRENTWICKLUNG BRAUCHT

Bevor der Aufbau des Lehrentwicklungsprogramms Lehrlabor³ erläutert wird, sollen zunächst die Probleme skizziert werden, auf die mit der Konzeption und Initiierung des Programms reagiert werden sollte.

Das Engagement, die eigene Lehre weiterzuentwickeln, kann sich – so die Grundannahme – nur begrenzt entfalten, da hierfür die Rahmenbindungen nicht motivierend sind. Bildlich gesprochen „hakt“ es an bestimmten Stellen. Sobald diese Hemmnisse erkannt sind, kann mit gezielten Maßnahmen reagiert werden, die dann wie Schmiermittel wirken. Sie schaffen ein förderliches Umfeld, in dem sich Engagement besser entfalten kann. Um die verwendete Metapher weiter zu verdeutlichen: Ohne Schmiermittel tritt sich eine Fahrradkette schwer oder springt sogar ab. Ohne Motorenöl überhitzt der Motor und geht kaputt. Der richtige Schmierstoff sorgt letztlich dafür, dass man langfristig und leichter vorankommt.

Die Initiator:innen des Programms haben im Zuge ihrer Fehlersuche¹ zu der Frage, warum Lehrentwicklung an Hochschulen nicht reibungslos läuft, drei Schwachstellen identifiziert, auf die das Programm Lehrlabor³ reagiert:

¹ Diese Fehlersuche erfolgt in der Auseinandersetzung mit den Folgen der Corona-Pandemie auf die Hochschullehre (Zinger et al., 2021; Zinger, 2022) und mit methodischen Möglichkeiten, neue Perspektiven auf das hochschulische Lehren und Lernen einzunehmen (Zinger & Bröker, 2020; Bröker et al., 2021; Voit et al., 2022).

Mangelnde Rahmung für die Umsetzung von Lehrentwicklungsideen

Die Weiterentwicklung der Lehre bedeutet, sich persönlich mit dem Thema Lehre auseinanderzusetzen – sich also auf einen Lernprozess einzulassen. Lernen kann nicht erzwungen, sondern lediglich ermöglicht und angeregt werden (Holzkamp, 1993; Arnold, 2007). Hochschuldidaktische Workshops oder studentische Evaluationen können solche Anregungen bieten. Doch diese laufen ins Leere, wenn es keine Zeit und keinen Raum gibt, um diese Anregungen umzusetzen. Das Problem liegt also weniger in einem Mangel an wirksamen Lehransätzen – vielmehr fehlt es an systematischen Austausch-, Begleit- und Transferstrukturen.

Mangelnde methodische Begleitung und Sprachbasis

Lehrentwicklung ist kein singuläres Ereignis, sondern ein vielseitiger Prozess, der von der Identifikation von Lernzielen über die Generierung von Verbesserungsideen bis hin zur Erprobung eines neuen Lehransatzes führt. Ohne eine methodisch fundierte Begleitung, fehlt es jedoch an zielgerichteter Struktur und Reflexion, sodass das Potenzial der Entwicklungsarbeit nicht ausgeschöpft wird. Zudem ist der Lehrinhalt – also das Fachwissen der Lehrperson – nur ein Aspekt im Lehrentwicklungsprozess. Vielmehr geht es um hochschuldidaktische Expertise und um Verständnisprobleme der Studierenden. Idealerweise sollten deshalb unterschiedliche Akteursgruppen – Lehrende, Didaktiker:innen und Studierende – gemeinsam an der Weiterentwicklung der Lehre arbeiten (Tosic & Lilienthal, 2022). Folgt man der Idee von Lehrentwicklung als ein rollen- und disziplinübergreifendes Unterfangen, stößt man auf die Hürde, eine gemeinsame Sprachbasis zu schaffen (Bröker et al., 2025).

Mangelnde Sichtbarkeit und Transfer von Lehrentwicklungen

Im Vergleich zur Forschung hat die Lehre an Hochschulen einen untergeordneten Stellenwert. Dies liegt unter anderem daran, dass wissenschaftliche Karrieren und Reputation hauptsächlich auf Forschungserfolgen und Publikationen basieren. Diesem Umstand ist nur schwerlich entgegenzuwirken, da es an Formaten mangelt, die einen forschenden Zugang zur eigenen Lehre – im Sinne des Scholarship of Teaching and Learning (Huber, 2018; Vöing et al., 2022; Bohndick et al., 2025) – unterstützen und Ergebnisse der Lehrentwicklungen zum Beispiel in Form von Präsentationen und Publikationen veröffentlicht werden können. Ohne solche Angebote bleibt die Sichtbarkeit von Lehrentwicklungen begrenzt und es findet kein Wissenstransfer statt.

Ausgehend von dieser Problemlage werden in einem ersten Schritt, die Kernelemente des Programms Lehlabor³ skizziert, um in einem zweiten Schritt drei zentrale Erfolgsfaktoren abzuleiten, die – im Sinne von Schmiermitteln – dazu dienen sollen, Lehrentwicklungsprozesse an Hochschulen möglichst reibungsarm in Gang zu bringen.

2. DER LÖSUNGSANSATZ – WIE EIN PROGRAMM ZUM MOTOR FÜR LEHRENTWICKLUNG WIRD

Bezugnehmend auf den Grundgedanken des Wissenschaftsrates, Austauschstrukturen zu schaffen, um regelmäßig und gemeinschaftlich über Fragen des Lehrens und Lernens zu reflektieren (Wissenschaftsrat, 2022, S. 43), wurde das Lehlabor³ im Jahr 2023 ins Leben gerufen. Es handelt sich dabei um ein rollen-, fach- und hochschulübergreifendes Programm zur co-kreativen Lehrentwicklung in der Hochschulbildung. Folgende drei Kernelemente zeichnen das Programm aus.



Abb. 1: Das Herzstück des Programms: Die rollenübergreifenden Lehrprojektteams. Abgebildet sind die Teams der TH Aschaffenburg, Hochschule München, Hochschule Hof und Hochschule Coburg (von links nach rechts)

Lehrentwicklung in Kleinteams als Herzstück des Programms Lehlabor³

An den zwei Programmdurchläufen, die bislang durchgeführt wurden, haben elf Lehrprojektteams von insgesamt acht Hochschulen teilgenommen (siehe Tab. 1). Die rollenübergreifenden Teams bestehen aus drei Personen (siehe Abb. 1). Jedes Team setzt sich aus einer oder einem Professor:in, Mitarbeiter:in und Student:in zusammen. Voraussetzung zur Teilnahme am Programm, war die Bewerbung in Form eines kurzen Motivations-schreibens.

Präsenztreffen und eine „Krealyse“ als treibende Kraft für die Umsetzung

Der zeitliche Ablauf des Programms ist über vier zwei- bis dreitägige Präsenztreffen strukturiert, die im Abstand von etwa zwei Monaten stattfinden. Neben der Zeit für die Bearbeitung der Lehrentwicklungsprojekte werden im Rahmen der Treffen inhaltliche und methodische Impulse gegeben und der teamübergreifende Austausch gefördert. Die Präsenztreffen finden rotierend an den Hochschulstandorten der beteiligten Teams statt, was zusätzliche Einblicke in den Arbeitsalltag und in die Besonderheiten der Standorte ermöglicht.

Für die Bearbeitung der Lehrentwicklungsprojekte lernen die Teams eine aus dem Forschungsprojekt „Empirische Analyse motivierender Spielelemente“ (EMPAMOS) heraus entwickelte Methodik kennen. Das Theoriefundament basiert auf der Analyse von rund 8.300 eingescannter Spielanleitungen von Gesellschaftsspielen (Voit et al., 2020; Voit, 2025) und den

motivationalen Bedürfnissen der Selbstbestimmungstheorie nach Deci und Ryan (1993; 2009). Ähnlich wie Elemente des Periodensystems wurden die Grundbausteine von Spielen in Form von bislang 97 sogenannter Spieldesign-Elemente identifiziert. Diese Spieldesign-Elemente werden genutzt, um motivierende und demotivierende Strukturen – auch in spielfremden Kontexten – zu erkennen und zu beschreiben. Mit EMPAMOS kann also auch eine Lehrveranstaltung als ein „kaputtes“ oder besonders gutes – also motivierend wirkendes – Spiel betrachtet werden. EMPAMOS liefert damit eine intuitiv verständliche Mustersprache um Schwierigkeiten (sogenannte Misfits) zu erkennen und motivierende Lösungsansätze (in Form von Spieldesign-Elementen und -netzwerken) zu entwickeln. Im Fokus steht also eine systematische Analyse und kreative Ideenentwicklung, – kurz gesagt – eine „Krealyse“ (siehe Abb. 2).

Wissenstransfer als eine Frage der Haltung etablieren

Weitere Elemente des Programms sind die gemeinsame Ausrichtung einer abschließenden Fachtagung (Community-Event) sowie die Publikation der Ergebnisse der Lehrentwicklungsprojekte (Zinger et al., 2023; Zinger et al., 2025). Diese Programmbestandteile führen nicht nur zu einer ausgeprägten Ergebnisorientierung, sondern stärken auch eine Haltung, die darin besteht, den Erkenntnisprozess mit anderen zu teilen. Die Abschlusstagung des Programms wird zusammen mit allen beteiligten Hochschulteams organisiert – so wird beispielsweise gemeinsam der Ablauf und das Zielpublikum bestimmt. Die etwa fünfstündige Tagung ist in ein zweitägiges Präsenztreffen



© Kolboom/Poesse

Abb. 2: Die treibende Kraft im Programmablauf: Präsenztreffen und die methodische Begleitung über die „Krealyse“ von EMPAMOS

Förderlaufzeiten	Mai 2022 – April 2023 & November 2023 – Dezember 2024
Förderprogramme	«New Normal» & «BayernMINT – evaluiert, vernetzt, implementiert»
Fördergeber	• Bayerisches Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst (StMWK) • Vereinigung der bayerischen Wirtschaft (vbw)
Umsetzende Institutionen	• Forschungs- & Innovationslabor Digitale Lehre (FIDL) • Bayerisches Zentrum für Innovative Lehre (BayZiel) • Technische Hochschule Nürnberg (TH Nürnberg)
Lehrentwicklungen der Projektteams	• SPIEL – Software-Programmierung intensiv erleben und lernen TH Aschaffenburg / Ingenieurwissenschaften und Informatik • User Experience für Studierende sichtbar machen TH Aschaffenburg / Wirtschaft und Recht • Physikalisch-mathematischer Concept Maps in die Hochschullehre Hochschule Coburg / Angewandte Naturwissenschaften und Gesundheit • KADalyzer – mehr Begeisterung für Chemie Hochschule Hof / Ingenieurwissenschaften • Interdisziplinäres Arbeiten für nachhaltige Entwicklung Hochschule Landshut / Elektrotechnik und Wirtschaftsingenieurwesen • Beteiligung an praktischen freiwilligen Lehrveranstaltungen erhöhen Hochschule München / Naturwissenschaften und Mechatronik • SCALE-UP und Peer-Teaching in den medizinischen Grundlagen Hochschule München / Naturwissenschaften und Mechatronik • Weiterentwicklung eines Digital Labs für Studierende TH Nürnberg / Design • Interdisziplinäres Modul «Energiesysteme in der Transformation» TH Nürnberg / Mathematik, Physik und Allgemeinwissenschaften • Generative KI und Mathematik in der Hochschullehre TH Rosenheim / Angewandte Natur- und Geisteswissenschaften • 21st Century Skills spielerisch vermitteln TH Würzburg-Schweinfurt / Wirtschaftsingenieurwesen

Tab. 1: Eckdaten des Programms Lehlabor³ und die bisherigen elf Lehrentwicklungsprojekte



Abb. 3: Wissen teilen als Grundhaltung des Programms: Wissenstransfer über eine Abschlusstagung, Publikation und den Einbezug der Leitungsebene

eingebettet, so das ausreichend Zeit für die Vorbereitung des Tagungssettings (z. B. Räumlichkeiten und Infostände) und für die Auswertung der Tagung und des Gesamtprogramms gegeben ist (siehe Abb. 3). Während der Programmlaufzeit wird darauf Wert gelegt, die Leitungsebenen an den Hochschulen einzubeziehen. Die zuständigen Vizepräsident:innen werden beispielsweise beim Bewerbungsaufzur zum Programm beteiligt und zur Abschlusstagung eingeladen. Dieser Einbezug führt dazu, dass an vielem beteiligten Hochschulen über die Lehrprojekte und das Programm berichtet sowie Ergebnisse und Erfahrungen weitergegeben werden.

Nachdem die Kernelemente des Programms – die Hochschulteams, die Struktur und Methodik sowie die Bedeutung des Wissenstransfers – vorgestellt wurden, werden basierend auf den gesammelten Erfahrungen bei der Programmumsetzung, zentrale Orientierungspunkte abgeleitet, die bei der Begleitung von Lehrentwicklungen beachtet werden sollten.

3. DIE ERFOLGSFAKTOREN – EIN KOMPASS FÜR DIE LEHRENTWICKLUNG

Das abschließende Kapitel widmet sich der Ableitung zentraler Erfolgsfaktoren des Programms Lehrlabor³. Diese Faktoren dienen einerseits der Abstraktion und Ergänzung der beschriebenen Programmelemente und andererseits liefern sie Lösungsansätze für die im ersten Kapitel benannten Hürden. Sie sind so beschrieben, dass sie übertragbar und anpassbar für andere Lehrentwicklungsprogramme sind. Die Faktoren sind nicht als starre Vorgaben, sondern als Orientierungspunkte für die Weiterentwicklung der Lehre zu verstehen. Das passende Bild dazu ist ein Kompass, weniger ein Fahrplan. Der Kompass fungiert als Metapher für die gesammelten Erkenntnisse, die eine Richtung aufzeigen, aber keinen konkreten Weg festlegen.

Die folgenden Zitate von Programmbeteiligten verdeutlichen exemplarisch, wie diese Faktoren subjektiv wahrgenommen wurden.²

² Eine detailliertere Auswertung des Programms auf Basis von Gruppendiskussionen mit den teilnehmenden Akteursgruppen ist im Artikel „Co-kreative Lehrentwicklung. Neue Wege in der Hochschulbildung“ (Zinger et al., 2025) zu finden.

„Mir ging es vor allen Dingen um eine Horizonterweiterung, also in alle Richtungen. Nicht nur die Perspektive der Studierenden, auch Didaktiker, aber auch alle Hochschulen und andere Fachgebiete.“

(teilnehmende:r Professor:in)

Erfolgsfaktor Vernetzung: Lehrentwicklung als kooperativen Prozess gestalten

Im Lehlabor³ arbeiten Lehrende, Studierende und Mitarbeitende aus dem Bereich Hochschuldidaktik zusammen und tauschen sich disziplin- und hochschulübergreifend aus. Ziel ist die teambasierte Entwicklung und Umsetzung von Lehrentwicklungsprojekten. Der Austausch erfolgt auf Augenhöhe und fördert eine ko-konstruktive Zusammenarbeit, bei der die Perspektiven und Ideen der Studierenden systematisch eingebunden werden. So entsteht ein Entwicklungsprozess, der bestehende Rollenverständnisse erweitert und die Lehrqualität langfristig stärkt.

„Die Methodik EMPAMOS] habe ich so angenehm empfunden, weil es so unerschwerlich uns eigentlich getragen hat, aber uns eigentlich nie in irgendeine Zwangsjacke gedrängt hat.“

(teilnehmende:r Professor:in)

Erfolgsfaktor Ideengenerierung: Spielbasierte Reflexion mit dem EMPAMOS-Ansatz

Im Lehlabor³ nutzen die Teilnehmenden die aus dem Projekt EMPAMOS gewonnenen Erkenntnisse zur strukturierten Analyse und Weiterentwicklung ihrer Lehrprojekte. Im Rahmen der Präsenztreffen wird die EMPAMOS-Methodik eingeführt und die Umsetzung begleitet. Die spielbasierte „Krealyse“ unterstützt einen kreativen Perspektivwechsel und fördert den hierarchiearmen Austausch in den heterogenen Teams. So entstehen projektspezifische Lösungsansätze für eine motivierende Gestaltung von Lehr-Lernprozessen.

„Es wäre schön, wenn das neu gewonnene Netzwerk besteht, um Wissen kontinuierlich auszutauschen.“

(teilnehmende:r Student:in)

Erfolgsfaktor Wissenstransfer: Verknüpfung von Lehrentwicklung und Lehrforschung

Das Lehlabor³ fördert die Sichtbarkeit und den Wissenstransfer von Lehrentwicklungen durch den systematischen Austausch, die Reflexion und Publikation der Ergebnisse. Basierend auf dem Konzept des Scholarship of Teaching and Learning (SoTL) bearbeiten Lehrende, Studierende und Mitarbeitende gemeinsam wissenschaftlich ihre Lehrpraxis. Ziel ist es, Erkenntnisse einer Fachöffentlichkeit zugänglich zu machen und den Erfahrungsaustausch zu stärken. Dazu wird unter anderem eine Abschlussveranstaltung organisiert und das Programm an die Leitungsebenen sowie lehrbezogene Einrichtungen der beteiligten Hochschulen angebunden.

Alle drei Faktoren zielen darauf ab, die Lehre gemeinsam zu gestalten und weiterzuentwickeln. Das Ziel besteht darin, das Potenzial der Gruppe zu nutzen und unterschiedliche Kompetenzen zusammenzubringen: Dazu gehören Lehrende mit ihren Lehrerfahrungen, Mitarbeitende mit ihrer hochschuldidaktischen Expertise sowie Studierende mit ihren Einschätzungen zu Verständnis- und Motivationshürden. Im Fokus stehen Kooperation und Kreativität. Es wird antidisziplinär zusammengearbeitet, damit verschiedene Perspektiven eingebracht und Innovation entstehen kann. Das Format Lehlabor³ kann wie ein gut geölter Motor für teambasierte Lehrentwicklungen an Hochschulen funktionieren. Die vorgestellten Erfolgsfaktoren des Formats – Vernetzung, Ideengenerierung und Wissenstransfer – können dabei als Kompass dienen, um motivierende Rahmenbedingungen für die Weiterentwicklung der Lehre zu schaffen.

Literatur

Arnold, R. (2012). Ich lerne, also bin ich. Eine systemisch-konstruktivistische Didaktik. Carl-Auer Verlag

Bohndick, C., Kordts, R., Leschke, J., & Vöing, N. (2025). Zu einem komplexen Verhältnis. In: C. Bohndick, R. Kordts, J. Leschke & N. Vöing, N. (Hrsg.) *Scholarship of Teaching and Learning und disziplinäre Forschung: Eine komplexe Beziehung* (241–253). Springer VS. https://doi.org/10.1007/978-3-658-47908-4_25

Bröker, T., Zinger, B., & Wester, A. (2025). Überwinden von Sprachbarrieren mit EMPAMOS. In B. Zinger, A. Wester & T. Bröker (Hrsg.) *Hochschulbildung und Spiel. Lernen motivierend gestalten* (37–52). transcript. <https://doi.org/10.14361/9783839473740-004>

Bröker, T., Voit, T., & Zinger, B. (2021). Gaming the System: Neue Perspektiven auf das Lernen. In Hochschulforum Digitalisierung (Hrsg.) *Digitalisierung in Studium und Lehre gemeinsam gestalten. Innovative Formate, Strategien und Netzwerke*. Springer VS. https://doi.org/10.1007/978-3-658-32849-8_28

Deci, E. & Ryan, R. (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. *Zeitschrift für Pädagogik*, 39(2), 223–238. <https://doi.org/10.25656/01:11173>

Deci, E., & Ryan, R. (2009). The „what“ and „why“ of goal pursuits: Human needs and the self-determination of behavior. *Psychological Inquiry*, 11(4), 227–268. http://dx.doi.org/10.1207/S15327965PLI1104_01

Holzkamp, K. (1993). Lernen. Subjektwissenschaftliche Grundlegung. Campus Verlag.

Huber, L. (2018). SoTL weiterdenken. Zur Situation und Entwicklung des Scholarship of Teaching and Learning (SoTL) an deutschen Hochschulen. *Das Hochschulwesen*, 1(2), 33–41.

