

DiNa-Sonderausgabe

# TAGUNGSBAND MINT SYMPOSIUM 2023

MINT-Lehre  
gemeinsam gestalten –  
Lehre erforschen,  
Wissen teilen



TAGUNGSBAND ZUM 5. SYMPOSIUM  
zur Hochschullehre in den MINT-Fächern

Liebe Besucherinnen und Besucher des MINT Symposiums 2023,

wir begrüßen Sie ganz herzlich zum 5. Symposium zur Hochschullehre in den MINT-Fächern. Nach vierjähriger Pause freuen wir uns ganz besonders, Sie in Präsenz vor Ort zu treffen, um einerseits an vorhergehende Symposien anknüpfen und andererseits neue Themen aufgreifen zu können. Beim letzten Symposium 2019 ahnten wir noch nicht welche turbulenten Zeiten auf uns zukommen würden und wie viel Ungewissheit die Zukunft mit sich bringt. Viele Dinge, die uns 2019 noch unvorstellbar vorkamen, sind mittlerweile zu selbstverständlichen Teilen unseres Hochschulalltags geworden. Angefangen bei der pandemiebedingten Online-Revolution in der Präsenzlehre bis hin zu KI-Anwendungen als komplettes Neuland für unsere Bildungslandschaft.

Unsere Studierenden von heute und morgen wachsen in einer ganz anderen Lernumwelt im Vergleich zu früheren Generationen auf, Informationen sind allgegenwärtig und die Digitalisierung ist so nahtlos in die Lehre integriert, dass sie nicht mehr explizit erwähnt werden muss. Mit diesen Randbedingungen sollten wir gerade im MINT-Bereich unseren Studierenden ein möglichst wirksames, effizientes und attraktives Lernen ermöglichen – ein Lernen, das nicht nur technologisch auf dem neuesten Stand unterstützt wird, sondern auch die individuelle Entwicklung bestmöglich fördert.

Wir müssen die Lehre dazu aktiv gestalten und umgestalten. Gute, wirksame und zeitgemäße MINT-Lehre ist keine Selbstverständlichkeit und entsteht nicht von selbst. Es erfordert bewusste Bemühungen und kontinuierliche Anpassungen engagierter Lehrender, gegebenenfalls unterstützt durch weitere Ressourcen, um sicherzustellen, dass unsere Lehransätze und Überzeugungen den aktuellen Entwicklungen und Anforderungen in den MINT-Fächern gerecht werden. Dabei wird es immer ein Spannungsfeld geben zwischen Lerntheorien und Lehrerfahrungen, sowie den verfügbaren Ressourcen und institutionellen oder formalen Einschränkungen.



Es ist nicht notwendig, dass jeder einzelne Lehrende von Grund auf alles neu entwickelt und gestaltet. Empfehlenswert ist vielmehr, sich an Forschung zur Lehre zu orientieren und bewährte Ansätze anderer zu adaptieren und gemeinsam mit Kolleginnen und Kollegen, Studierenden und Mitarbeitenden, vernetzt mit anderen Hochschulen, die Lehre im eigenen Verantwortungsbereich weiterzuentwickeln.

Forschungsbasierte Lehre für den MINT-Bereich findet sich beispielsweise in der Physics Education Research, einer vor allem in den USA seit über 30 Jahren aktiven Community. Ihre Erkenntnisse sind größtenteils auf den gesamten MINT-Bereich übertragbar. Ein Ausgangspunkt dabei ist die Feststellung, dass es Studierenden in traditionellen Lehrformaten oft nicht gelingt, ein funktionelles Verständnis der physikalischen Zusammenhänge zu entwickeln. Lilian McDermott (University of Washington) beschreibt dies so:

*„For people to learn, they have to go through the thinking themselves.  
Teaching by telling won't do.”*

Diese Erkenntnis führte zur weitreichenden systematischen Entwicklung und Beforschung von Lehrformaten und Lehrmaterialien, die die Studierenden aktiv am Lernprozess beteiligen und an das Vorwissen und die Art wie Studierende lernen angepasst sind.

Auch im deutschsprachigen Raum zeigen evidenzbasierte Erkenntnisse aus der Psychologie und Lehr-Lernforschung, wie digitale Lehrmaterialien lernförderlich gestaltet und vor allem eingesetzt werden können. Dieses spannende Thema wird auch in einer der beiden Keynotes aufgegriffen.

<sup>1</sup> <https://artsci.washington.edu/news/2013-04/leader-physics-education>  
abgerufen am 5.9.2023

Mit dem MINT-Symposium möchten wir Ihnen eine Plattform bieten, auf der Sie als MINT-Expertinnen und Experten, Lehrende und Interessierte sich über neue Erkenntnisse aus Lehrpraxis, Forschung und Design von Lehre informieren, sich über Ihre Erfahrungen und Ergebnisse austauschen und zukünftige Entwicklungen diskutieren können. Wir freuen uns sehr, dass wir so viele MINT-Interessierte begeistern konnten, Teil des MINT-Symposiums zu werden und insbesondere über so viele wertvolle Beiträge im Tagungsband, den wir Ihnen nun mit seinen insgesamt 37 Artikeln präsentieren dürfen.