Tosic, J., & Lilienthal, J. (2022). Ko-Konstruktive Entwicklungsarbeit mit Studierenden: Herausforderungen, Beispiele und Erfolgsfaktoren. In *Hochschullehre als Gemeinschaftsaufgabe. Akteur:innen und Fachkulturen in der lernenden Organisation*. wbv Media. <https://doi.org/10.3278/6004857w091>

Vöing, N., Reisas, S., & Arnold, M. (Hrsg.). (2022). *Scholarship of Teaching and Learning – Eine forschungsgeleitete Fundierung und Weiterentwicklung hochschul(fach)didaktischen Handelns*. <https://doi.org/10.57684/COS-986>

Voit, T., Schneider, A., & Kriegbaum, M. (2020). Towards an Empirically Based Gamification Pattern Language using Machine Learning Techniques. In IEEE (Hrsg.), *32nd Conference on Software Engineering Education and Training (CSEET&T)* (1–4). <https://doi.org/10.1109/CSEET49119.2020.9206223>

Voit, T., Zinger, B., & Bröker, T. (2022). Spielfeld Lehre: Die Lehre anders denken lernen. In C. Walter & P. Riegler (Hrsg.) *Forum der Lehre. Vielfalt Leben – Heterogenität in Studium und Lehre* (116–123). https://didaktikzentrum.de/Tagungsband/FdL_2022

Voit, T. (2025). „It’s the motivation, stupid!“ EMPAMOS als Sprache, um Motivation neu zu denken und zu gestalten. In B. Zinger, A. Wester & T. Bröker (Hrsg.) *Hochschulbildung und Spiel. Lernen motivierend gestalten* (15–33). transcript. <https://doi.org/10.14361/9783839473740-003>

Wissenschaftsrat (2022). Empfehlungen für eine zukunfts-fähige Ausgestaltung von Studium und Lehre. <https://doi.org/10.57674/Q1F4-G978>

Zinger, B., & Bröker, T. (2020). Das Lernen der Zukunft – Veränderungen weiterdenken. In B. Zinger, Vode, D. & Oberbeck, N. (Hrsg.) Lernen für die Zukunft. Impulse für eine lehrbezogene Hochschulentwicklung (176–192). Beltz Juventa.

Zinger, B., Bröker, T., Lehmann, R., Haberkern, C., & Lipot, S. (2021). Vom Krisenmodus zum Change-Prozess: Hochschul-lehre in Zeiten der CoViD-19-Pandemie aus Sicht der Hoch-schulsteuerung. MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung, 40(CoViD-19), 326–345. <https://doi.org/10.21240/mpaed/40/2021.11.22.X>

Zinger, B. (2022). Sprunginnovation und was jetzt? Zukunfts-thesen und Suchbewegungen. In H. Angenent, J. Petri & T. Zimenkova (Hrsg.) Hochschulen in der Pandemie. Impulse für eine nachhaltige Entwicklung von Studium und Lehre (Vol. 9, 74–89). transcript. <https://doi.org/10.14361/9783839459843-005>

Zinger, B., Zitzmann, C., Kreulich, K. (Hrsg.) (2023). Lehlabor³ – ein Netzwerk zur teambasierten Lehrentwicklung (No. 4; Die Studien- und Schriftenreihe des Forschungs- und Innovations-labors Digitale Lehre – FIDL). FIDL. <https://doi.org/10.34646/thn/ohmdok-925>

Zinger, B., Wester, A., & Bröker, T. (Hrsg.) (2025). Hochschulbil-dung und Spiel. Lernen motivierend gestalten. transcript.

Zinger, B., Wester, A., Zitzmann, C., Weidel, A., & Bauer, M. (2025). Co-kreative Lehrentwicklung. Neue Wege in der Hoch-schulbildung. In U. Fahr & P. Riegler (Hrsg.) Digital gestützte Lehre (19–44). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-658-45215-5_2

Angaben zum Autor

Benjamin Zinger

Dr. phil. Benjamin Zinger ist seit 2020 als wissenschaftlicher Mitarbeiter im Forschungs- und Innovationslabor Digitale Leh-re (FIDL) an der TH Nürnberg sowie als Lehrbeauftragter an der Hamburger Fern-Hochschule (HFH) tätig. Seine Arbeits- und Forschungsschwerpunkte liegen in der teambasierten Lehr- und Hochschulentwicklung, im Projektmanagement an Hochschulen und in der Hochschuldidaktik. Er ist Initiator des Programms Lehlabor³ und leitete von 2010 bis 2019 mehrere Projekte im Bereich der lehrbezogenen Hochschulentwicklung an der TH Rosenheim und TH Nürnberg. In seiner Promotion beschäftigte er sich mit hochschuldidaktischen Fragestellun-gen im Zuge des Bolognaprozesses.

Danksagung

Ein Dank für die gemeinsame Durchführung des Programms Lehlabor³ geht an meine Kolleg:innen Ann Marie Wester, Tho-mas Bröker und Thomas Voit sowie an alle weiteren Mitwirken-den und die Lehrprojektteams.

EINFÜHRUNG UND ERSTE EVALUATION DES SELBSTLERN-KONZEPTS CODECLINIC AN DER OTH REGENSBURG

Timo Baumann, Martin Pohl, Kai Selgrad (in alphabetischer Reihenfolge des Nachnamens)
OTH Regensburg, Fakultät für Informatik und Mathematik

ZUSAMMENFASSUNG

Mit der CodeClinic wollen wir das Programmieren-Lernen – eine der großen Einstiegshürden in Informatik- und informatiknahen Studiengängen – in einen Prozess überführen, der das gemeinschaftliche Lernen in der Hochschullehre stärker als bisher in den Vordergrund rückt. Davon profitieren Studierende in ihrer fachlichen und persönlichen Entwicklung, und das Lernumfeld spiegelt die tatsächliche Realität der beruflichen Praxis besser wider. Wir unterstützen dieses Konzept durch einen für selbstgesteuertes und gemeinschaftliches Lernen ausgelegten SCALE-UP-Raum, den wir an der OTH Regensburg eingerichtet haben. In unserem Beitrag erläutern wir Konzept und Raum und liefern eine erste Evaluation zum Erfolg unserer Maßnahmen.

Keywords: Programmieren, Lernen durch Lehren (LdL), SCALE-UP, Studieneingangsphase, BayernMINT

1. EINLEITUNG

Lernen ist ein sozialer und situativer Prozess der idealerweise an einem festen und geeigneten Lernort stattfindet (Schneider & Preckel, 2017). Klassisch vorgesehene Lernorte auch in der Selbstlernzeit für Studierende in Programmierlehrveranstaltungen sind Computer-Pools, die allerdings durch ihre Frontalbestuhlung nicht zum kommunikativen Miteinander einladen. Sie gehen außerdem immer mehr an der Lebenswirklichkeit der Studierenden vorbei (mobile Privatrechner statt festinstallierter Hochschulrechner). Im Ergebnis führt dies unserer Beobachtung nach dazu, dass das Eigenstudium „ins stille Kämmerlein“ abwandert, wo noch weniger Kommunikation untereinander stattfindet als in frontalbestuhlten Computer-Pools.

Kernidee des CodeClinic-Konzepts ist, dass Studierende auch ohne direkten Bezug zu konkreten Lehrveranstaltungen Fragen und Probleme der Programmierung, aber auch Ideen und Projekte mit anderen diskutieren und darüber ins Gespräch kommen. Dies fördert gezielt die soziale Komponente des Lernens. Das damit verbundene „Lernen durch Lehren“ (LdL, Duran & Topping, 2017; Li et al., 2022) ist hoch wirksam.

Mit dem Konzept der CodeClinic greifen wir gezielt diesen Aspekt für die Programmierausbildung auf und stellen den Studierenden einen festen Ort zur Verfügung, an dem sie beim gemeinsamen Lernen unterstützt. Langfristig erhoffen wir, dass sich dort eine selbst tragende Gemeinschaft unter den Studierenden entwickelt, die fach- und studiengangsübergreifend miteinander lernt und lehrt.

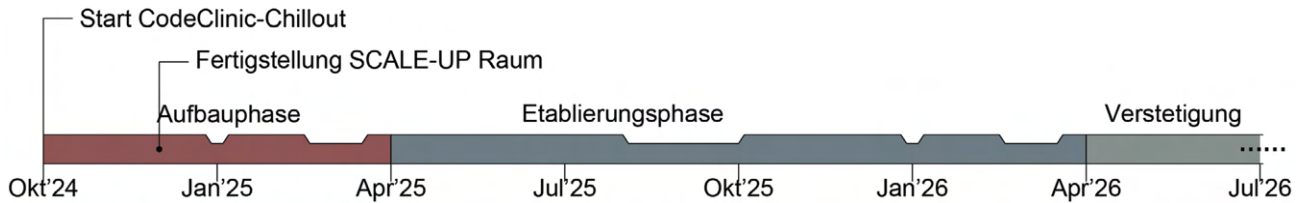


Abb. 1: Zeitplan zum Aufbau der CodeClinic

Im Rahmen der BayernMINT-Förderung konnten wir (auch) zu diesem Zweck an der OTH Regensburg einen SCALE-UP-Raum (Beichner et al., 2007) einrichten. Dieser stellt zum einen einen attraktiven Ort für Selbstlern-Konzepte dar und wir können weite Zeiträume für den Aufbau der CodeClinic-Community freihalten. Zum anderen wird er klassisch zur aktivierenden Lehre in diversen Veranstaltungen benutzt (Crouch & Mazur, 2001; Novak, 2011; Simkins u. a., 2010).

Die Umsetzung des CodeClinic-Konzepts (Abschnitt 2) gliedert sich in drei Phasen (vgl. Abb. 1). Der vorliegende Artikel beschreibt die Aufbauphase, in der zum einen ein SCALE-UP-Raum an einem denkmalgeschützten Standort eingerichtet (Abschnitt 3) und zum anderen das Konzept der CodeClinic unter Studierenden und Lehrenden bekannt gemacht wurde (Abschnitt 4). Wir evaluieren, wie die CodeClinic in der Aufbauphase bereits angenommen wird (Abschnitt 5) und schließen mit einem Ausblick auf die beginnende Etablierungsphase, (Abschnitt 6) in der wir das Konzept festigen und hoffen, dass es sich danach aus der Studierendenschaft heraus in der Verstetigungsphase selbst trägt.

2. CODECLINIC – EIN SELBSTLERN-KONZEPT FÜR DIE PROGRAMMIERAUSBILDUNG

Die CodeClinic ist eine Andockstelle an der Hochschule, um über das Programmieren zu sprechen, wie zum Beispiel über Probleme bei Code-Analyse und -Produktion, über

Verständnisschwierigkeiten, technische Herausforderungen, und sich hierbei gegenseitig Hilfe zu leisten. Die CodeClinic soll langfristig getragen sein durch eine Gemeinschaft und Kultur des Miteinanders, bei dem aus didaktischer Perspektive das „Lernen durch Lehren“ im Mittelpunkt steht.

Wir begreifen Lernen als sozialen Prozess, der von geeigneten und festen Lernräumen profitiert. Ist so ein Lernraum einmal etabliert, dient er den Studierenden als Anlaufstelle für Fragen und fachliche Gespräche. In der Studieneingangsphase sind entsprechende Räume, insbesondere als physische Orte, leider oft inexistent (im Gegensatz dazu finden sich beispielsweise im Grafik-Labor Studierende späterer Semester mit passender Vertiefung zusammen). Weiterhin ist die Gestaltung der verfügbaren Räume oft auf frontale Lehre ausgerichtet und damit zum Lernen in der Gruppe nicht ideal geeignet. Zudem sind die vorhandenen Räume meist durch Lehrveranstaltungen belegt und damit zum eigenständigen gemeinsamen Lernen nicht verfügbar.

Lernen ist zudem idealerweise ein situativer Prozess und sollte in Situationen stattfinden, die der Praxis entsprechen (Hartmann u. a., 2023). Im Hinblick auf Softwareentwicklung ist diese Praxis heute geprägt von einer Mischung aus Einzelarbeit, Teamarbeit, Besprechungen und damit immer auch dem direkten Austausch untereinander. Softwareentwicklung passiert fast immer in kommunikativen Kontexten, bei denen die Programmierenden Anforderungen und Möglichkeiten der Nutzer bzw. Anbieter interaktiv erfragen müssen. Die Fähigkeit über fachliche Inhalte zu

kommunizieren ist in der Programmierausbildung auch deshalb besonders wichtig, weil zumindest laut Stereotyp ein „Informatiker“ nicht besonders kommunikationsfreudig ist. Realistische, an die Praxis angelehnte Lernsituationen erfordern demnach Räume, die diese Prozesse unterstützen.

Insbesondere das Programmieren profitiert von der Verbalisierung zur kognitiven Reflexion der hoch-abstrakten Vorgänge im Computer (ganz analog zu Kleist, 1946). Die für Lernende mitunter schwer erfassbaren Abstraktionen führen mitunter zu Fehlkonzepten, d. h. Verstehensansätzen auf Lernerseite, die letztlich falsch sind. Solche Fehlkonzepte können in der Diskussion meist schnell ausgeräumt werden. Auch eine reine Verbalisierung, selbst ohne Zuhörer, kann hilfreich sein (Lloyd, 2015). Manche Verständnisprobleme lassen sich andererseits ohne Unterstützung durch erfahrenere Personen nur schwer lösen. Hier ist ein teil-begleitetes Selbststudium in Anlehnung an Mathe-Werkstätten hilfreich (Gray u. a., 2016; Lawson, 2012). So erhoffen wir, dass die Studierenden gemeinsam eine Kultur entwickeln, in der sie gegenseitig ihre konkreten Probleme in der Umsetzung von Software-Projekten (auf jeder Skala) diskutieren. In unserem „CodeClinic“-Bild formuliert profitieren davon die studentischen „Patienten“ und „Helfer“ gleichermaßen, sowohl fachlich als auch sozial.

Im CodeClinic-Raum soll also das Bearbeiten von Lernaufgaben in der Gruppe im Mittelpunkt stehen und er soll dafür den flexiblen und schnellen Austausch von Inhalten medial unterstützen. Um die Teilnahme am freiwilligen CodeClinic-Angebot zu fördern, ist es wichtig, dass der Raum möglichst auch angenehm zu nutzen ist. Diese Gestaltungsaspekte nehmen wir im folgenden Abschnitt 3 wieder auf. Der lernförderliche CodeClinic-Betrieb insgesamt erfordert eine gewisse „kritische Masse“ an Teilnehmenden, deren Etablierung wir im Abschnitt 4 detaillierter besprechen.

3. UMSETZUNG DES SCALE-UP-RAUMS

Unser SCALE-UP-Raum soll insbesondere die Anforderungen der CodeClinic erfüllen: mediale Unterstützung und hohe Aufenthaltsgüte. Neue Räume in bestehenden Gebäuden zu schaffen ist schwer, weshalb unser Raum (und damit auch die CodeClinic) im Rahmen der Revitalisierung des ursprünglichen Standorts der OTH Regensburg in der Prüfeninger Straße, fernab des aktuellen Campus, aufgebaut werden musste. Dies stellt zum einen Herausforderungen durch den Denkmalschutz, bietet zum anderen aber auch Gestaltungsmöglichkeiten.

Raumkonzept

Der Aufbau des SCALE-UP-Raums folgt dem Konzept von Lerninseln, die so ausgelegt sind, dass die Studierenden ihre eigenen Laptops und mobilen Endgeräte direkt verwenden können. Unsere Lerninseln sind zusätzlich mit großen Displays ausgestattet, die von allen Plätzen aus gut eingesehen werden können und gemeinsame Fokuspunkte bei der Arbeit bieten. Die Mediensteuerung erlaubt es, die Inhalte der Displays vom Dozierendenpult aus beliebig zu verknüpfen, so dass interaktive und dynamische Lern- und Lehrformen unterstützt werden (siehe Abb. 2).

Im einfachsten Fall werden die Displays innerhalb der Lerninseln direkt genutzt, um gemeinsam an Programmierprojekten zu arbeiten (Pair Programming: Beck, 1999), Hilfe bei Problemen zu erhalten, durch z. B. gemeinsame Fehlersuche (Hunt & Thomas, 2000) oder eigene Projekte in Kleingruppen zu demonstrieren. Der Aufbau erlaubt demnach sowohl die Nutzung im Rahmen der CodeClinic als auch für interaktive und aktivierende Lehre.



Abb. 2: Vom gewöhnlichen Computerraum (Gebäude Baujahr 1953, links) zu einem denkmalschutzkonformen SCALE-UP-Raum mit Lerninseln (rechts). Die Display-Darstellung wird per Drag & Drop konfiguriert (rechts unten)

Denkmalschutz

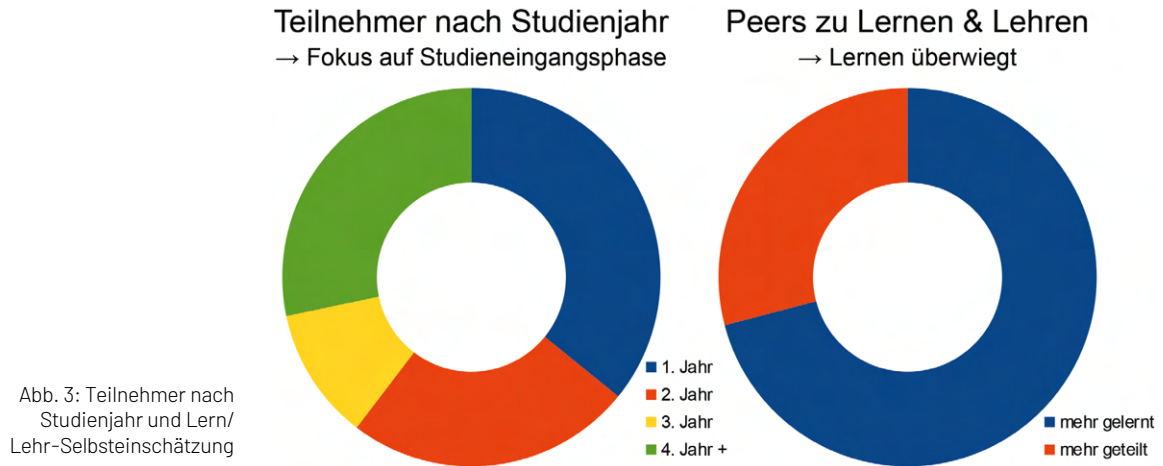
Eine Herausforderung bestand im Denkmalschutz des ursprünglichen Gebäudes der OTH Regensburg (Baujahr 1953). So durften keine baulichen Veränderungen vorgenommen werden, und auch die Optik (Teppich, schallschluckende Vorhänge) wurde in Farbe und Material vorgegeben. Abbildung 2 zeigt links die Ausgangssituation und rechts den Raum entsprechend dieser Kriterien ausgestattet im aktuellen Zustand.

Aufgrund dieser Bedingungen und der erforderlichen Spezialanfertigungen, verzögerte sich die Ausstattung so weit, dass der Raum erst ein Semester später als ursprünglich geplant verfügbar war, was Folgen für den Aufbaubetrieb der CodeClinic mit sich brachte.

4. AUFBAUBETRIEB DER CODECLINIC

Da der SCALE-UP-Raum für die CodeClinic erst mit Verzögerung nutzbar war, wurden zunächst andere Räume am Haupt-Campus genutzt. Damit entfiel zwar die allgemein zugängliche und durchgängige Nutzung durch die Studierenden, dennoch konnte die Nutzung im betreuten Betrieb (durch Hilfskräfte oder Professoren) erprobt werden.

Aufgrund der knappen Raumsituation fanden CodeClinic-Treffen zunächst einmal wöchentlich und am Abend statt, die als „CodeClinic Chillout“ firmierten und immer von einem oder zwei der Autoren (TB und KS) begleitet wurden. Entsprechend der abendlichen Stimmung stand nicht ausschließlich das konzentrierte Programmierenlernen, sondern auch allgemeine Gespräche im Fokus. Abb. 4 zeigt eine CodeClinic-Chillout-Veranstaltung, wie sie zum Ende des Semesters im fertiggestellten SCALE-UP-Raum stattgefunden hat.



Der Aufbaubetrieb der CodeClinic integrierte zudem teils schon bestehende Veranstaltungen, und umfasste eine spezifisch zugeschnittene Filmvorführung:

Eine **Linux Install Party** findet zweimal jährlich statt, um Studierenden die Nutzung freier Software, die sie selbst vollständig unter Kontrolle haben und (im Prinzip) nach Belieben ändern können, näher zu bringen.

Die weihnachtliche Veranstaltung **Fröhliche vi-nachten** bringt den Teilnehmenden die Nutzung eines freien und frei programmierbaren Texteditors – **vi** – näher. Gerade das Zwiegespräch zwischen Professoren (begeisterter Nutzer vs. Ignorant) sorgt für eine große Lebendigkeit und zeigt die Vielfalt der informatischen Möglichkeiten.

Im **CodeClinic Cinema**-Event zum Semesteranfang zeigten wir den Film „The Thinking Game“ über einen der letztjährigen Nobelpreisgewinner im Bereich Deep Learning. Die Idee hierbei war, gerade sonst nicht zuvorderst am Programmieren Interessierte die CodeClinic näher zu bringen (zum Beispiel durch Werbung für die regelmäßigen Termine und die zugehörige E-Learning-Webseite).

Ab Mitte Dezember stand der SCALE-UP-Raum dann für die CodeClinic zur Verfügung, was uns erlaubt, erste Schlüsse auch zum Raumkonzept und Platzierung abseits des Campus zu ziehen.

5. AUSWERTUNG

In diesem Abschnitt wird das Konzept der CodeClinic einer ersten Auswertung unterzogen. Die E-Learning-Webseite zur CodeClinic führt über 140 Teilnehmer, die sich auf die eine oder andere Art für die CodeClinic interessieren.

Neben der Erhebung der Teilnehmerzahl, haben wir am Ausgang der Chillout-Veranstaltungen die Teilnehmer gebeten, uns (anonym) Informationen zu geben hinsichtlich ihres Studienfortschritts (1., 2., 3., späteres Studienjahr) und darüber, ob sie an dem Abend mehr gelernt oder mehr Wissen geteilt haben (wir haben hier ganz bewusst das Wort „lehren“ vermieden).

„Ich will PG2 bestehen!“	zur CodeClinic als Lernort
„Angenehmer Raum!“, „War gut hier.“	zum fertigen SCALE-UP-Raum
„Dann bis nächste Woche.“	zur Besuchsfrequenz
„Der Teppich ist ja neu, aber er sieht aus wie aus den Sechzigern.“	zum Denkmalschutzkonzept
„Ohne Vorwissen zur CodeClinic hätte ich mich eher nicht dazu gesetzt.“	zur Außenwirkung und Offenheit

Tab. 1: Aussagen und Eindrücke Studierender zur CodeClinic

In der Anlaufphase der CodeClinic fanden insgesamt 10 Veranstaltungen statt, mit einer durchschnittlichen Teilnehmerzahl von knapp 22 (Median: 15). Insbesondere erfreulich war, dass mit der ersten Veranstaltung, die im vorgesehenen SCALE-UP-Raum am Außenstandort der OTH Regensburg stattfand, und auch im Folgenden die Anzahl der Teilnehmer in etwa konstant blieb. Die weiteren Auswertungen sind in Abb. 3 graphisch dargestellt.

Es wird deutlich, dass die CodeClinic gerade von Studierenden in der ersten Studienphase sehr gut aufgenommen wird, was wir auf die Bewerbung in den Programmier-Einführungsveranstaltungen zurückführen. Hinzu kommen einige Wiederholer, die die CodeClinic besuchten, um Lernrückstände aufzuholen. Die Teilnehmerschaft wird abgerundet durch Besuche von Abschlussarbeitenden (3. und 4. Studienjahr), die die CodeClinic als zusätzliche Kontaktmöglichkeit mit den betreuenden Professoren nutzten (und dabei mit den übrigen Studierenden über die Jahrgangsgrenzen hinweg ins Gespräch kamen). Insgesamt hat sich ein „fester Kern“ an CodeClinic-Besuchern herausgebildet. Wir hoffen, dass diese sich bei der weiteren Gestaltung des CodeClinic-Betriebs zukünftig aktiv einbringen.

Der Fokus der CodeClinic besteht in der Idee des kursungebundenen Lernens durch Lehren. Abb. 3 (rechte Seite) belegt eindrücklich den Erfolg des Konzepts, indem Lehren und Lernen

eben kein Nullsummenspiel sind, sondern das Teilen von Wissen gleichzeitig einen so großen Lerneffekt hat, dass dieser für mehr als 70 % der Teilnehmer überwiegt.

In einigen Chillout-Sessions haben wir zudem die Teilnehmer strukturiert gebeten, den Eindruck ihres Besuchs in einem Satz zusammenzufassen. Zusammen mit weiteren an uns herangetragenen Aussagen sind diese in Tab. 1 dargestellt. Überwiegend sind die Kommentare positiv. Allerdings bewegt uns der letzte genannte Punkt zur Außenwirkung, den wir zukünftig aktiv angehen. Erstens achten wir auf eine gendergerechte Auswahl der Hilfskräfte, die die CodeClinic in der Etablierungsphase unterstützen sowie auf deren Sozialkompetenz, Offenheit, und wahrgenommene Nahbarkeit. Zum anderen planen wir, mittels Fahne/Plakat die stattfindende Veranstaltung anzukündigen, so dass hoffentlich klar wird, dass jeder und auch jede Außenstehende zum Thema Programmieren eingeladen ist.

6. AUSBLICK

Für 2025/26 konnten wir Mittel akquirieren, die eine tägliche Betreuung durch studentische Hilfskräfte ermöglichen. Zwei der Autoren (TB und KS) werden ebenfalls regelmäßige CodeClinic-Zeiträume betreuen. Wir hoffen, damit ausreichend Nährboden für eine Verfestigung des Konzepts unter den Studierenden zu schaffen. Schon vor Ende der aktuellen Förderung



Abb. 4: Links: Direkt neben der CodeClinic liegt das StudiLoft (oben: Plan, unten: Ist).
Rechts: CodeClinic-Chillout im SCALE-UP Raum.

wollen wir die Betreuung teilweise „ausschleichen“ um zu prüfen, ob ein selbstbetreuter Weiterbetrieb möglich bleibt, oder es einer (geringen) Dauerfinanzierung bedarf.

Gleichzeitig steigt die Attraktivität auch des Umfelds durch das zukünftig unmittelbar benachbarte „StudiLoft“, das wichtige Infrastruktur für die Studierenden bereitstellt. Das Start-Up-Lab und der Maker-Space sind ebenfalls attraktive Angebote im Gebäude. Wir erhoffen uns dadurch, auch dauerhaft die „kritische Masse“ an Nutzern und Beitragenden zur CodeClinic zu halten. Während der kommenden Etablierungsphase werden wir die Nutzung weiter statistisch aus und werden im Anschluss erneut darüber berichten.

Danksagung

Unser Dank gilt der Servicestelle Lehre und Didaktik der OTH, insbesondere Andrea de Santiago und Yannick Rodrian, die uns bei der Umsetzung unterstützen hinsichtlich Raumplanung, Beschaffungen und bei allen organisatorischen Aspekten. BayernMINT förderte die Aufbauphase der CodeClinic und die Ausstattung des SCALE-UP-Raums. Weiterhin danken wir der StuV für ihre Unterstützung der Etablierungsphase sowie unseren Hilfskräften, die mit Engagement an der CodeClinic-Community arbeiten. Wir danken auch rocofilms für die kostenfreien Vorführrechte des gezeigten Films.

Literatur

- Beck, K. (1999). Extreme programming explained: embrace change. Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc.
- Beichner, R., Saul, J., Abbott, D., Morse, J., Deardorff, D., Allain, R., Bonham, S., Dancy, M., & Risley, J. (2007). Student-centered activities for large enrollment undergraduate programs (SCALE-UP). Research-based Reform of University Physics, 1.
- Crouch, C. H., & Mazur, E. (2001). Peer Instruction: Ten years of experience and results. American Journal of Physics, 69(9), 970-977. <https://doi.org/10.1119/1.1374249>
- Duran, D., & Topping, K. (2017). Learning by teaching: Evidence-based strategies to enhance learning in the classroom. Routledge.
- Gray, P., Simpson, N., & Jones, J. S. (2016). Maths Cafes: Are they everyone's cup of tea? Learning and Teaching in Action, 11(2), 5-18. <https://core.ac.uk/download/pdf/161890885.pdf>
- Hartmann, J., Heckner, M., & Plach, U. (2023). Future Skills bei Studierenden – Messung und Einflussfaktoren. Die Neue Hochschule, 2023(6). <https://doi.org/10.5281/zenodo.10057167>
- Kleist, H. v. (1946). Über die allmähliche Verfertigung der Gedanken beim Reden.
- Lawson, D. (2012). Setting up a maths support centre. Report, Birmingham: The National HE STEM Programme, [online]. <http://www.sigma-network.ac.uk/wp-content/uploads/2012/11/Setting-up-a-Maths-Support-Centre.pdf>
- Li, Y., Li, Z., & Zhang, C. (2022). Learning-by-Teaching in CS Education: A Systematic Review. Proceedings of the 55th Hawaii International Conference on System Sciences, 972-981. <https://doi.org/10.24251/HICSS.2022.120>
- Lloyd, J. (2015). Rubber Duck Debugging. Journal of the Queensland Society for Information Technology in Education, 2015(3), 9-11.
- Novak, G. M. (2011). Just-in-time teaching. New Directions for Teaching and Learning, 2011(128), 63-73. <https://doi.org/10.1002/tl.469>
- Schneider, M., & Preckel, F. (2017). Variables Associated With Achievement in Higher Education: A Systematic Review of Meta-Analyses. Psychological Bulletin, 143, 565-600. <https://doi.org/10.1037/bul0000098>
- Simkins, S. P., Maier, M., & Rhem, J. (Hrsg.). (2010). Just-in-time teaching: Across the disciplines, across the academy (First edition). Stylus Publishing.

Angaben zu den Autoren

Timo Baumann ist Professor für KI und Sprachverarbeitende Systeme an der OTH Regensburg. Neben der Forschung zur Verarbeitung gesprochener Sprache ist er Überzeugungstäter in der Programmierlehre und darin, Studierenden das Lernen lernen nahezu legen.

Martin Pohl ist Professor für Mathematik an der OTH-Regensburg. Sein Focus liegt auf der Unterstützung der Studierenden in der Studieneingangsphase. Er arbeitet mit aktivierenden Lehrmethoden, für die der SCALE-UP-Raum bestens geeignet ist.

Kai Selgrad ist Professor für Computergrafik an der OTH Regensburg. Neben dem Rendering ist er fasziniert vom Programmieren, Programmiersprachen und -konzepten, und er ist immer bestrebt, mit seiner Passion möglichst viele Studierende anzustecken.

EINFLUSSFAKTOREN AUF DEN STUDIENERFOLG IN MINT-STUDIENGÄNGEN

Martin Bothen
Technische Hochschule Aschaffenburg

ZUSAMMENFASSUNG

Im Projekt MINTzE konnte aufgezeigt werden, dass der Studierenerfolg in MINT-Fächern maßgeblich von der Studieneingangsphase beeinflusst wird. Dieser Beitrag beleuchtet, welche Faktoren in den ersten Semestern entscheidend sind und welche gezielten Maßnahmen Hochschulen ergreifen können, um Studierende zu unterstützen: Vorkurse, Mentoring-Programme, adaptive Lernangebote, Online-Lehre sowie individuelle Förderung der nationalen und internationalen Studierenden.

Zur Erreichung einer Steigerung der Absolventenquote in allen MINT-Studiengängen bedarf es einer intensiven Begleitung der Studierenden bereits vor und während des ersten Semesters, um die Motivation und die Bereitschaft für das Studium aufzubauen. Bei der Auswahl der Maßnahmen sollte dabei auf die unterschiedlichen Bedürfnisse einer heterogenen Studiengruppe eingegangen und ihnen bedürfnisgerechte Unterstützungsangebote unterbreitet werden.

Keywords: Studieneingangsphase, Mentoring, Studierenerfolg, Heterogenität, Internationalisierung

1. AUSGANGSSITUATION

MINTzE – MINT-Studierende zum Erfolg führen – ist ein Projekt der TH Aschaffenburg, welches die Steigerung der Absolventenquote in allen MINT-Studiengängen bei gleichbleibender Qualität der Abschlüsse sowie die Förderung besonders begabter Studentinnen und Studenten anstrebt. Das Projekt startete im Jahr 2008 und wurde vom Bayerischen Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst und der vbw – Vereinigung der bayerischen Wirtschaft e. V. bereits in fünf Projektphasen gefördert:

- MINTzE: Wege zu mehr MINT-Absolventen (2008 – 2011)
- MINTzE II: Erfolgreicher MINT-Abschluss an bayerischen Hochschulen (2012 – 2015)
- MINTzE III: MINTerAKTIV – Mit Erfolg zum MINT-Abschluss in Bayern (2016 – 2019)
- MINTzE 4.0: BayernMINT – kompetent. vernetzt. erfolgreich (2019 – 2022)
- MINTzE int.: BayernMINT – evaluiert. vernetzt. implementiert (2024 – 2025)

Durch Maßnahmen in der Studieneingangsphase wird die Heterogenität in den MINT-Studiengängen reduziert und die horizontale und vertikale Vernetzung der Studierenden gefördert. Unterstützungsangebote zum Studienstart, die sich an der TH Aschaffenburg besonders bewährt haben, sind Vorkurse, Erstsemestereinführung, Tutorien und Mentoring (Abb. 1).

Knüpfung erster Kontakte in den
Vorkursen vor dem Start des
ersten Semesters



Erstes Kennenlernen des
Studiengangs und des Mentoring-
Teams durch vorab verfügbare
Erstsemester-Moodlekurse



Horizontale und vertikale
Vernetzung während der
Erstsemestereinführungstage



Tutoren- und Mentoringprogramm
während des Semesters

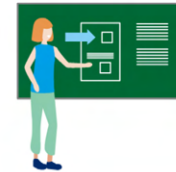


Abb. 1: Maßnahmen und
Unterstützungsangebote in
der Studieneingangsphase

Unterstützungsangebote können jedoch nur wirken, wenn diese von der Zielgruppe auch angenommen werden. Die Anzahl der Erstsemesterstudierenden, die von Beginn an kein Interesse bzw. keine Bereitschaft zeigen, das Studium aktiv aufzunehmen, hat in den letzten Jahren leider zugenommen. Kennzahlen hierfür sind die Teilnahmequoten an den Erstsemestereinführungstagen sowie die Teilnahme an den Prüfungen des ersten Semesters:

- Die Fehlquote an den ersten zwei Einführungstagen, die bis zum Wintersemester 2022/23 relativ konstant 10 % betrug, ist inzwischen auf 18 % im WiSe 24/25 angestiegen. Im WiSe 23/24 waren es 15 %.

- Der Anteil der Erstsemesterstudierenden, die sich in einen MINT-Studiengang einschreiben aber im ersten Prüfungszeitraum zu keiner Prüfung kommen, ist von 17 % (WiSe 16/17 bis WiSe 18/19) auf inzwischen 27 % (WiSe 22/23 bis WiSe 24/25) gestiegen.

Die Gründe für das zunehmende passive Verhalten der Studierenden sind sicherlich vielschichtig. Für den Nachweis, ob eingeführte Maßnahmen zur Erhöhung der Absolventenquote in den MINT-Studiengängen auch wirksam sind, ist dieser Sachverhalt jedoch von großer Bedeutung.

Erstsemester- gruppe	Anzahl Personen, die studieren wollen (mind. eine Prüfung im ersten Prüfungszeitraum angetreten)	Anzahl Personen, die 60 % der möglichen ECTS-CP erreichen (> 35 CP nach 2 Semester)	prozentualer Anteil
WiSe 2016/17	402	257	63,9 %
WiSe 2017/18	362	229	63,3 %
WiSe 2018/19	341	228	66,9 %
WiSe 2019/20	302	189	62,6 %
WiSe 2020/21	274	193	70,4 %
WiSe 2021/22	251	169	67,3 %
WiSe 2022/23	225	164	72,9 %
WiSe 2023/24	255	176	69,0 %

67%

Tab. 1: Auswertung
Studieneingangsphase:
Erreichung von 60 % der
möglichen ECTS-Creditpoints
nach zwei Studiensemestern

2. STUDIENERFOLG IN DEN MINT-STUDIENGÄNGEN

Im Gesamtverlauf des Projektes MINTzE konnte aufgezeigt werden, dass ein erfolgreicher Studienabschluss in der Regel mit einem guten Studienstart korreliert. Aber woran erkennt man einen guten Studienstart? Wie lässt sich ein erfolgreicher Studienstart ermitteln?

Als Voraussetzungen für einen erfolgreichen Studienstart werden die Bereitschaft, das Studium aufzunehmen und in der Folge auch die Bereitschaft an den Prüfungen teilzunehmen, angenommen. Ein erfolgreicher Studienstart zeichnet sich dadurch aus, dass von den maximal möglichen 30 ECTS-Creditpoints pro Semester mindestens 60 % erreicht werden, d. h. im ersten Semester mindestens 18 CP und nach dem zweiten Semester mindestens 35 CP. Bei Erreichung von 95 % der möglichen ECTS-Creditpoints, d. h. 57 CP nach dem zweiten Semester, kann sogar von einem hervorragenden Studienstart gesprochen werden. Diese Personen schaffen mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit den Studienabschluss auch innerhalb der Regelstudienzeit.

Tabelle 1 zeigt die Anzahl der Erstsemesterstudierenden in den MINT-Bachelorstudiengängen der Fakultät IWIN der TH Aschaffenburg, die an mindestens einer Prüfung im ersten Prüfungszeitraum teilgenommen haben und die Anzahl der Personen, die nach zwei Studiensemestern mindestens 60 % der möglichen ECTS-Creditpoints erreicht haben: ca. 67 % der Studierenden, die im ersten Semester auch an einer Prüfung teilgenommen haben, erreichen nach zwei Studiensemestern 35 ECTS. In den letzten Jahren ist sogar ein leichter prozentualer Anstieg zu beobachten.

Setzt man nunmehr die Anzahl der Personen, die in der Studieneingangsphase fast alle Prüfungen des ersten und zweiten Semesters erfolgreich bestanden haben, in Relation zu den Personen, die im ersten Semester an mindestens einer Prüfung teilnahmen, so ist festzustellen, dass im Jahr 2020 ein signifikanter prozentualer Anstieg von zuvor 25 % auf 37 % erfolgte, siehe Tab. 2. Es haben somit von den leistungsstarken Studierenden mit mehr als 35 CP nach zwei Semester (siehe Spalte 3 in Tab. 1) mehr Personen das Ziel erreicht, alle Prüfungen zu

Tab. 2: Auswertung Studieneingangsphase: Erreichung von 95 % der möglichen ECTS-Creditpoints nach zwei Studiensemestern	Erstsemester- gruppe	Anzahl Personen, die studieren wollen (mind. eine Prüfung im ersten Prüfungszeitraum angetreten)	Anzahl Personen, die 95 % der möglichen ECTS-CP erreichen (> 57 CP nach 2 Semester)	prozentualer Anteil	
	WiSe 2016/17	402	97	24,1 %	24 %
	WiSe 2017/18	362	82	22,7 %	
	WiSe 2018/19	341	85	24,9 %	
	WiSe 2019/20	302	112	37,1 %	
	WiSe 2020/21	274	102	37,2 %	37 %
	WiSe 2021/22	251	87	34,7 %	
	WiSe 2022/23	225	82	36,4 %	
	WiSe 2023/24	255	97	38,0 %	

bestehen. Der prozentuale Anteil der etwas leistungsschwächeren Studierenden mit weniger als 35 CP nach zwei Semestern, ist dabei annähernd konstant bei ca. 33 % geblieben.

Was hat sich im Jahr 2020 in der Lehre oder bei den Studierenden geändert und lässt sich dieser Effekt noch weiter steigern? Um diese Fragen beantworten zu können, werden die im Jahr 2020 neu eingeführten Maßnahmen und Unterstützungsangebote in der Studieneingangsphase näher beleuchtet.