Unserer Gastgeberin der Technischen Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm danken wir dafür, dass sie erneut für das MINT-Symposium ihre Räumlichkeiten zur Verfügung stellt. Außerdem gilt unser Dank auch dem Bayerischen Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst für die langjährige Förderung der MINT-Lehre an bayerischen Hochschulen.

Wir wünschen Ihnen nun einen guten Austausch mit neuen und bekannten Kolleginnen und Kollegen, Inspirationen und guten Ideen für die Lehre,

Ihr BayZiel-Team der Lehr- und Lernforschung

Prof. Dr. Claudia Schäfle & Dr. Hanna Dölling &  
Dr. Susanne Kürsten & Marianne Hunger & Jim Hirtt





© StMWK/Böttcher

Sehr geehrte Damen und Herren,

„MINT-Lehre gemeinsam gestalten – Lehre erforschen, Wissen teilen“ – mit diesem Motto trifft das 5. Symposium zur Hochschullehre in den MINT-Fächern den Nagel auf den Kopf. Denn mit Klimawandel, Energiekrise und der digitalen Transformation stehen wir derzeit vor globalen Herausforderungen, die wir nur gemeinsam erfolgreich bewältigen können. Wir müssen unser Know-How bündeln und gemeinschaftlich Konzepte zur Neu- und Weiterentwicklung von Technologien erarbeiten.

Dabei spielen unsere bayerischen Hochschulen nicht nur eine entscheidende Rolle bei der Suche nach Lösungswegen für die anstehenden Herausforderungen: Sie widmen sich auch mit Leidenschaft und großem Engagement der Ausbildung eines exzellenten Nachwuchses für den naturwissenschaftlichen und technischen Bereich. In Zeiten des demografischen Wandels und des Fachkräftemangels müssen wir alles daransetzen, Studierende nicht nur für die Aufnahme eines MINT-Studiums zu begeistern, sondern sie auch zu einem erfolgreichen Abschluss zu führen. Der Schlüssel hierfür sind neben attraktiven, praxisorientierten Studieninhalten vor allem innovative Lehrkonzepte: Sie sorgen dafür, dass die nächste MINT-Generation ihr Potenzial voll entfalten kann. Der Freistaat Bayern bietet den Hochschulen zur Umsetzung zukunftsweisender Lehrmethoden die idealen Rahmenbedingungen. Mit dem Bayerischen Hochschulinnovationsgesetz

als wesentlichem Baustein der großen Technologie- und Innovationsoffensive Hightech Agenda Bayern schaffen wir den erforderlichen Freiraum für eine exzellente und innovative Hochschullehre der Zukunft. Ich freue mich, dass die bayerischen Hochschulen bereits jetzt flächendeckend attraktive Studiengänge mit qualitativ hochwertiger Lehre in den MINT-Fächern anbieten.

Das MINT-Symposium 2023 bietet Ihnen allen die ideale Gelegenheit, sich zu vernetzen, Best-Practice-Beispiele auszutauschen und weitere innovative Konzepte zur Hochschullehre in den MINT-Fächern zu entwickeln. Ich möchte allen Beteiligten danken, die diese großartige Veranstaltung ermöglichen. Sie leisten einen enormen Beitrag zur Gestaltung des Fortschrittslands Bayern. Allen Teilnehmerinnen und Teilnehmern wünsche ich einen fruchtbaren Austausch. Lassen Sie sich inspirieren und tragen Sie die Ergebnisse an Ihre Hochschulen und damit in die Gesellschaft hinein!

München, im Juni 2023

Markus Blume, MdL  
Bayerischer Staatsminister  
für Wissenschaft und Kunst



© Melanie Scheller

Liebe Tagungsgäste, liebe Interessierte,

nach einer längeren Pause darf ich Sie zum 5. MINT-Symposium an der Technischen Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm, der Ohm, willkommen heißen! Wir freuen uns sehr, dass wir uns in diesem Jahr wieder in Präsenz treffen und das diesjährige Tagungsmotto damit zum Leben erwecken können.

„MINT-Lehre gemeinsam gestalten – Lehre erforschen, Wissen teilen“, unter diesem Leitgedanken wollen wir uns austauschen und uns mit der Zukunft der Hochschullehre in den MINT-Fächern beschäftigen. Noch mehr als in der Vergangenheit wollen wir dies gemeinschaftlich tun, denn ich bin – wie Sie sicher auch – der Meinung, dass das Ganze stets mehr ist als die Summe der Teile. Ich freue mich auf den Austausch mit Ihnen allen, mit Lehrenden, Didaktiker\*innen, vor allem aber auch Studierenden. Gemeinsam können wir ganz neue Perspektiven einbringen und Ideen entwickeln.