Die COVID-19-Pandemie in Deutschland führte dazu, dass die TH Aschaffenburg im März 2020 ihren Vorlesungsbetrieb von Präsenzlehre auf reine Online-Lehre umstellen musste. Diese Umstellung erforderte eine schnelle Weiterbildung der Dozierenden bei digitalen Lehrmethoden und Online-Tools sowie die Erstellung und Bereitstellung von zusätzlichen Materialien für die Durchführung der Online-Lehre. Im Zuge dieser Aufgaben wurden an der TH Aschaffenburg über 3.500 Minuten dokumentiertes Filmmaterial zum Aufbau von Online-Kursen, dem Umgang mit Videoschnitt- und Videokonferenzprogrammen,

sowie zu zahlreichen Online-Tools erstellt. Auch nach der Pandemie standen die erstellten digitalen Lehrmaterialien den Studierenden weiterhin zur Verfügung. Neu entwickelte und für gut befundene Prüfungsformate, wie z. B. Portfolioprüfungen, sind inzwischen etabliert und haben Einzug in die Studien- und Prüfungsordnung genommen.

Das zu dieser Zeit durchgeführte Projekt MINTzE 4.0 hatte die Zielsetzung, die Reichweite der bewährten Maßnahmen durch Digitalisierung zu steigern:

- Um die Studierenden bereits vor Beginn des Semesters zu vernetzen und mit Informationen zu versorgen, wurden Online-Erstsemesterkurse erstellt. Bereits Wochen vor Semesterstart waren die Erstsemesterstudierenden somit in der Lage Informationen für den Studienstart abzurufen und hatten die Möglichkeit, Fragen an die Mentorinnen und Mentoren zu stellen. So werden frühzeitig soziale Kontakte geknüpft und Unklarheiten bereits vor Studienbeginn geklärt.

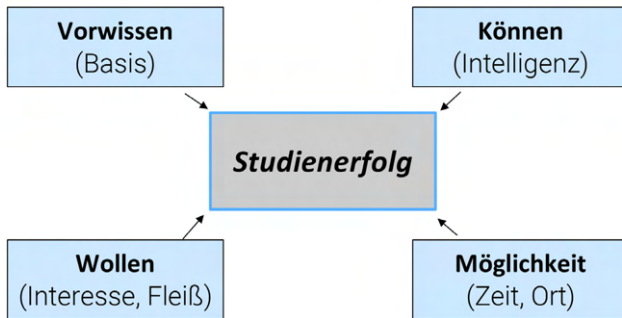


Abb. 2: Erfolgsfaktoren für einen erfolgreichen Studienstart

- Um möglichst viele Personen mit den Unterstützungsangeboten zu erreichen, wurden die bewährten Präsenz-Vorkurse und Tutorien zusätzlich als Online-Kurse angeboten.

Zur Ermittlung der Akzeptanz und der Wirksamkeit dieser Maßnahmen wurden zwei Befragungen bei den Studierenden durchgeführt: 300 Studierende aus den MINT-Studiengängen nahmen an der ersten Studie im Sommersemester 2020 teil, eine zweite Kontrollumfrage mit 180 Studierenden folgte im Wintersemester 2020/21. Das Ergebnis zeigt, dass die Bereitstellung von Online-Materialien und die Digitalisierung der Lehre neue Freiräume für die Studierenden geschaffen hat. Das Zeit- und Lernmanagement war nun individuell anpassbar und das Wegfallen von Wegezeiten brachte den Studierenden einen großen Zeitgewinn. Das eigene Lerntempo und die Produktion von Lernvideos schätzten die Studierenden. In beiden Studien gaben die Studierenden mehrheitlich an, dass Präsenz-Vorlesungen und Übungen in Kombination mit Online-Elementen für sie die bevorzugte Lernmethode ist.

Haben etwa diese Maßnahmen dazu geführt, dass die guten Studierenden noch erfolgreicher wurden? Um diese Frage abschließend beantworten zu können, wird im Folgenden betrachtet, wie die MINTzE-Unterstützungsmaßnahmen und die während des Lockdowns vorgenommen Änderungen auf den Studienerfolg und auf die Lerneffizienz der Studierenden gewirkt haben könnte.

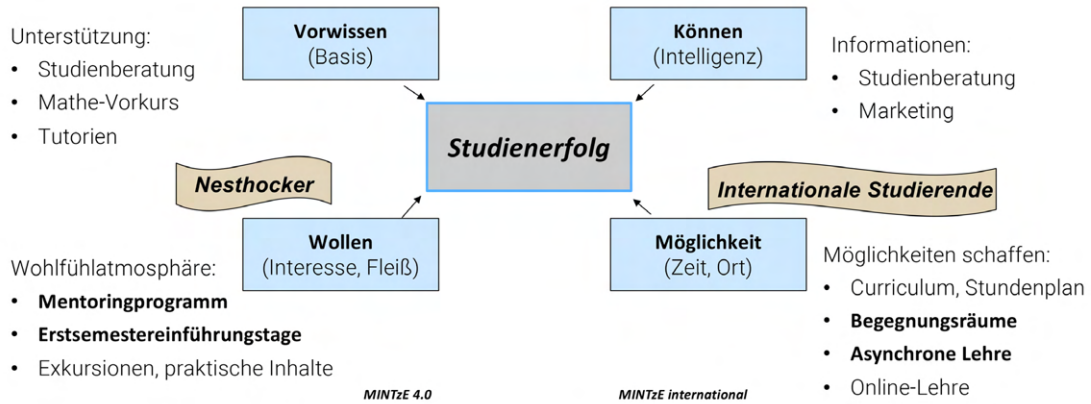
3. ERFOLGSFAKTOREN FÜR EINEN GUTEN STUDIENSTART

Voraussetzung für einen guten Studienstart in einem MINT-Studiengang sind sicherlich eine vorhandene Hochschulzugangsberechtigung mit hinreichenden Kenntnissen in der Mathematik sowie eine gute Auffassungsgabe. Erfolgsfaktoren für einen guten Studienstart sind weiterhin Interesse für das gewählte Studienfach, Bereitschaft zum Lernen sowie die zeitliche und örtliche Möglichkeit, das Studium auch durchführen zu können. Der zuletzt genannte Aspekt betrifft insbesondere die Studierenden, die für das Studium das gewohnte Umfeld verlassen und ihr neues Umfeld gestalten sowie finanzieren müssen, wie z. B. die ausländischen Studierenden in Deutschland.

Für einen erfolgreichen Studienstart sind die folgenden Erfolgsfaktoren von Bedeutung, siehe Abb. 2:

- Fachliches Vorwissen, d. h. vorhandene Hochschulzugangsberechtigung mit hinreichenden Vorkenntnissen für das gewählte MINT-Studium
- Können bzw. die Fähigkeit, neue Wissensthemen zu erlernen
- Wollen, d. h. die Bereitschaft zum Lernen und Interesse für das gewählte Studienfach
- Möglichkeit, den Lernort zur entsprechenden Zeit aufsuchen zu können

Abb. 3:
Erfolgsfaktoren und
Maßnahmen für
einen erfolgreichen
Studienstart



Die Ausprägung dieser Voraussetzungen sind bei den Studierenden sicherlich sehr unterschiedlich, jedoch darf keiner dieser Bausteine für den Studienerfolg vollständig fehlen. Die Unterstützungsangebote in der Studieneingangsphase haben das Ziel, weniger ausgeprägte Bausteine zu stärken. Abb. 3 zeigt die Zuordnung der im Projekt MINTzE angewendeten Unterstützungsangebote in der Studieneingangsphase zu den genannten Bausteinen:

- Maßnahmen, die dazu dienen Wissenslücken zu schließen, wie z. B. Vorkurse und Tutorien, stärken das fachliche **Vorwissen**.
- Angebote zur Studienorientierung (Self-Assessments und Eignungstests), um die eigenen Fähigkeiten und Talente richtig einschätzen zu können, sodass deren Talente auch zur Studienwahl passt, dienen dem Baustein **Können**.
- Gruppendynamische Effekte sorgen dafür, dass das Interesse und die Motivation für das Studium gesteigert werden. Studierende, die aus wirtschaftlichen Gründen, aber auch aus Bequemlichkeit weiterhin im Elternhaus wohnen – manchmal auch als Nesthocker bezeichnet (Spiegel Online, 2012) – verharren häufig in altbewährten Abläufen und pflegen zu

wenig die sozialen Kontakte zu den Kommilitonen. Maßnahmen zur Steigerung der horizontalen und vertikalen Vernetzung der Studierenden und Maßnahmen zur Schaffung einer Wohlfühlatmosphäre haben das Ziel, die Zugehörigkeit zur Lerngruppe und in letzter Konsequenz zur Hochschule zu steigern und stärken somit den Baustein **Wollen**.

- Organisatorische Rahmenbedingungen, die die Hochschule u. a. mit der Studien- und Prüfungsordnung, der Vorlesungsplanung sowie der Raumbelastung vorgibt, in der Literatur auch als die strukturelle Studierbarkeit eines Studiengangs bezeichnet, haben Einfluss auf den Studienerfolg (Buß, 2019; Burck & Grendel, 2011; Posch et al., 2021). Maßnahmen, die das Selbststudium unterstützen, und die Bereitstellung von Lern- und Begegnungsräumen, können den Studienerfolg maßgeblich beeinflussen und fördern somit die **Möglichkeit** des Lernens.

Die zwei zuerst genannten Punkte zeigen ihre Wirkung besonders zu Beginn des Studiums und werden in der Studieneingangsphase zur Stärkung der Leistungs-Perspektive benötigt. Angebote, die zur Steigerung der Wohlfühlatmosphäre sowie zur Stärkung der strukturellen Studierbarkeit dienen, sollten während des gesamten Studiums zur Verfügung stehen.

Die oben erläuterten Maßnahmen, die aufgrund der COVID-19-Pandemie im Jahr 2020 neu eingeführt wurden, hatten das Ziel, die Möglichkeit zum Studienerfolg aufrechtzuerhalten. Die durch den Corona-Lockdown erzwungene Umstellung auf digitale Lehre hat darüber hinaus dazu geführt, dass eine größere Anzahl (leistungsstarker) Studierender in die Lage versetzt wurde, alle Prüfungen des ersten und zweiten Semesters zu bestehen. Durch die Digitalisierung der Lehre (Handke, 2020) wurde die Reichweite und die Nachhaltigkeit der etablierten Maßnahmen gefördert. Online-Lehre als Ergänzung zur Präsenz-Lehre ist somit ein Lösungsansatz, um den Studienerfolg in den MINT-Studiengängen zu steigern. Die Bereitstellung von Online-Materialien sowie asynchrone Lehre ermöglicht es den motivierten Studierenden, sich effektiver auf die Prüfungen vorzubereiten und unterstützen das Selbststudium.

Online-Lehre und asynchrone Lehre helfen auch den internationalen Studierenden einen erfolgreichen Studienabschluss zu erlangen. Im Projekt MINTzE international konnte aufgezeigt werden, dass der Studienstart für die international Studierenden besonders schwierig ist: viele internationale Studierende können in den ersten vier Wochen des Erstsemesters aufgrund eines fehlenden Visums oder einer fehlenden Unterkunft nicht zum Studienort kommen. Und nachdem diese Hürden genommen wurden, haben sie entweder das Problem, dass die Fahrzeit vom Wohnort zum Studienort ca. zwei Stunden beträgt und/oder sie gezwungen sind, einer Nebentätigkeit nachzugehen, um den Nachweis ausreichender finanzieller Mittel für die Verlängerung des Studentenvisums erbringen zu können. Für diese Gruppe sind nunmehr Angebote gefragt, die ihnen die Möglichkeit geben, das Studium flexibel durchzuführen, wie z. B. Online-Lehre, hybride Lehre, Portfolioprfüfungen sowie angepasste Vorlesungspläne.

Studien belegen, dass international Studierende eine besonders intensive Betreuung in der Studieneingangsphase benötigen. Ein Studienabbruch wird von den Studierenden häufig mit mangelnder Studienmotivation (37 %), Leistungsproblemen (33 %) sowie fehlender Studienorganisation (11 %) begründet (Deutscher Akademischer Austauschdienst [DAAD], 2022). Ein individuelles Mentoring ist somit ein weiteres wichtiges Werkzeug, um diese Personen zu unterstützen:

- Senkung der Studienabbruchquote durch soziale Integration
- Förderung von interkulturellen, sozialen und kommunikativen Kompetenzen
- Verbesserung der fachlichen und sprachlichen Kenntnisse
- Interkultureller Austausch zwischen deutschen und internationalen Studierenden durch Bereitstellung von Begegnungsräumen und Organisation von Teamevents

Der wesentliche Vorteil liegt beim Mentoring in der individuellen Beratung von Studierenden, welche über die Klärung fachlicher Fragen hinausgeht. Mentoringprogramme sind in der Lage die persönlichen, sozialen, methodischen und fachlichen Kompetenzen zu stärken und somit die Studienqualität zu fördern. Sie tragen zur Entwicklung einer kommunikativen und reflexiven Lernkultur bei, schaffen eine soziale Plattform für den Austausch von Studierenden und Lehrenden, unterstützen bei der persönlichen, fachlichen und beruflichen Entwicklung und bei der Einarbeitung und Integration der Studierenden (Burda et al., 2011).

Literatur

Burda, A., Kremer, H. -H. & Pferdt, F. G. (2011). Mentoring-Modell Paderborn (MeMoPad) – Konzept und erste Erfahrungen. Zeitschrift für Hochschulentwicklung, 2(4).

Burck, K. & Grendel, T. (2011). Studierbarkeit – ein institutionelles Arrangement? Zeitschrift für Hochschulentwicklung, 6(1).

Buß, I. (2019a). Flexibel studieren – Vereinbarkeit ermöglichen. Studienstrukturen für eine diverse Studierendenschaft. Wiesbaden: Springer VS.

Buß, I. (2019b). The relevance of study programme structures for flexible learning: an empirical analysis. Zeitschrift für Hochschulentwicklung, 14(3).

Deutscher Akademischer Austauschdienst (DAAD). (2022). Internationale Studierende in Deutschland zum Studienerfolg begleiten. Ergebnisse und Handlungsempfehlungen aus dem SeSaBa-Projekt. <https://doi.org/10.46685/DAADStudien.2022.06>

Handke, J. (2020). Handbuch Hochschullehre Digital. Leitfaden für eine moderne und mediengerechte Lehre. Tectum Verlag. <https://doi.org/10.5771/9783748915287>

Posch, K., Thaler, B., & Lessky, F. (2021). Einflussfaktoren auf Studienerfolg: Heterogene Effekte nach Studienfachgruppe? Zeitschrift für Hochschulentwicklung, 16(4), 143–162. <https://doi.org/10.3217/zfhe-16-04/08>

Spiegel Online. (2012, 20. Mai). Nesthocker: Warum Studenten aus dem Hotel Mama ausziehen sollten. DER SPIEGEL. <https://www.spiegel.de/lebenundlernen/uni/nesthocker-warum-studenten-aus-dem-hotel-mama-ausziehen-sollten-a-833474.html>

Angaben zum Autor

Prof. Dr.-Ing. Martin Bothen

leitet seit 2012 das Projekt MINTzE – MINT Studierende zum Erfolg führen an der TH Aschaffenburg, koordiniert seit 2002 den Studiengang Mechatronik und ist aktuell Prodekan der Fakultät Ingenieurwissenschaften und Informatik. Seine Lehrgebiete sind Mechatronik und Konstruktion.

PROJEKT „WISE-TECH“

(Workshop-Initiative zur Förderung von Schüler*innen-Engagement in Technik)

Bernhard Kausler, Bence Lukács
Technische Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm

ZUSAMMENFASSUNG

Das Projekt „WISE-Tech“ (Workshop-Initiative zur Förderung von Schüler*innen-Engagement in Technik) adressiert die Bildungslücke in der MINT-Förderung durch eine zukunftsorientierte Konzeption, die Schüler*innen für Technik begeistert und Theorie praxisnah erlebbar macht. Kernstück sind interaktive Technik-Workshops in Schulen, begleitet von Studierenden, die als „Technik-Coaches“ agieren. Diese Coaches werden durch ein Wahlpflichtfach an der Hochschule qualifiziert, welches neben technischen Inhalten (z. B. Robotik, Arduino) auch didaktische Kompetenzen vermittelt. Durch den geringen Altersabstand werden Vorbildbeziehungen geschaffen, die eine dynamische Lernumgebung fördern. WISE-Tech evaluiert die Wirksamkeit dieses Ansatzes, indem die Teilnehmenden Schüler*innen zu ihrem MINT-Interesse sowie der Wahrnehmung der Studierenden als Mentor*innen befragt werden. Die Ergebnisse tragen dazu bei, die MINT-Förderung in der Region nachhaltig zu stärken und dienen als Transfermodell für andere Bildungseinrichtungen.

Keywords: MINT Förderung, Schulkooperation, Robotik, Didaktik

1. AUSGANGSSITUATION UND KONTEXT

Die heutige Gesellschaft, und insbesondere die Arbeitswelt, ist zunehmend von technologischem Fortschritt und Digitalisierung geprägt. Das stellt den gesamten Bildungsbereich vor die Herausforderung, damit stets Schritt zu halten. Leider zeigt ein Blick in den Bereich der MINT-Fächer (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft und Technik) eine Diskrepanz zwischen der beruflichen Realität und den Aktivitäten und Möglichkeiten im Schulalltag. Die PISA-Studien untermauern diese Beobachtung mit einem rückläufigen Interesse und schwächeren Leistungen in naturwissenschaftlichen und technischen Fächern (OECD, 2023), daher besteht ein wesentlicher Bedarf, jungen Menschen den Zugang zu Erfahrungen mit Technologie zu ermöglichen.

Denn obwohl unsere Um- und Lebenswelt von Technologie und Automatisierung durchsetzt ist, fehlt es vielen Kindern und Jugendlichen an praktischen Erfahrungen und einem Verständnis für die unterschiedlichen technischen Bereiche. Dieses fehlende Grundverständnis kann in weiterer Folge auch zu Ängsten gegenüber Technik bzw. Technologie führen. Zudem verfügen viele Schulen nicht über eine entsprechende Ausstattung, um Schulklassen durch praktisches Tun für technische Themen zu begeistern (Anger et al., 2023). Jedoch ist das größte Hindernis für praktische Einheiten im technischen Bereich der Personalmangel im MINT-Bereich. Für eine erfolgreiche Durchführung praktischer Einheiten ist eine entsprechende Betreuung unerlässlich. Hier setzt das Projektvorhaben „WISE-Tech“ (Workshop-Initiative zur Förderung von Schüler*innen-Engagement in Technik), durch das Angebot von

Robotik und Coding Workshops und Technik-Projekten für Schulklassen, die von Studierenden der TH durchgeführt und begleitet werden, an. Es sollte nicht nur Interesse wecken, sondern auch aufzeigen wie MINT-Kenntnisse in verschiedenen Berufsfeldern Anwendung finden können, denn den meisten Schulkindern und Jugendlichen fehlt das Bewusstsein bzw. die Perspektive für die Möglichkeiten, die einem eine technische Ausbildung bieten kann (Schehl et al., 2020). Durch die direkte Zusammenarbeit mit Studierenden, die sowohl die Nähe zur Zielgruppe als auch ein aktuelles Hochschulwissen mitbringen, kann eine praxisnahe Lernumgebung geschaffen werden, die junge Menschen motivieren kann, die Technologien (von heute und morgen) besser kennenzulernen und in ersten Schritten aktiv anzuwenden (Ertl et al., 2014; Hartjen, 2017)

2. VORARBEITEN

Technikprojekte und Workshops in Nürnberg und Umgebung

Seit 2019 werden erfolgreich interaktive Workshops und Technik-Projekte, im Rahmen von Makeathons, in Nürnberg, Erlangen und Höchststadt durchgeführt. Dabei konnten Schulklassen nicht nur unterschiedliche Anwendungen von Technologien kennenlernen, sondern auch ihrer eigenen Kreativität freien Lauf lassen und eigene Forschungs- und Entwicklungsprojekte starten. Einerseits standen kurzweilige technische Workshops mit einer Dauer von 1,5 bis 3 Stunden sowie die umfangreicheren und kreativen Technik-Projekte über mehrere Monate im Vordergrund. Bei den Workshops konnten die Schulklassen das erste Mal Themen rund um Coding und Robotik (z. B. mit Lego NXT) kennenlernen und ausprobieren. Bei den Technik-Projekten arbeiteten mehrere Schulklassen zusammen, um ihre eigenen Ideen und Problemlösungen zu erarbeiten, zu bauen bzw. zu programmieren.

MINT-Förderung in EU Projekten

Bei der Konzeption und Planung von „WISE-Tech“ konnte auf Erfahrungen und Ergebnisse vorhergehender internationaler Bildungs- und EU-Interreg-Projekte, wie DLPL („Denken lernen – Probleme lösen“) (Himpsl-Gutermann et al., 2017) und RoboCoop (Himpsl-Gutermann, 2022) aufgebaut werden, die die Förderung des MINT-Interesses durch Coding- und Robotik-Workshops für Schulklassen erfolgreich vorangetrieben haben. Die in diesen, und ähnlichen, Projekten entstandenen OER-Materialien, boten eine ausgezeichnete Basis für das Vorhaben, die Arbeit in den Schulklassen mit aktuellen und praxisnahen Inhalten zu füllen (Redaktion, 2023). Ebenso lässt sich das praxisnahe Konzept als positiv herausheben, da auch bisherige Projekterfahrungen aus RoboCoop zeigen, dass das gemeinschaftliche Arbeiten und die Hands-On-Aktivitäten bei den Schulklassen gut ankamen.

3. UMSETZUNG

Wahlpflichtfach „Technik-Coach“

Der Fokus lag zunächst auf der Professionalisierung der zuvor erwähnten Vorarbeiten, denn bisher wurden diese Workshops und Projekte von Lehrenden (aus der Hochschule sowie interessierte Lehrkräfte der Schulen) und Labormitarbeitenden, mit freiwilliger Unterstützung engagierter Studierender durchgeführt. Um also die Anfragen der Schulklassen entsprechend qualitätsgesichert gewährleisten zu können, war es notwendig eine umfassende und strukturierte Ausbildung der Studierenden zu Coaches aufzusetzen. Dieses Ausbildungsprogramm, dass im Rahmen eines Allgemeinwissenschaftlichen Wahlpflichtfaches an der TH durchgeführt wurde, konzentriert sich nicht nur auf die Vermittlung praktischer Kenntnisse zu Coding und Robotik, sondern legt gleichzeitig großen Wert auf didaktische Methoden.

Das Wahlpflichtfach gliedert sich in zwei wesentliche Teile, die eine umfassende Ausbildung bieten:

Teil 1: Seminar an der Hochschule: Hier erhalten die Teilnehmer eine technische Einführung in die Workshops, die ihnen die notwendigen Werkzeuge und Methoden an die Hand gibt, um effektive Lernumgebungen zu schaffen. Zudem werden didaktische Grundlagen vermittelt, die es den Teilnehmern ermöglichen, die Inhalte zielgruppengerecht aufzubereiten. Ein weiterer wichtiger Aspekt dieses Seminars ist die eigene Konzeption von Workshops und Technik-Projekten, bei der die Teilnehmer ihre kreativen Ideen entwickeln und umsetzen können.

Teil 2: Praktische Durchführung: Die Teilnehmer wenden ihre erlernten Fähigkeiten in der Praxis an. Sie coachen in Workshops und in Projekten an Schulen in der Metropolregion Nürnberg. Dies bietet nicht nur eine wertvolle Erfahrung, sondern auch die Chance, an Schulen ihrer bisherigen Laufbahn zu arbeiten, was den Bezug zur eigenen Bildungsgeschichte stärkt (denn nach Möglichkeit konnten die Studierenden auch ihre ehemaligen Schulen kontaktieren, anstelle auf das bereits vorhandene Netzwerk zurückzugreifen). Nach der Durchführung der Workshops erhalten die Teilnehmenden Feedback, das ihnen hilft, ihre Methoden weiter zu verfeinern und ihre pädagogischen Fähigkeiten auszubauen.

Evaluation

Für die Evaluation des Vorhabens wurde auf etablierte und zuvor entwickelte Erhebungsinstrumente zurückgegriffen (Jäggle and Vincze, 2021; Jäggle et al., 2021), die mit geringen sprachlichen Anpassungen (z. B. Übersetzung der Statements und Fragen auf Deutsch) sowohl als Online-, als auch als Off-Line

Fragebogen eingesetzt wurden. Um die Veränderungen des Interesses der Schulklassen an MINT-Themen zu evaluieren, wurden Pre- und Post-Tests durchgeführt, und das Empfinden bzw. die Wahrnehmung und Erfahrung der Schulklassen mit Technik-Coaches wurde jeweils nur nach den Workshops erhoben.

Zunächst wurden für die unterschiedlichen Altersstufen (Schulstufen 3 bis 6, sowie ältere Schüler*innen in den Schulstufen 7 bis 11) die Fragestellungen der Fragebögen etwas angepasst, ohne jedoch den Kern der Abfrage zu verändern. Für die jüngeren Schüler*innen wurden statt der klassischen Likert-Skala, mit Kategorien wie „stimme nicht zu“ (Wert 1) bzw. „stimme voll zu“ (Wert 5) visuell durch Smileys ersetzt, die allerdings ebenso die Likert-Skala abdecken (von „L“ bis „J“). Dementsprechend wurden die Aussagen „Ich mag Mathematik“, „Ich mag Computer“ und „Ich mag Technik“ abgefragt. Bei der Erhebung rund um die Wahrnehmung der Coaches wurden anhand der gleichen Darstellung die Fragen „Die Coaches sind für mich Vorbilder“ sowie „Die Coaches haben mich für Technik begeistert“ gestellt.

Bei den älteren Schüler*innen wurden hingegen Formulierungen der klassischen Likert-Skala genutzt, d. h. bei der Erhebung rund um die Coaches wurden die Fragen „Die Coaches sind für mich Vorbilder“, „Die Coaches haben mich für Technik begeistert“ und „Die Coaches haben mich motiviert in Zukunft mehr Mathematik, Naturwissenschaft und Technik zu verfolgen“ präsentiert. Ebenfalls wurden die Fragen rund um das MINT-Interesse bzw. die Motivation erweitert und wurden wie folgt erhoben: „Ich mag Mathematik“, „Ich mag Computer“, „Ich beschäftige mich gerne mit Technik“, „Ich erforsche gerne die Lösung zu Problemen“ sowie „Ich finde gerne raus, wie Technik funktioniert“.

Die statistische Berechnung wurde Anhand des gepaarten Student’s t-test durchgeführt (Student, 1908). Für die Zusammenstellung der Befragungen wurde die Software „SoSci Survey“ und für die statistische Auswertung die Software „R“ (in Form von „RStudio“) verwendet. Der Fragebogen bzw. das Codebuch sowie die Datensätze sind online abrufbar (siehe Lukács & Kausler, 2025).

4. ERGEBNISSE UND DISKUSSION

Wie in Tabelle 1 ersichtlich, wurden während der Projektlaufzeit, im Sommersemester 2024 sowie dem Wintersemester 24/25 mehr als 40 Workshops an 16 Schulen und 7 Events durchgeführt. Hier ist herauszuheben, dass nicht nur die Anfrage von Schulen gestiegen ist (von 12 auf ca. 30 Workshops), sondern auch die Anzahl der interessierten Studierenden, die die Möglichkeit für die Technik-Coach Ausbildung nutzen wollten (nämlich von initial 12 Teilnehmenden auf 18 Teilnehmende und im aktuellen Sommersemester 2025 auf mittlerweile 21 Studierende). Tabelle 2 zeigt die Aufteilung nach Geschlechtern für die gültig erhobenen Fragebögen unserer Stichprobe sowie der Technik-Coaches.

Tab. 1: Durchgeführte Workshops

Zeitraum	N	Schulen	Events
Sommersemester 2024	12	7	4
Wintersemester 2024/25	30	9	3

Tab. 2: Demografischer Überblick Gesamt

Gruppe	N	Männlich	Weiblich
Jüngere Schüler*innen (Schulklassen 3 bis 6)	32	14	18
Ältere Schüler*innen (Schulklassen 7 bis 11)	45	22	23
Studierende	30	22	8

Jüngere Schüler*innen: Schulklassen 3 bis 6

Die folgende Tabelle zeigt die Ergebnisse der Befragung zum Themenblock der Technik-Coaches als Vorbilder.

Tab. 3: Coaches als Vorbilder & Technik begeistert

Geschlecht	Vorbild		Begeisterung	
	M	SD	M	SD
Männlich	4.71	0.611	4.71	0.469
Weiblich	4.83	0.383	4.28	0.826

Tabellen 4 bis 6 zeigen nun die Ergebnisse zur Befragung rund um das MINT-Interesse bzw. die MINT-Einstellung der Schulklassen.

Tab. 4: MINT-Einstellung: Mathematik

Geschlecht	Pre Test		Post Test		
	M	SD	M	SD	n
Männlich	3.46	1.71	3.46	1.71	13
Weiblich	3.78	1.06	3.61	1.14	18

Tab. 5: MINT-Einstellung: Computer

Geschlecht	Pre Test		Post Test		n
	M	SD	M	SD	
Männlich	4.21	1.42	4.29	1.44	14
Weiblich	4.56	0.616	4.72	0.461	18

Tab. 6: MINT-Einstellung: Technik

Geschlecht	Pre Test		Post Test		n
	M	SD	M	SD	
Männlich	4	1.04	4.29	1.07	14
Weiblich	4	0.612	4.35	0.702	17

Aus den Berechnungen ergab sich weder bei der Frage nach Mathematik und Computer eine statistisch signifikante Zunahme bei den Bewertungen. Lediglich bei der Bewertung in der Frage nach Technik ergab sich eine statistisch signifikante Zunahme ($p=0.001$) bei beiden Gruppen.

Ältere Schüler*innen: Schulklassen 7 bis 11

Die folgende Tabelle zeigt die Ergebnisse der Befragung zum Themenblock der Technik-Coaches als Vorbilder.

Tab. 7: Coaches als Vorbilder, für Technik begeistert & für Technik motiviert

Geschlecht	Vorbild		Begeisterung		Motivation	
	M	SD	M	SD	M	SD
Männlich	3.77	1.23	3.41	1.30	2.68	1.46
Weiblich	3.78	1.13	3.26	1.30	2.61	1.37

Tabellen 8 bis 11 zeigen nun die Ergebnisse zur Befragung rund um das MINT-Interesse bzw. die MINT-Einstellung der Schulklassen.

Tab. 8: MINT-Einstellung: Mathematik

Geschlecht	Pre Test		Post Test		n
	M	SD	M	SD	
Männlich	3.24	1.37	3.29	1.49	21
Weiblich	2.67	1.11	2.57	1.21	21

Tab. 9: MINT-Einstellung: Computer

Geschlecht	Pre Test		Post Test		n
	M	SD	M	SD	
Männlich	4.19	0.981	4.33	0.856	21
Weiblich	3.59	1.05	3.64	0.953	22

Tab. 10: MINT-Einstellung: Technik

Geschlecht	Pre Test		Post-Test		n
	M	SD	M	SD	
Männlich	3.62	1.32	3.95	1.24	21
Weiblich	2.86	1.21	3.14	1.32	22

Tab. 11: MINT-Einstellung: Problemlösung

Geschlecht	Pre Test		Post Test		n
	M	SD	M	SD	
Männlich	3.6	1.27	3.65	1.27	20
Weiblich	3	1.05	3.05	1.02	21

Bei der Berechnung beider Gruppen zusammen ergab sich eine statistisch signifikante Zunahme ($p=0.044$) in der Bewertung der Frage nach Computern sowie eine statistisch signifikante Zunahme ($p=0.008$) in der Bewertung der Frage nach Technik. Jedoch keine statistisch signifikante Zunahme bei der Mathematik und dem Problemlösen.

Zunächst lässt sich herausheben, dass sich unabhängig vom Alter der Schüler*innen eine Veränderung bei der Einstellung zu Technik darstellt. Dies könnte darauf hindeuten, dass das praktische Arbeiten und Kennenlernen von Robotern von großer Bedeutung ist, da es möglicherweise nicht regelmäßig im Unterricht eingebaut werden kann. Ebenso interessant ist zu erwähnen, dass sich bei den älteren Schüler*innen auch bei der Frage nach Computer Veränderungen gezeigt haben. Dies wiederum hängt möglicherweise damit zusammen, dass die älteren Schüler*innen auch bewusster die Zusammenhänge im Coding (und deren Nutzung für die Roboter-Steuerung) eher wahrnehmen als jüngere Schüler*innen, wo primär die Freude durch das Bewegen der Roboter aufkommt.

Wenn es um die Rolle bzw. die Wahrnehmung der Technik-Coaches ging, zeigt sich, dass sowohl die jüngeren als auch die älteren Schüler*innen durchaus positive Erfahrungen bei den Workshops gemacht haben. Aufzeigen kann man jedoch insbesondere die Unterschiede der Altersstufen, wo jüngere Schüler*innen wesentlich positiver auf die Studierenden reagieren als die Älteren. Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass Studierende als Coaches bei beiden Gruppen positiv als Vorbilder wahrgenommen wurden.

5. LESSONS LEARNED UND WEITERE ENTWICKLUNGEN

Während der Projektlaufzeit konnten wir auf erfolgreiche Entwicklungen bauen (z. B. Erhöhung der Teilnehmenden-Zahl am Seminar) sowie Anpassungen am Lehrkonzept (nach Feedback der Studierenden) vornehmen. Dabei konnten wir auf das detaillierte und persönliche Feedback der teilnehmenden Studierenden zurückgreifen, u. a. zur terminlichen Ausgestaltung der Workshops (d. h. genauere Absprache mit den Schulen und Rücksichtnahme auf die Prüfungszeiten) sowie den Wünschen nach der Ausgestaltung eigener Workshop-Ideen und den positiven Rückmeldungen zum Aufbau der Technik-Coach Ausbildung (z. B. haben Studierende von didaktischen Inputs und dem eigenen Ausprobieren der Robotik profitiert).

Die größten Herausforderungen während des Projekts waren die erfolgreiche Umsetzung des Evaluationsvorhabens, da das Workshop-Umfeld eine strukturierte und geregelte Befragung (d. h. Erklärung des Vorhabens, Austeilen der Fragebögen sowie zum Abschluss ein erneutes Austeilen von Fragebögen) deutlich erschwert, weshalb wir auch nur eine limitierte Anzahl an gültigen Fragebögen nutzen konnten. Hier stellen sich die Ergebnisse allerdings als interessant dar und rufen zu weiterer Evaluation und Beforschung dieses Konzeptes auf, insbesondere auch mit Blick auf die Perspektive der Technik-Coaches. Zudem wären zukünftig insbesondere langfristige Studien von Interesse, z. B. welche Zusammenhänge zwischen dem Besuch derartiger Workshop und der späteren Studienwahl bestehen.

Literatur

- Anger, C., Julia, B., Wido, G.-T. & Axel, P. (2023). Mehr MINT-Lehrkräfte gewinnen, Herausforderungen der Zukunft meistern. Anger Gutachten. <https://www.iwkoeln.de/studien/christina-anger-julia-betz-wido-geis-thoene-axel-pluenecke-mehr-mint-lehrkraefte-gewinnen-herausforderungen-der-zukunft-meistern.html>
- Ertl, B., Luttenberger, S. & Paechter, M. (2014). Stereotype als Einflussfaktoren auf die Motivation und die Einschätzung der eigenen Fähigkeiten bei Studentinnen in MINT-Fächern. Gruppendynamik und Organisationsberatung, 45(4), 419-440. <https://doi.org/10.1007/s11612-014-0261-3>
- Hartjen, G. (2017). Schülerinnen und Schüler als potenzielle Studierende. In R. Petersen, M. Budde, P. S. Brocke, G. Doeber, H. Rudack & H. Wolf (Eds.), Praxishandbuch Mentoring in der Wissenschaft (pp. 227-242). Springer Fachmedien. https://doi.org/10.1007/978-3-658-14268-1_18
- Himpsl-Gutermann, K. (2022). RoboCoop Veranstaltung: Empfehlungen zu Educational Coding und Robotik in der MINT-Bildung. <https://zli.phwien.ac.at/robocoop-veranstaltung-empfehlungen-zu-educational-coding-und-robotik-in-der-mint-bildung/>
- Himpsl-Gutermann, K., Brandhofer, G., Bachinger, A., Steiner, M. & Gawin, A. (2017). Das Projekt "Denken lernen – Probleme lösen (DLPL)": Etablierung von Education Innovation Studios (EIS) in Österreich zur Stärkung der informatischen Grundbildung mit Schwerpunkt Primarstufe. Medienimpulse, 55(2). <https://doi.org/10.21243/mi-02-17-05>
- Jäggle, G., Lepuschitz, W., Tomitsch, T., Wachter, P. & Vincze, M. (2021). Towards a Conceptual and Methodological Framework for the Evaluation of Educational Robotics Activities. In W. Lepuschitz, M. Merdan, G. Koppensteiner, R. Balogh & D. Obdržálek (Eds.), Robotics in Education (pp. 221-233). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-67411-3_20
- Jäggle, G., & Vincze, M. (2021). A Conceptual Framework for Educational Robotics Activities C4STEM: A Virtual Educational Robotics Workshop. In Handbook of Research on Using Educational Robotics to Facilitate Student Learning (pp. 274-298). IGI Global Scientific Publishing. <https://doi.org/10.4018/978-1-7998-6717-3.ch011>
- Lukács, B., & Kausler, B. (2025, March 31). WISE-Tech (Version 1) [Data set]. DeSci Labs Nodes. <https://beta.dpid.org/359>
- OECD. (2023). PISA 2022 Results (Volume I): The State of Learning and Equity in Education. OECD. <https://doi.org/10.1787/53f23881-en>
- Redaktion, B. (2023, August 28). Lehr-/Lernszenarien. <https://web.archive.org/web/20240425103928/https://edumakerspace.fll.wien/lehr-lern-szenarien/> (zuletzt aufgerufen am 6.1.24)
- Schehl, M., Risch, B. & Roth, J. (2020). Vernetzung als Schlüssel eines erfolgreichen Transfers – Zentrum für Bildung und Forschung an Außerschulischen Lernorten. In B. Priemer & J. Roth (Eds.), Lehr-Lern-Labore (S. 49-57). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-58913-7_4
- Student, N. (1908). The Probable Error of a Mean. Biometrika, 6(1), 1. <https://doi.org/10.2307/2331554>

Angaben zu den Autoren

Prof. Dr. Bernhard Kausler

Professor für industrielle Automatisierungstechnik an der Fakultät Elektrotechnik Feinwerktechnik Informationstechnik der TH Nürnberg. Arbeitet seit einigen Jahren an schulischer MINT-Netzwerk Förderung und der Betreuung von internationalen Makeathons.

Bence Lukács BEd MA

Referent für Curriculumentwicklung und Hochschuldidaktik in der Lehr- und Kompetenzentwicklung der TH Nürnberg. Ehemalige Lehrkraft für Neue Mittelschulen, E-Learning und Medendidaktik Experte.

HANDREICHUNG ZUR LEHRE MIT (MATHEMATISCHEN) CONCEPT MAPS

Raik Pawlowsky, Roman Rischke, Michael Wick
Hochschule für angewandte Wissenschaften Coburg

ZUSAMMENFASSUNG

Dieser Artikel stellt Ihnen mathematische Concept Maps (CMs) als Lehr- und Lernwerkzeug vor und grenzt sie von klassischen, sprachbasierten CMs ab. Mathematische CMs dienen speziell der Darstellung mathematischer Zusammenhänge unter Verwendung von Formeln.

Ihr Potenzial für die Lehre liegt insbesondere in der Verbesserung der Klarheit und Verständlichkeit mathematischer Zusammenhänge sowie in der Förderung sozialer Interaktion. Darüber hinaus bieten sie Lernenden Unterstützung bei der Einschätzung des eigenen Lernbedarfs und -fortschritts.

Diese Handreichung richtet sich an Lehrende, die CMs im Vortrag oder interaktiv einsetzen möchten. Auch Studierende, die CMs zum eigenständigen Lernen nutzen möchten, erhalten hier Anregungen. Neben den theoretischen Grundlagen wird der Nutzen von CMs zur Vertiefung des fachlichen Verständnisses diskutiert und Sie erhalten praxisnahe Tipps, wie CMs in der Mathematik oder in verwandten Fachgebieten zum Lehren und Lernen eingesetzt werden können.

Keywords: Concept Maps, Physikdidaktik, Mathematikdidaktik, Kognitive Entlastung, Lernwerkzeug

1. CONCEPT MAPS IN IHRER URSPRÜNGLICHEN, SPRACHBASierten FORM

Concept Maps (kurz „CMs“) sind ein Lehr-, Lern- und Forschungswerkzeug, das seit mittlerweile mehr als 40 Jahren in Bildungseinrichtungen basierend auf einer umfangreichen Forschungsgrundlage (Schroeder et al., 2018) verwendet wird. Untersuchungen gibt es dabei für vielfältige Einsatzbereiche, wie Lehren und Lernen, Bewertung und Benotung, Wissensentwicklung, aber auch Forschung (Daley et al., 2016).

CMs sind grafische Hilfsmittel zur Organisation und Darstellung von Wissen in Form von Graphen. Aus graphentheoretischer Sicht bestehen sie aus Knoten und gerichteten Kanten. Im Folgenden sprechen wir jedoch weiterhin von Konzepten und deren Beziehungen:

1. Konzepte werden in der Regel in Kreisen oder Rechtecken dargestellt, sie entsprechen den Knoten eines Graphen.
2. Beziehungen zwischen den Konzepten werden durch Verbindungen in Form von Linien dargestellt, sie entsprechen den (gerichteten) Kanten.
3. Die Verbindungen werden durch Verbindungswörter oder Verbindungsphrasen näher beschrieben, die üblicherweise auf den Verbindungen stehen.

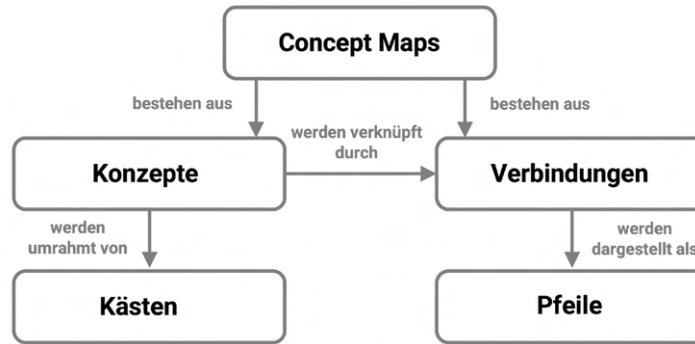


Abb. 1: Concept Map zu Concept Maps klassischer, sprachbasierter Form

2. MATHEMATISCHE CONCEPT MAPS

Mathematische CMs arbeiten mit mathematischen Konzepten, überwiegend Formeln, und stellen die Verbindungen zwischen diesen dar. Ein Beispiel ist in Abbildung 2 gezeigt. Die Konzepte und die Verbindungen werden hierbei abweichend von der Theorie durch Nummern gekennzeichnet, um die Verbindungen aus Gründen der Übersichtlichkeit und Buchdruckfreundlichkeit von der Grafik getrennt zu erklären. Beim Einsatz in der Lehre werden die Verbindungen ohnehin meist ausführlicher diskutiert. Lernende haben dann die Möglichkeit, Erklärungen und Verbindungen individuell zu notieren.

Vorgefertigte mathematische CMs wurden bislang auf Hochschulniveau zur Quantenmechanik (Wick, 2019 (deutsch), 2023 (englisch)) und zur klassischen Mechanik (Wick, 2021) veröffentlicht (vgl. Abb. 2).

3. DAS POTENZIAL VON CONCEPT MAPS

Klarheit & Verständlichkeit, soziale Interaktion und Leistungsrückmeldung (Flaig et al., 2001): Diese drei allgemeinen Erfolgsfaktoren effektiver Lehrveranstaltungen können Sie als Lehrperson durch Concept Maps bedienen, um so komplexe

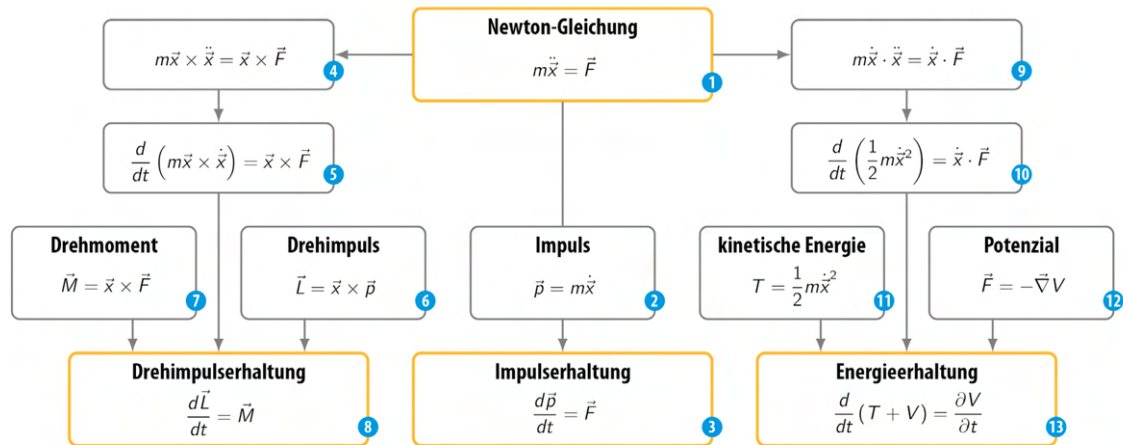
Inhalte übersichtlich darzustellen, Diskussionen anzuregen und den aktuellen Lernstand zu überprüfen.

Chunking (Gobet & Lane, 2012): Das Zusammenfassen mehrerer Informationseinheiten zu einer größeren Bedeutungseinheit unterstützt den Lernprozess von Lernenden, indem mehrere Formeln und deren Verbindungen als zusammenhängender Block erfasst und mental abgespeichert werden können.

Reduzierung unnötiger kognitiver Belastung (Paas et al., 2004): Herleitungen können Sie damit, meist auf einer Seite, übersichtlich und leicht verarbeitbar zusammenfassen. Dieser Effekt verstärkt sich, wenn im Lehrvortrag einzelne Bereiche schrittweise aufgedeckt werden, sodass Lernende die Inhalte nacheinander aufnehmen und verarbeiten können.

Concept Maps als Übung, Selbstüberprüfung und Lernzusammenfassung: Sie können Studierende anregen, selbst Concept Maps zur (Selbst-)Überprüfung des aktuellen Wissensstands zu erstellen. Auf diese Weise wird gleichzeitig ein Lernwerkzeug vermittelt.

Zusätzliches Feedback durch kooperatives aktives Lernen: Werden CMs in Gruppen bearbeitet, ergibt sich ein gemeinsamer Gesprächsgegenstand. Den Studierenden wird dadurch



© Springer-Verlag

Abb. 2: Newton-Gleichung und Erhaltungssätze als Concept Map mit Begleittext (in Anlehnung an Wick, 2021)

eine Selbsteinschätzung ermöglicht: Wissen andere Studierende mehr oder weniger als ich? Kann ich meine Gedanken verständlich in Worte fassen? Kann ich die Formeln auswendig? Kann ich Herleitungen erklären? Kann ich Formeln richtig benennen? Kann ich sie kombinieren? Mit diesen Informationen können Studierende gezielter lernen und Sie gezielter lehren.

CMs sind kombinierbar mit dem ICAP-Modell (Chi & Boucher, 2023): Sie können CMs als effektives Werkzeug entlang aller Stufen des ICAP-Modells von passivem Lernen (Betrachten einer CM) bis hin zu (inter-)aktivem und konstruktivem Lernen (Erstellen eigener CMs) im Lehr-/Lernprozess einsetzen (Schroeder et al., 2018).

4. ÜBERFACHLICHE LERNZIELE BEIM EINSATZ VON CONCEPT MAPS

Damit Sie den Lernenden leichter erklären können, welche Lernziele neben der Vermittlung von Fachinhalten mit dem Einsatz von CMs verfolgt werden, sind hier einige Beispielformulierungen aufgeführt:

Fähigkeit zur eigenständigen Erstellung von Concept Maps:

Lernende können nach der Lehreinheit selbständig aussagekräftige CMs erstellen und diese als Lernwerkzeuge aktiv einsetzen. Übung: Nutzen Sie CMs als Methode bei Übungen und reduzieren schrittweise die gegebenen Informationen. Vermitteln Sie Inhalte linear und lassen dazu CMs erstellen. Prüfung: Beweisketten oder Herleitungen mittels selbsterstellter CM erklären lassen.

Selbstbeurteilung und Reflexion des Lernerfolgs:

Lernende können mithilfe von CMs ihren eigenen Lernerfolg reflektieren und ihr Verständnis des behandelten Stoffes eigenständig

einschätzen. Übung: Nutzen Sie Übungsaufgaben und die Fragen am Ende von Kapitel 6. Nach jedem Aufgabenblock sollen entsprechende Fragen von den Lernenden beantwortet werden, bevor die Angaben auf Korrektheit geprüft werden. Prüfung: Ein Lerntagebuch wäre als Teil der Prüfungsleistung denkbar, in dem die beschriebene Übung protokolliert wird.

Erkennen des Lernpotenzials von Concept Maps: Lernende erkennen und schätzen das Potenzial von CMs für ihren individuellen Lernprozess, ggf. über die betroffene Lehrveranstaltung hinaus, und nutzen diese Erkenntnis für die nachhaltige Verbesserung ihres Lernverhaltens. Übung: Hier kann es helfen, CMs beispielsweise in Übungen alternativen Darstellungen von Lerninhalten gegenüberzustellen und die Unterschiede zu reflektieren (vergleiche abermals Fragen in Kapitel 6). Den Verständnisszuwachs oder das Erklärvermögen im Verhältnis zum Lernzeitaufwand könnte man vergleichend beobachten. Prüfung: CMs als Lerntechnik verpflichtend vorauszusetzen, ist nicht sinnvoll, da Lernende unterschiedliche Voraussetzungen mit sich bringen. Ebenso scheint eine Benotung im Zusammenhang mit diesem Lernziel wenig förderlich. Was jedoch geprüft werden könnte, ist ein stichhaltiger Vergleich verschiedener Darstellungsformen und ihrer Wirkung, ggf. ergänzt um eine Begründung, warum CMs im eigenen Fall beim Lernen eingesetzt werden oder nicht.

Gleichzeitig sollten Sie berücksichtigen, dass Lernende möglicherweise Schwierigkeiten haben, vorgegebene Lernziele richtig zu beurteilen. Kommunizieren Sie die Lernziele also nicht nur, sondern nehmen Sie regelmäßig explizit Bezug auf diese und geben den Lernenden ausreichend Feedback zu ihrem Grad der Lernzielerreichung.

5. TIPPS ZUM EINSATZ MATHEMATISCHER CONCEPT MAPS IN LEHRVORTRÄGEN

Für klassische Concept Maps gibt es bereits Literatur zu Einsatzmöglichkeiten in der Lehre, beispielsweise von Torre et al. (2013).

Berücksichtigen Sie dabei, dass mathematische CMs einen eingeschränkten Spielraum bei der Kombination von Konzepten und Verbindungen bieten, weil ausschließlich mathematisch sinnvolle Zusammenhänge dargestellt werden können.

Deshalb folgt eine angepasste und ergänzte Reihe von Tipps in Anlehnung an Torre et al. (2013), die – nicht ausschließlich – für mathematische CMs gelten:

- **CM-Prinzip erklären:** Erklären Sie den Lernenden das Prinzip von CMs mit den Konzepten und Verbindungen kurz, damit sie wissen, wie CMs „funktionieren“. Das verhindert Irritation und ermöglicht Fokus auf den Inhalt. Erklären Sie bestenfalls auch, warum CMs genutzt werden. Nutzen Sie dafür die zuvor genannten Lernziele.
- **CM eingeblendet lassen:** Lassen Sie die CM während der Sitzung durchgängig angezeigt, damit Lernende die Zusammenhänge durchweg im Blick haben, bei Bedarf den Faden wiederfinden und die CM auch visuell „abspeichern“ können.
- **CM schrittweise füllen:** Zeigen Sie zunächst nur leere Konzeptplatzhalter und Verbindungen und blenden die Konzepte schrittweise ein. So wird Ablenkung und Überforderung vermieden, der Fokus bleibt stets auf dem gerade relevanten Konzept. Gleichzeitig regen „leere Konzepte“ zum Denken an und der Fortschritt der Lehreinheit wird durch das Verhältnis leerer und aufgedeckter Konzepte schnell ersichtlich.

- **Meta-CMs bilden:** Neben der Möglichkeit, den Inhalt einer Sitzung in einer CM abzubilden, können Sie auch Verbindungen zwischen den verwendeten CMs verschiedener Sitzungen herstellen. So kann eine Meta-CM als zusammengefasster Fahrplan einer ganzen Vorlesungsreihe dienen.
- **Zum Selbstlernen und -überprüfen mit CMs anleiten:** Besprechen Sie am Ende einer Sitzung mit den Lernenden, wie man mit der CM sinnvoll weiterlernen kann, damit sie CMs sinnvoll in ihr Lernen integrieren. Die Studierenden sollten dafür sensibilisiert werden, dass das Lerngefühl oft kein guter Indikator für das tatsächliche Lernen ist (Deslauriers et al., 2019). Gerade wenn Erklärungen logisch klingen, wie im Fall

von CMs, und Lehrende ein überzeugendes Erklärvermögen besitzen, kann das bei Lernenden zum Fehlschluss führen, „Habe ich verstanden, ist nicht so schwer“. Je nach Lernziel können nachfolgende Aufgabentypen gestellt bzw. empfohlen werden.

Übungen mit mathematischen Concept Maps

Die folgende Tabelle können Sie im Sinne einer Anleitung zum Selbstlernen mit den Studierenden teilen und besprechen oder als Anregung nutzen, welche Übungen Sie im Rahmen der Lehrveranstaltung einsetzen.

Art der (Selbst-)Überprüfung	Was dadurch überprüft wird	Einsatzmöglichkeit innerhalb der Lehre
„Leere“ CMs verteilen, welche die Lernenden ausfüllen (Abgestuft könnten als Hilfestellung manche Konzepte sichtbar bleiben oder Hinweise auf die richtigen Konzepte gegeben werden in Form von Namen, Beschreibungen, Rechenvorgängen oder kommentierten Verbindungen).	Formelkenntnis und -herleitung (im Sinne von auswendig wissen bzw. herleiten können).	Als Wiederholung der letzten Sitzung mit anschließender punktueller Nachbesprechung
Konzepte und kommentierte Verbindungen zur Verfügung stellen, welche die Lernenden selbst richtig anordnen müssen.	Erstes, grobes Verständnis der Zusammenhänge zwischen den Formeln.	Vorwissen prüfen als Einstieg in neues Thema oder für Erfolgsgefühl am Ende
In Kleingruppen eine CM gegenseitig in eigenen Worten erklären.	Ausdrucksvermögen der Lernenden in Verbindung mit dem Verständnis der Formeln und ihrer Zusammenwirkung.	Zwischenübung, wenn abgeschlossene Teile der CM erklärt wurden und nun gefestigt werden sollen
CMs selbst erarbeiten (lassen), bspw. durch Literaturarbeit selbst Konzepte und deren Zusammenhänge aufstellen (lassen). Die Ergebnisse können die Lernenden selbst mit einer fertigen „Muster-CM“ vergleichen.	Umfängliches Verständnis der jeweiligen Materie und ihrer Zusammenhänge Selbsteinschätzung des eigenen Leistungsstands	Lernstandsdiagnose für Studierende. So erhalten Sie eine Rückmeldung, an welchen Stellen noch Erklärungen nötig sind und was durch die Eigenarbeit bereits alle verstanden haben.

6. TIPPS ZUM INTERAKTIVEN EINSATZ MATHEMATISCHER CONCEPT MAPS

Hier noch einige ergänzende Hinweise und Ideen, wie Sie CMs interaktiv in der Lehre einsetzen können:

- **Prinzip „Think – Pair – Share“:** Dieses mittlerweile weit verbreitete Prinzip ist auch für den Einsatz von CMs in der Lehre zentral. Damit Lernende die Lernziele auch erreichen können, ist es wichtig, dass sie sich zunächst allein mit einer Aufgabe oder Frage beschäftigen, bspw. zehn bis 15 Minuten mit dem Ausfüllen einer leeren CM. In dieser Phase haben Studierende die Zeit, eigene Gedanken zu entwickeln. Regen Sie anschließend den Austausch mit anderen Lernenden an (ca. 15 Minuten). So üben Studierende, ihre Gedanken in Worte zu fassen, und erhalten von ihren Peers Feedback: sowohl zur Verständlichkeit als auch zur Validität ihrer Ergebnisse. Zuletzt folgt die Share-Phase, bei der die gesammelten Lösungsansätze im Plenum besprochen werden. Durch die vorhergehende Phase sind einzelne Lernende und ihre Ideen nun nicht mehr exponiert, was die Grundlage für mehr Austausch schafft. Bestärken Sie beobachtetes zielförderliches Verhalten und Erfolge, bevor sie auf Unklarheiten eingehen.
- **Stufenweise Unterstützungsangebote bei Selbstarbeit für effektive Lernzeit mit gleichzeitigem Leistungsfeedback:** Damit sich Lernende, allein oder in der Gruppe, möglichst auf lernförderliche Herausforderungen fokussieren, können Sie während der think- und pair-Phase stufenweise Unterstützung bereitstellen, sodass der Grad der benötigten Hilfe für die Studierenden zugleich eine Selbsteinschätzung von Lernerfolg und -bedarf ermöglicht.

- Beispiele für Hilfsangebote:
 - Internetrecherche
 - Bereitstellung von Formelüberschriften bzw. -bestandteilen
 - Zusammenarbeit mit anderen Kleingruppen
 - Nachschlagen im Skript
 - Nutzung bereitstehender Selbstlerneinheiten zur Wiederholung auf Lernplattformen
 - Bereitstellung einer Musterlösung zum Nachschlagen an der Tafel
 - Rückfragen beim Lehrenden

Die Staffelung der Hilfsangebote sollte sich an den fachlichen und oben beschriebenen überfachlichen Lernzielen der Sitzung orientieren und für Lernende erlebbar werden lassen, was sie können und was noch nicht. Wenn beispielsweise das Auswendiglernen von Formeln nicht nötig ist, sollte die Bereitstellung von einzusetzenden Formeln zu den ersten Hilfsangeboten gehören. Wenn das Auswendiglernen jedoch ein erklärtes Lernziel ist, sollten Hilfsangebote wie die Bereitstellung von Formelüberschriften vorgeschaltet werden.

- **Schlussreflexion mit den Lernenden, um Erfahrungen bewusst zu machen:**
Speziell zur Unterstützung der überfachlichen Lernziele können Sie folgende Fragen nach einer Lerneinheit an die Lernenden richten.

Fragenblock zur Überprüfung der Selbsteinschätzung:

„Deckt sich Ihre Leistung in den Übungen mit dem, was sie von sich erwartet hatten? Wovon sind Sie überrascht? Was bedeutet die Erkenntnis für die Zukunft?“

Lernende, die mehr von sich erwartet hatten, setzen sich entweder selbst zu sehr unter Druck oder überprüfen die eigene Leistung noch zu wenig. Letzteres müssen Lernende positiv sehen: Sie haben mit der jeweiligen Methode eine

Anregung erhalten, wie sie in Zukunft zielführender lernen können. Lieber erfolgt diese Rückmeldung in der Übung als mit der Prüfungsnote. Wer sich zu sehr unter Druck setzt, kann darauf hingewiesen werden, dass jener Druck wortwörtlich auf die Leistung „drückt“, indem er für Angst und Unsicherheit sorgt und damit das Lernen und Denken beeinträchtigt. In harten Fällen kann auf diskrete Weise (!) auf psychologische Beratung im Haus verwiesen werden.

Fragenblock zur Lernmotivation: „Hat das Lernen auf diese Weise Spaß gemacht? Warum? Wie ändert das Ihre Einstellung gegenüber dem Lernen?“

Je nach Antworten sollten Lernende angeregt werden, sich hilfreiche Übungen selbst oder gegenseitig zu stellen, Lerngruppen zu bilden oder die Übungen regelmäßig zu wiederholen.

Fragenblock zur Reflexion und Anwendung der Lernmethode: „Empfanden Sie das Prinzip CM hilfreich? Warum? Wie können Sie das für die Prüfungsvorbereitung nutzen? In welchen anderen Fächern lässt sich das Prinzip nutzen?“

Bei dieser Frage geht es vor allem darum, dass Lernende über ihr eigenes Lernen nachdenken und effektive Lerntechniken auch als solche wahrnehmen und weiter nutzen. Damit dies geschieht, braucht es regelmäßige Erinnerung und Reflexion. Wichtig ist: Lernen muss erfolgreich sein und als solches erlebt werden, damit es gern getan wird.

Danksagung

Unser besonderer Dank gilt Claudia Schäfle, Peter Riegler und Ingrid Cavalieri, deren fachliche Impulse und wertvolle Anregungen im Rahmen von BayernMINT maßgeblich zur Ausarbeitung dieses Beitrags beigetragen haben. Weiterhin danken wir der Bund-Länder-Initiative „FH-Personal“ durch die die Mitwirkung Raik Pawlowskys möglich gemacht wurde.

Literatur

Albert, M., & Steiner, C. M. (2005). Empirical validation of concept maps: Preliminary methodological considerations. In Fifth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'05) (pp. 952–953). IEEE.

Chi, M. T. H., & Boucher, N. S. (2023). Applying the ICAP framework to improve classroom learning. In C. E. Overson, C. M. Hakala, L. L. Kordonowy, & V. A. Benassi (Eds.), *In their own words: What scholars and teachers want you to know about why and how to apply the science of learning in your academic setting* (pp. 94–110). Society for the Teaching of Psychology.

Daley, B. J., Durning, S. J. & Torre, D. M. (2016). Using Concept Maps to Create Meaningful Learning in Medical Education. *MedEdPublish*, 5, 19. <https://doi.org/10.15694/mep.2016.000019>

Deslauriers, L., McCarty, L., 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.

Flaig, M., Heltemes, T. & Schneider, M. (2001). Lernförderliche Durchführung von Lehrveranstaltungen. In: R. Kordts-Freudinger, N. Schaper, A. Scholkmann & B. Szczyrba (Hrsg.), Handbuch Hochschuldidaktik (S. 73–86). wbv.

Gobet, F. & Lane, P. C. R. (2012). Chunking mechanisms and learning. In N. M. Seel (Hrsg.), Encyclopedia of the sciences of learning (S. 541–544). Springer.

Novak, J. D., & Cañas, A. J. (2008). The theory underlying concept maps and how to construct and use them (Technical Report IHMC CmapTools 2006-01 Rev 01-2008). Florida Institute for Human and Machine Cognition. <https://cmap.ihmc.us/docs/pdf/TheoryUnderlyingConceptMaps.pdf>

Paas, F., Renkl, A. & Sweller, J. (2004). Cognitive Load Theory: Instructional Implications of the Interaction between Information Structures and Cognitive Architecture. Instructional Science, 32, 1–8. <https://doi.org/10.1023/B:TRUC.0000021806.17516.d0>

Schroeder, N. L., Nesbit, J. C., Anguiano, C. J., & Adesope, O. O. (2018). Studying and constructing concept maps: A meta-analysis. Educational Psychology Review, 30(2), 431–455. <https://doi.org/10.1007/s10648-017-9403-9>

Torre, D. M., Durning, S. J. & Daley, B. J. (2013). Twelve tips for teaching with concept maps in medical education. Medical teacher, 35(3), 201–208.

Wick, M. (2019). Quantenmechanik mit Concept-Maps. Mit Struktur und Übersicht besser verstehen und lernen. Springer Nature.

Wick, M. (2021). Klassische Mechanik mit Concept-Maps. Strukturiert durch die Theoretische Physik I. Springer Nature.

Wick, M. (2023). Quantum Mechanics with Concept Maps. <https://doi.org/10.1017/9781009234887>

Angaben zu den Autoren

Prof. Dr. Michael Wick

ist Professor an der Fakultät Angewandte Naturwissenschaften und Gesundheit der Hochschule Coburg. Er ist Dekan der Fakultät sowie Studiengangsleiter für Technische Physik. Darüber hinaus ist er Autor mehrerer Lehrbücher und Entwickler interaktiver Webseiten zur Unterstützung der Physik-Lehre.

Prof. Dr. Roman Rischke

ist Professor für Data Science, promovierter Mathematiker und Mitgründer des Center for Responsible AI an der HAW Coburg. Seine Schwerpunkte sind die mathematische Optimierung sowie effiziente Verfahren des maschinellen Lernens.

Raik Pawlowsky

ist Hochschuldidaktiker an der HAW Coburg im Rahmen des Projekts »IMPETUS«. Er hat Erwachsenenbildung studiert und hat selbst Lehrerfahrung aus verschiedenen Kontexten.

EYE MOVEMENT MODELING EXAMPLES ZU USABILITY-HEURISTIKEN

Dominik Bittner
University of Aberdeen, UK

Fabian Engl, Florian Hauser, Jürgen Mottok, Sean Patrick Saßmannshausen
OTH Regensburg, Deutschland

ZUSAMMENFASSUNG

UI/UX-Gestaltung ist für die Mensch-Computer-Interaktion bei Webanwendungen entscheidend. Hohe Nutzererwartungen und starker Wettbewerb erfordern Usability-Messungen, um Nutzer langfristig zu binden. Die Heuristic Evaluation (HE) stellt diesbezüglich eine effiziente Messmethode dar, ihr Erfolg hängt jedoch stark von der Erfahrung der Evaluatoren ab – Experten finden bis zu 50 % mehr Probleme als Novizen. Um diese Performanzlücke bei der Anwendung der HE zu schließen, werden in diesem Paper Eye Movement Modeling Examples (EMMEs) hinsichtlich ihrer Wirksamkeit untersucht. Dabei werden die Blickbewegungen und Kommentare von Usability-Experten aufgezeichnet, während sie eine Website anhand von Jakob Nielsens zehn Heuristiken bewerten. Dies visualisiert Expertenstrategien und kognitive Prozesse und macht die Heuristiken didaktisch nutzbar und für Novizen nachvollziehbar. Fragebogenbefunde zu den EMMEs bestätigen, dass diese als hilfreich und lernfördernd wahrgenommen werden, was ein tieferes Verständnis ermöglicht und den Einsatz in anderen Domänen unterstützen könnte.

Keywords: Eye Tracking, Eye Movement Modeling Examples, User Interface Design, User Experience Design, Usability Heuristics

1. EINLEITUNG

Das User Interface (UI) und das User Experience (UX) Design spielen eine wesentliche Rolle für die Mensch-Computer-Interaktion (HCI), besonders bei Webanwendungen. Nutzer haben oft hohe Erwartungen an eine Website; mangelhafte Funktionalität oder unnötige Komplexität können daher dazu führen, dass sie rasch zu Konkurrenzangeboten abwandern. Um dies zu verhindern, ist die regelmäßige Messung der Usability sinnvoll, wenn nicht sogar notwendig (Casaló et al., 2008; Nielsen, 1993).

Eine gängige Methode zur Bewertung der Usability von Websites ist die sogenannte Heuristic Evaluation (HE) (Nielsen & Molich, 1990). HE erfordert im Vergleich zu anderen Methoden relativ wenig Zeit, Kosten und Ressourcen (Fernandez et al., 2011; Rosenbaum et al., 2000). Dabei untersuchen idealerweise drei bis fünf Evaluierende eine Website und orientieren sich an vorgegebenen Usability-Heuristiken (Nielsen, 1994). Der Erfahrungsgrad dieser Personen beeinflusst dabei stark die Qualität der Ergebnisse (Lecaros et al., 2021). Während erfahrene Evaluierende rund 75 % der Usability-Probleme erkennen, finden Novizen oft nur etwa 51 %, manchmal sogar nur 23 % (Nielsen, 1992; Slavković & Cross, 1999).

In der Regel wenden Experten bei der Bewertung effektivere Strategien an und verfügen über ein besseres Verständnis der Heuristiken als Novizen (Abulfaraj & Steele, 2020). Besonders Nielsens zehn Usability-Heuristiken (Nielsen, 2006) bereiten

unerfahrenen Evaluierenden oft Schwierigkeiten, da sie teilweise abstrakt formuliert sind und sich nur schwer voneinander unterscheiden lassen (Lecaros et al., 2021). Dies ist problematisch, weil kleine Unternehmen häufig eher Novizen als teure Experten beschäftigen (de Lima Salgado et al., 2016).

Das hier vorgestellte Projekt schlägt eine innovative Lösung vor, indem Nielsens zehn Usability-Heuristiken anhand konkreter und anschaulicher Beispiele dargestellt werden. Dazu kommen sogenannte Eye Movement Modeling Examples (EMMEs) zum Einsatz. In diesen kurzen Lehrvideos werden die Blickbewegungen und Kommentare eines Usability-Experten aufgezeichnet, während er die Benutzerfreundlichkeit einer einfachen „Notes“-Website anhand von Nielsens zehn Heuristiken analysiert. Dabei werden kognitive Strategien und Prozesse sichtbar gemacht und verständlich erläutert (Bednarik et al., 2018; Jarodzka et al., 2012; Stark, 2021). Die Effektivität der EMMEs wurde mittels einer Umfrage überprüft. Der Artikel schließt mit einer Diskussion der Ergebnisse und gibt einen Ausblick auf zukünftige Arbeiten zur weiteren Integration von EMMEs in die Usability-Evaluation.

2. ZENTRALE BEGRIFFE UND GRUNDLAGEN

Nachfolgend werden zentrale Begriffe und Grundlagen zu Usability, Heuristic Evaluation, Jakob Nielsens zehn Usability-Heuristiken und Eye Movement Modeling Examples vorgestellt.

Usability: Nach ISO 9241-210 beschreibt Usability, wie effektiv, effizient und zufriedenstellend Nutzende in einem bestimmten Kontext ihre Ziele erreichen (ISO, 2019). Nielsen (1993, 2009) definiert Usability als Qualitätsmerkmal, das beschreibt, wie einfach eine Benutzerschnittstelle verwendet werden kann. Dabei hebt er fünf zentrale Aspekte hervor: leichte Erlernbarkeit,

Effizienz bei der Nutzung, Wiedererkennung nach Nutzungspausen, Fehlertoleranz und Nutzerzufriedenheit. Ein benutzbares System sollte diese Eigenschaften erfüllen (Nielsen, 2009).

Heuristic Evaluation: HE ist eine Methode, um Usability-Probleme in Benutzeroberflächen aufzudecken (Nielsen & Molich, 1990). Im Gegensatz zu aufwändigeren Verfahren wie Nutzerstudien oder Cognitive Walkthrough ist die HE kostengünstiger und zeiteffizienter (Fernandez et al., 2011; Rosenbaum et al., 2000). Dabei bewerten mehrere Personen unabhängig voneinander ein System anhand sogenannter Usability-Heuristiken (Nielsen, 1994a). Obwohl viele Forschende spezifische Heuristiken vorgeschlagen haben (z. B. Paz et al., 2013; Shneiderman et al., 2016), gelten Jakob Nielsens zehn Usability-Heuristiken (Nielsen, 2006) als am weitesten verbreitet.

Nielsens zehn Usability-Heuristiken: Nielsen (2006) zehn Usability-Heuristiken bilden die Grundlage für HE. Diese Heuristiken enthalten jeweils eine Definition, praktische Hinweise und Beispiele. Zum Beispiel lautet die erste Heuristik „Visibility of System Status“ mit der Erklärung, dass Nutzende jederzeit informiert sein sollten, was im System geschieht. Nielsen stellt dazu praktische Beispiele bereit, etwa interaktive Karten in Einkaufszentren, die den aktuellen Standort anzeigen, um die Orientierung zu erleichtern (Nielsen, 2006).

Eye Movement Modeling Examples: Jarodzka et al. (2012) definieren EMMEs als videobasierte Lernbeispiele, bei denen ein Experte eine visuelle Aufgabe löst, während seine Blickbewegungen sowie verbale Erklärungen aufgezeichnet werden. Im Vordergrund steht dabei nicht das Endergebnis, sondern der kognitive Prozess der Lösungsfindung (Jarodzka et al., 2012; van Gog & Rummel, 2010). EMMEs zeigen, wie Experten bestimmte visuelle Strategien nutzen, und helfen Lernenden dabei, diese Strategien nachzuvollziehen und zu übernehmen

(Bednarik et al., 2018; Hauser et al., 2023; Stark, 2021). In dieser Studie werden EMMEs als didaktisch aufbereitete, videobasierte Anwendungsbeispiele verstanden. Durch die Einbeziehung und Darstellung der Augenbewegungen, in Kombination mit den verbalen Kommentaren, wird der Wahrnehmungs- und Denkprozess von Experten nachvollziehbar vermittelt (Hauser et al., 2023; Jarodzka et al., 2017; Winter et al., 2021).

3. ÄHNLICHE ARBEITEN

Um Jakob Nielsens zehn Usability-Heuristiken verständlich und praxisnah zu vermitteln, existieren verschiedene Ansätze, darunter die Entwicklung neuer oder die Anpassung bestehender Heuristiken sowie die Optimierung einzelner Aspekte der HE (Abulfaraj & Steele, 2020b). Im Folgenden werden zunächst einige dieser Ansätze vorgestellt.

Lima Salgado et al. (2016) untersuchten Schwierigkeiten, die Novizen beim Unterscheiden der Nielsen-Heuristiken haben. Insbesondere die dritte und siebte Heuristik wurden häufig verwechselt. Ob die vorgeschlagenen Anpassungen tatsächlich helfen, blieb jedoch offen.

Einen wesentlichen Forschungsbeitrag liefern Abulfaraj und Steele (2020a, 2021a, 2021b), indem sie 15 Usability-Experten zu Nielsens Heuristiken befragten und aus den Ergebnissen detailliertere Heuristiken ableiteten. Daraus entstand das dreistufige Protokoll „Coherent Heuristic Evaluation“ (CoHE), bestehend aus den Phasen „Understanding“, „Inspecting“ und „Documenting“ (Abulfaraj & Steele, 2020a). Zudem entwickelten sie eine fragebasierte Methode zur Selbstbewertung bei Usability-Problemen (Abulfaraj & Steele, 2021b). Allerdings fehlen noch praktische Nutzertests, um die Wirksamkeit dieser Ansätze zu bestätigen.

Trotz vielfältiger Vorschläge zur Anpassung der HE existieren kaum Methoden, um Novizen die originalen Nielsen-Heuristiken besser verständlich zu machen, ohne sie abzuändern. An dieser Stelle könnten EMMEs hilfreich sein. EMMEs wurden ursprünglich in der Bildungspsychologie eingeführt, und bis 2023 liegen rund 72 Studien dazu vor (Gegenfurtner et al., 2017; Jarodzka et al., 2012, 2017). Obwohl ihre Wirksamkeit anfangs kontrovers diskutiert wurde (van Marlen et al., 2016), haben sie sich in visuell orientierten Domänen wie dem Softwareengineering bewährt (Bednarik et al., 2018; Hauser et al., 2023; Stark, 2021).

So zeigten Hauser et al. (2023), dass EMMEs Studierenden helfen, visuelle Strategien von Experten, etwa bei Code Reviews, nachzuvollziehen. Studierende empfanden die Videos als lernförderlich und wünschten deren weitere Integration in Lehrveranstaltungen. Diese Ergebnisse decken sich mit Studien von Bednarik et al. (2018) sowie Stark (2021). Auch Winter et al. (2021) berichteten, dass EMMEs Novizen dabei unterstützen, komplexe Prozessmodelle besser zu verstehen.

4. EIGENE ARBEIT

Die eigene Arbeit beschäftigt sich damit, EMMEs zur Lehre der Nielsen Heuristiken einzusetzen. Nachfolgend wird die Konzeption und Durchführung der entsprechenden Studie geschildert.

Studiendesign

Das Studiendesign und methodische Vorgehen folgen im Wesentlichen dem Ansatz von Hauser et al. (2023) und gliedert sich in drei Phasen:

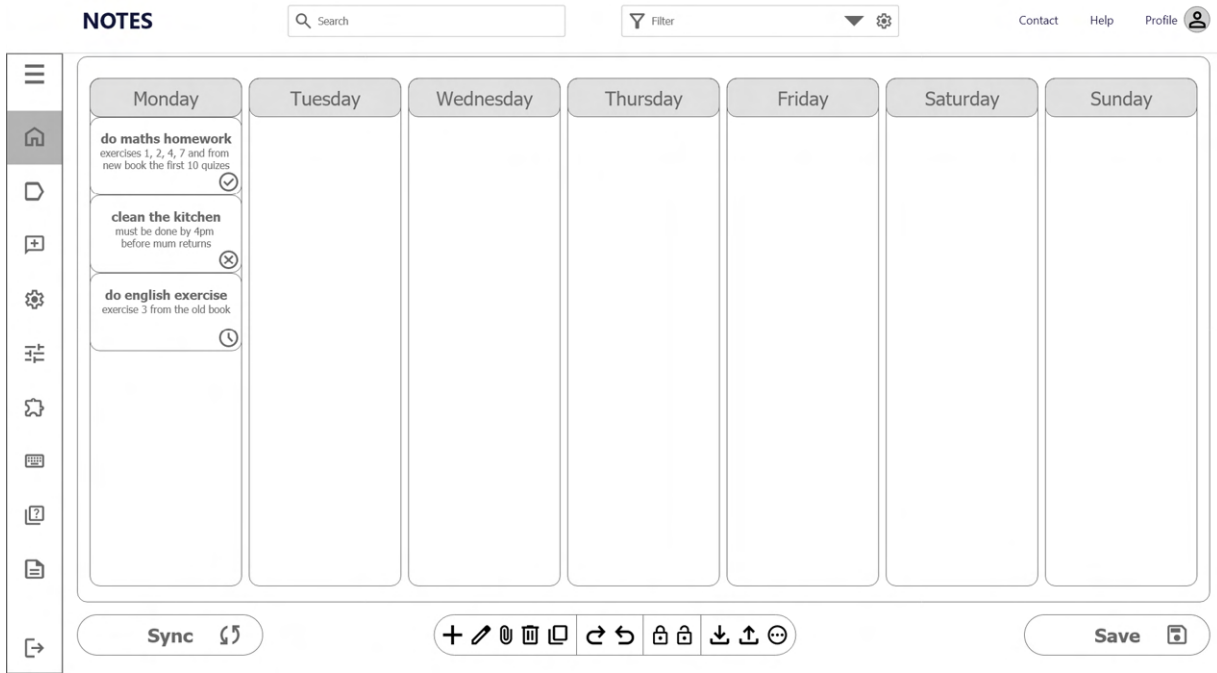


Abb. 1: Exemplarische Darstellung eines Notes-Interfaces, welches die Usability-Heuristik Nr. 8 (Aesthetic and Minimalist Design) berücksichtigt.

Erstellungsphase: Zunächst wurde eine einfache Website („Notes“) entwickelt. Pro Nielsen-Heuristik entstanden zwei Varianten: eine Variante berücksichtigt die Heuristik („positiv“), die andere ignoriert sie („negativ“). Exemplarische Darstellungen finden sich nachfolgend in den Abbildungen 1 und 2. Anschließend wurden zehn EMME-Videos erstellt, in denen ein Usability-Experte beide Website-Versionen analysierte. Dabei wurden Blickbewegungen und verbale Kommentare (Think-Aloud-Verfahren) aufgezeichnet. Jedes Video besteht aus drei Teilen: (1) Analyse der negativen Variante, (2) Erläuterung der jeweiligen Heuristik und (3) Analyse der positiven Variante. Die Videos wurden in DaVinci Resolve nachbearbeitet und öffentlich auf Zenodo publiziert.

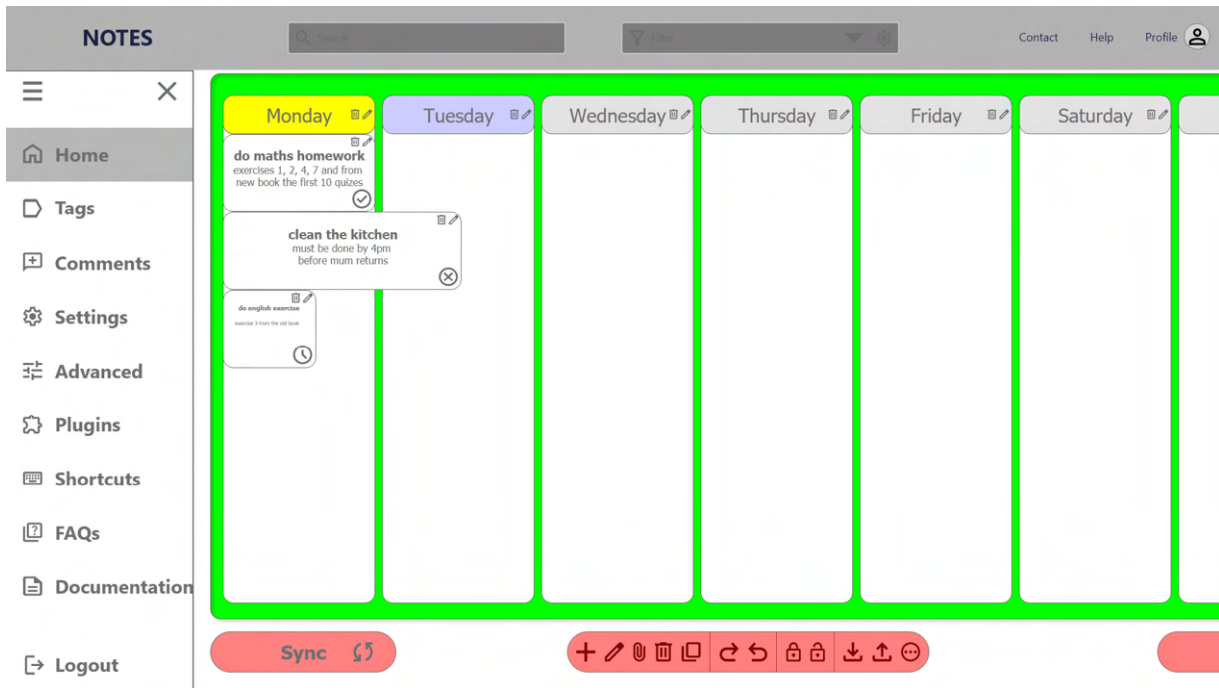


Abb. 2: Exemplarische Darstellung eines Notes-Interfaces, welches gegen die Usability-Heuristik Nr. 8 (Aesthetic and Minimalist Design) verstößt.

Testphase: Die Teilnehmer an der Studie hatten Zugang zu den EMMes über Moodle, eingebettet in eine Lehrveranstaltung zur Usability-Evaluation.

Auswertungsphase: Die EMMes wurden im Rahmen einer Fragebogenstudie bewertet und die Ergebnisse ausgewertet. Die Ergebnisse werden in Abschnitt 5 dargestellt.

Stichprobe

Die Stichprobe bestand aus zwei Gruppen:

- Gruppe 1 (Experte): Eine Person mit Erfahrung in Usability-Evaluation und Eye-Tracking, deren Blickbewegungen und Kommentare für die Videos aufgezeichnet wurden.
- Gruppe 2 (Studierende): 17 Studierende (16 männlich, 1 weiblich) aus verschiedenen Fachrichtungen, von Bachelor bis Doktorat. Die Datenerhebung erfolgte anonym und DSGVO-konform.

Instrumente

EMMEs: Alle EMMEs wurden unter gleichen Bedingungen (Licht, Geräuschpegel) mit einem Tobii Pro Fusion Eye Tracker (250 Hz) aufgenommen, Audiokommentare wurden über ein integriertes Mikrofon aufgezeichnet. Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Themen und Dauer der aufgezeichneten EMMEs.

Tab. 1: Übersicht über die verschiedenen EMMEs

EMME	Jakob Nielsens Usability Heuristik	Dauer
1	Visibility of System Status	3 min 35 s
2	Match Between System and the Real World	5 min 52 s
3	User Control and Freedom	8 min 12 s
4	Consistency and Standards	10 min 13 s
5	Error Prevention	6 min 15 s
6	Recognition Rather Than Recall	8 min 32 s
7	Flexibility and Efficiency of Use	4 min 43 s
8	Aesthetic and Minimalist Design	5 min 38 s
9	Recognize, Diagnose, and Recover from Errors	4 min 41 s
10	Help and Documentation	3 min 41 s

Fragebogen: Ein Online-Fragebogen wurde verwendet, bestehend aus sechs Kernfragen zur Einzelbewertung, sowie fünf zusätzlichen Fragen für die Gesamtbewertung der EMMEs. Alle Items wurden auf einer 5-Punkte-Likert-Skala beantwortet. Zusätzlich war Freitextfeedback möglich.

Forschungsfragen

Die eigene Arbeit adressiert zwei zentrale Forschungsfragen:

- Werden EMMEs als effektives und hilfreiches Lernmaterial für Nielsens Heuristiken wahrgenommen?
- Werden EMMEs allgemein als effektives und hilfreiches Lernmaterial empfunden?

5. ERGEBNISSE

Die Ergebnisse unterteilen sich in die Einzel- und Gesamtbewertung der EMMEs.

Individuelle Bewertung der EMMEs: Im Mittel lagen alle Bewertungen der einzelnen EMMEs im positiven Bereich (≥ 3). Besonders gut bewertet wurde EMME 8 (Aesthetic and Minimalist Design) hinsichtlich Lernunterstützung ($M=4,06$) und Weiterempfehlung ($M=4,06$). Die höchste Zustimmung zur Verständlichkeit, Anwendbarkeit und angemessenen Länge erhielt EMME 10 (Help and Documentation; M zwischen 4,29 und 4,76). EMME 1 (Visibility of System Status) wurde für die Sinnhaftigkeit des Beispiels am besten bewertet ($M=4,76$). Die Bewertung der Videolänge fiel insgesamt etwas niedriger aus, was auf Optimierungspotenzial hinweist. Tabelle 2 gibt einen Überblick bezüglich der erhaltenen Ergebnisse.

Tab. 2: Mittelwerte und Standardabweichungen für die Bewertung der einzelnen EMMes

Frage	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Gesamt
Hat sie das EMME in Ihrem Lernprozess unterstützt?	3,29 (0,99)	3,59 (0,87)	3,76 (0,75)	3,71 (0,92)	3,76 (0,90)	3,47 (0,72)	3,88 (0,70)	4,06 (0,66)	3,82 (0,81)	4,00 (0,87)	4,00 (0,61)
Haben Sie im EMME vermittelte Konzept verstanden?	4,59 (0,62)	4,47 (0,87)	4,47 (0,72)	4,35 (0,70)	4,41 (0,94)	3,88 (0,78)	4,53 (0,62)	4,65 (0,61)	4,41 (0,71)	4,76 (0,56)	4,29 (0,69)
Können Sie das im EMME vermittelte Konzept anwenden?	4,18 (0,73)	4,41 (0,71)	4,06 (0,97)	4,06 (0,75)	4,12 (0,93)	3,59 (1,12)	3,94 (0,83)	4,29 (0,85)	4,24 (0,75)	4,47 (0,62)	4,18 (0,53)
War das im EMME behandelte Beispiel angemessen?	4,76 (0,44)	4,41 (0,80)	4,47 (0,62)	4,18 (0,73)	4,29 (0,99)	4,00 (0,79)	3,94 (0,90)	4,59 (0,62)	4,35 (0,70)	4,59 (0,51)	4,35 (0,49)
War die Dauer des EMME angemessen?	3,88 (0,99)	3,35 (0,93)	3,18 (1,24)	3,06 (1,34)	3,82 (1,01)	3,53 (1,12)	3,82 (0,95)	4,12 (0,93)	3,94 (0,83)	4,29 (0,92)	3,35 (0,93)
Würden Sie das EMME anderen Studierenden empfehlen?	3,35 (1,06)	3,65 (1,00)	3,41 (1,12)	3,59 (1,18)	3,65 (1,00)	3,24 (1,09)	3,71 (0,92)	4,06 (1,14)	3,65 (1,06)	3,76 (1,09)	3,65 (1,11)

Bewertung der EMMes insgesamt: Die Gesamtbewertung der EMMes war ebenfalls überwiegend positiv (M zwischen 3 und 5). Etwas geringere Zustimmung zeigten die Studierenden beim Wunsch nach mehr Usability-EMMEs ($M=3,00$) und zur Verwendung in anderen Fächern ($M=3,71$). Qualität ($M=4,18$) und das Verständnis kognitiver Prozesse ($M=4,18$) wurden hingegen klar positiv bewertet. Im Freitextfeedback wurde erwähnt, dass die Blickbewegungen teilweise ablenkend waren. Vorgeschlagen wurde eine Glättung der Blickpfade oder eine Reduzierung auf komplexe Szenarien. Tabelle 3 stellt eine Zusammenfassung der Gesamtbewertung der EMMes dar.

Tab. 3: Mittelwerte und Standardabweichungen für die Gesamtbewertung EMMes

Frage	Bewertung
Haben Ihnen die EMMes dabei geholfen die involvierten kognitiven Prozesse in Bezug auf Usability besser zu verstehen?	4,18 (1,01)
Möchten Sie gerne mehr EMMes in Bezug auf Usability sehen?	3,00 (1,22)
Möchten Sie gerne EMMes zu anderen Themen sehen?	3,71 (1,05)
War die Qualität der EMMes angemessen?	4,18 (0,81)
Haben die EMMes sie im Allgemeinen beim Lernen unterstützt?	3,88 (0,87)

6. ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Zusammenfassung: Die Teilnehmenden bewerteten die EMMEs zu Nielsens Heuristiken als hilfreich, waren aber nicht mit allen EMMEs vollständig zufrieden. Insgesamt zeigte sich, dass die Studierenden die EMMEs als qualitativ hochwertig und lernförderlich einschätzen. Perspektivisch wünschen sie sich kleinere Optimierungen hinsichtlich Videolänge und der Darstellung der Augenbewegungen.

Einschränkungen: Die Studie hat mehrere Einschränkungen: eine kleine Stichprobe (n=17), potenzielle Verzerrungen durch Selbstauskunft und die Verwendung nur eines Experten für die Videoerstellung. Die Ergebnisse sind dennoch ein wichtiger erster Schritt für weiterführende Untersuchungen.

Ausblick: EMMEs stellen sich als probates Mittel zur Vermittlung komplexer, visueller Inhalte dar. Dies konnte auch für Usability bestätigt werden. Da die vorliegende Studie lediglich künstlich generierte Websites nutzte, könnten zukünftige Arbeiten sich auf realistischere Beispiele beziehen und diese hinsichtlich Usability bzw. der Anwendung der Heuristiken untersuchen und die Ergebnisse didaktisch nutzbar machen.

Literatur

Abulfaraj, A. & Steele, A. (2020a). Coherent Heuristic Evaluation (CoHE): Toward Increasing the Effectiveness of Heuristic Evaluation for Novice Evaluators. In Lecture notes in computer science (S. 3–20). https://doi.org/10.1007/978-3-030-49713-2_1

Abulfaraj, A. & Steele, A. (2020b). Detailed Usability Heuristics: A Breakdown of Usability Heuristics to Enhance Comprehension for Novice Evaluators. In Lecture notes in computer science (S. 3–18). https://doi.org/10.1007/978-3-030-60114-0_1

Abulfaraj, A., & Steele, A. (2021a). A novel approach to heuristic evaluation: Mapping usability heuristics to action model and usability components. In Proceedings of the XXI International Conference on Human Computer Interaction (pp. 1–5). ACM.

Abulfaraj, A. & Steele, A. (2021b). Operational Usability Heuristics: A Question-Based Approach for Facilitating the Detection of Usability Problems. In Lecture notes in computer science (S. 173–186). https://doi.org/10.1007/978-3-030-78221-4_12

Alqurni, J., Alroobaea, R. & Alqahtani, M. (2018). Effect of User Sessions on the Heuristic Usability Method. International Journal Of Open Source Software And Processes, 9(1), 62–81. <https://doi.org/10.4018/ijoss.2018010104>

Bednarik, R., Schulte, C., Budde, L., Heinemann, B., & Vrzakova, H. (2018). Eye-movement modeling examples in source code comprehension. In Proceedings of the 18th ACM Koli Calling (pp. 1–8). ACM.

Casaló, L. V., Flavián, C., & Guinalíu, M. (2008). The role of perceived usability, reputation, satisfaction and consumer familiarity on the website loyalty formation process. Computers in Human Behavior, 24(2), 325–345. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2007.01.017>

- De Lima Salgado, A., Amaral, L. A. do, Freire, A. P., & de Mattos Fortes, R. P. (2016). Usability and UX practices in small enterprises: Lessons from a survey of the Brazilian context. In Proceedings of the 34th ACM International Conference on the Design of Communication (pp. 1–4). ACM. <https://doi.org/10.1145/2987592.2987616>
- De Lima Salgado, A., & de Mattos Fortes, R. (2016). Heuristic evaluation for novice evaluators. In A. Marcus (Ed.), Design, user experience, and usability: Design thinking and methods (pp. 387–398). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-40409-7_37
- Fernandez, A., Insfran, E., & Abrahão, S. (2011). Usability evaluation methods for the web: A systematic mapping study. Information and Software Technology, 53(8), 789–817. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2011.02.007>
- Gegenfurtner, A., Lehtinen, E., Jarodzka, H., & Säljö, R. (2017). Effects of eye movement modeling examples on adaptive expertise in medical image diagnosis. Computers & Education, 113, 212–225. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.06.001>
- Hauser, F., Grabinger, L., Mottok, J., Jahn, S., & Nadimpalli, V. K. (2023). The expert's view: Eye movement modeling examples in software engineering education. In Proceedings of the 5th European Conference on Software Engineering Education (pp. 148–152). ACM. <https://doi.org/10.1145/3593663.3593683>
- ISO. (2019). Ergonomics of human-system interaction – Part 210: Human-centred design for interactive systems (ISO 9241-210:2019). <https://www.iso.org/standard/77520.html>
- Jarodzka, H., Balslev, T., Holmqvist, K., Nyström, M., Scheiter, K., Gerjets, P., & Eika, B. (2012). Conveying clinical reasoning based on visual observation via eye-movement modelling examples. Instructional Science, 40(5), 813–827. <https://doi.org/10.1007/s11251-012-9218-5>
- Jarodzka, H., Holmqvist, K., & Gruber, H. (2017). Eye tracking in educational science: Theoretical frameworks and research agendas. Journal of Eye Movement Research, 10(1), 1–18. <https://doi.org/10.16910/jemr.10.1.3>
- Lecaros, A., Paz, F., & Moquillaza, A. (2021). Challenges and opportunities on the application of heuristic evaluations: A systematic literature review. In C. Stephanidis (Ed.), Human-Computer Interaction. HCII 2021 (pp. 242–261). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-78221-4_17
- Molich, R., & Nielsen, J. (1990). Improving a human-computer dialogue. Communications of the ACM, 33(3), 338–348. <https://doi.org/10.1145/77626.77629>
- Nielsen, J. (1993). Usability Engineering. Morgan Kaufmann.
- Nielsen, J. (1994a). Guerrilla HCI: Using discount usability engineering to penetrate the intimidation barrier (Technischer Bericht). In R. G. Bias & D. J. Mayhew (Hrsg.), Cost-justifying usability (S. 245–272). Academic Press.
- Nielsen, J. & Mack, R. L. (1994b). Usability inspection methods.
- Nielsen, J. (2024, 20. Februar). 10 Usability Heuristics for User Interface Design. Nielsen Norman Group. <https://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/>

Nielsen, J. (2024a, Januar 31). Usability 101: Introduction to Usability. Nielsen Norman Group. <https://www.nngroup.com/articles/usability-101-introduction-to-usability>

Nielsen, J., & Molich, R. (1990). Heuristic evaluation of user interfaces. Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, 249-256. <https://doi.org/10.1145/97243.97281>

Rosenbaum, S., Rohn, J., & Humburg, J. (2000). A toolkit for strategic usability: Results from workshops, panels, and surveys. In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (pp. 337-344). ACM. <https://doi.org/10.1145/332040.332454>

Slavković, A., & Cross, K. (1999). Novice heuristic evaluations of a complex interface. In CHI '99 Extended Abstracts (pp. 304-305). ACM. <https://doi.org/10.1145/632716.632902>

Stark, T. (2021). Learning from eye movement modelling examples: Effects on performance and visual behaviour (Masterarbeit). Universität Regensburg.

Van Gog, T. & Rummel, N. (2010). Example-Based Learning: Integrating Cognitive and Social-Cognitive Research Perspectives. Educational Psychology Review, 22(2), 155-174. <https://doi.org/10.1007/s10648-010-9134-7>

Van Marlen, T., Van Wermeskerken, M., Jarodzka, H. & Van Gog, T. (2016). Showing a model's eye movements in examples does not improve learning of problem-solving tasks. Computers in Human Behavior, 65, 448-459. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.08.041>

Winter, M., Pryss, R., Probst, T. & Reichert, M. (2021). Applying Eye Movement Modeling Examples to Guide Novices' Attention in the Comprehension of Process Models. Brain Sciences, 11(1), 72. <https://doi.org/10.3390/brainsci11010072>

Angaben zu den Autoren

Dominik Bitter

arbeitete als wissenschaftlicher Mitarbeiter im EMME4public Projekt und forschte an Machine Learning und Usability.

Fabian Engl

promoviert und forscht seit 2023 zu datengetriebenen UUX-Analysen mit Machine Learning und Eye-Tracking.

Dr. Florian Hauser

schloss 2024 seine Promotion in Erziehungswissenschaft ab und beschäftigt sich in seiner Forschung mit dem Thema Augenbewegungen im Software Engineering.

Prof. Dr. Jürgen Mottok

ist Forschungsprofessor an der OTH Regensburg und wissenschaftlicher Leiter des Software Engineering Laboratory for Safe and Secure Systems (LaS³).

Prof. Dr. Sean Patrick Saßmannshausen

ist Professor für Betriebswirtschaftslehre und Entrepreneurship an der OTH Regensburg und Beauftragter für Existenzgründung.



IMPRESSUM

Der **Tagungsband zum 6. Symposium zur Hochschullehre in den MINT-Fächern** erscheint als DiNa-Sonderausgabe.

ISSN 1612-4537

HERAUSGEBER

Dr. Hanna Dölling und Prof. Dr. Claudia Schäfle
BayZiel – Bayerisches Zentrum für Innovative Lehre
Technische Hochschule Ingolstadt, vertreten durch
den Präsidenten Prof. Dr. Walter Schober (V.i.S.d.P.)
Atelierstraße 1, 81671 München
E-Mail: Lehr-Lernforschung@bayziel.de
www.bayziel.de

REDAKTION

Dr. Susanne Kürsten
Marianne Hunger
Jana Bay
Anila Sahitaj

ABBILDUNGEN & FOTOS

Die Rechte liegen bei den Autorinnen und Autoren, soweit nicht anders angegeben.

DESIGNKONZEPT, LAYOUT UND SATZ

Susanne Stumpf, Dipl. Designerin (FH)
Hutstraße 31, 91207 Lauf a.d. Peg.
www.stumpf-design.de

Die Verantwortung für den Inhalt der einzelnen Beiträge in dieser Veröffentlichung liegt bei den jeweiligen AutorInnen.

© BayZiel, München, September 2025

www.mint-symposium.de