In vier Schwerpunkten wollen wir uns dem Thema nähern. Miteinander wollen wir unter anderem darüber sprechen, welche (digitalen) Tools, die wir in den vergangenen Jahren entwickelt und getestet haben, sich bewährt haben, und welche Tools wir in Zukunft benötigen. Es soll darum gehen, wie aktivierende Lehrformate eingesetzt werden und welche Wirkung sie erzielen. An der Ohm experimentieren wir u.a. mit hybriden Lehr- und Lernräumen, digitalen Lehrorten, Laboren und vielem mehr. Die Resultate sind unterschiedlich,

manchmal erzielen wir hervorragende Ergebnisse, hin und wieder stellen wir aber auch fest, dass ein Format nicht zu uns passt oder unsere Erwartungen nicht erfüllt. Wir freuen uns darauf, unsere Erfahrungen mit Ihnen zu teilen und von Ihnen zu lernen. Weitere Schwerpunkte beschäftigen sich mit dem Übergang zwischen Schule und Hochschule sowie mit den fachspezifischen Schwierigkeiten der Studierenden.

Das MINT-Symposium hat sich einen festen Platz im Terminkalender von Hochschuldidaktiker\*innen sowie Menschen, die sich im Bereich MINT-Hochschullehre und -didaktik engagieren, gesichert. Gern haben wir für diesen Kreis erneut die Rolle der Gastgeberin übernommen.

Ich wünsche Ihnen gute Gespräche, bereichernde Diskussionen und vielfältige Impulse beim 5. MINT-Symposium und einen schönen Aufenthalt bei uns an der Ohm!

Prof. Dr. Niels Oberbeck  
Präsident



© Michael Pulczynski

Liebe Teilnehmerinnen und Teilnehmer des MINT-Symposiums,

Lehre ist eine komplexe Tätigkeit, erfüllend und zugleich gefüllt mit hartnäckigen Problemen. Die Beiträge zum Symposium zeigen diese Komplexität und die damit verbundene Vielfalt der Handlungsfelder auf. Sie enthalten sicher wertvolle Impulse für Ihre Lehrtätigkeit. Auf vier Beiträge möchte ich Sie besonders hinweisen. Sie sind mit Rauten gekennzeichnet und wurden vom Herausgeberteam dieses Bandes für einen der Best Paper Awards ausgewählt.

Gabriela Bender und Kathrin Thiele (S. 175) beschreiben, wie sie ausgehend von grundlegenden didaktischen Prinzipien ein Prüfungsformat implementiert haben, das Lernziele in den Vordergrund rückt. Dabei beobachteten sie, dass Lernzielorientierung weitere, zum Teil unerwartete Vorteile mit sich bringt.

Beate Curdes (S. 277) zeigt, dass eine genderbewusste Gestaltung von Lehrveranstaltungen auch in MINT-Fächern entgegen der weit verbreiteten anderweitigen Auffassung nicht schwierig ist. Forschungsbasierte Lehrinnovationen wie Peer Instruction und Just in Time Teaching haben durch ihren systemischen Ansatz gendersensible Lehre nahezu automatisch integriert.

Namensgebend für Peer Instruction war die Einsicht, dass Studierende, die ein wissenschaftliches Konzept gerade erst verstanden haben, dieses oft besser vermitteln können als Lehrende. Regula Krapf (S. 98) führt dies konsequent weiter und zeigt, wie Studierende im Rahmen von Praktikumsmodulen als Lehrende in die Präsenzlehre eingebunden werden können.




Leider ist es so, dass Studierende wirksamen Änderungen in der Lehre nicht immer sofort positiv gegenüberstehen und Angebote nicht wie beabsichtigt nutzen. Ralf Erlebach und Carolin Frank (S. 35) analysieren, was es braucht, damit Online-Angebote von Studierenden in der Studieneingangsphase tatsächlich lernwirksam genutzt werden.

Schön, dass Sie dabei sind bzw., wenn Sie dies nach September 2023 lesen, dass Sie diesen Band gerade in den Händen halten. Es ist ein Zeichen Ihrer Verbundenheit mit MINT-Lehre an Hochschulen.

Prof. Dr. Peter Riegler  
Geschäftsführung und wiss. Gesamtleitung  
BayZiel – Bayerisches Zentrum für Innovative Lehre




# INHALT

- |     |   |  |
|-----|---|--|
| 17  | <b>VON DER SCHULE ZUR HOCHSCHULE –<br/>Brücken bauen für einen erfolgreichen Studienstart</b>   |  |
| 18  | Für MINT begeistern – Interesse wecken und Berührungspunkte abbauen durch das Ansbacher Modell  |  |
| 25  | Absicherung der Studierfähigkeit in der Studieneingangsphase. Modellierung mathematischen Schulvorwissens   |  |
| 35  | Adaptives Lernen in der Studieneingangsphase (ALiSe). Bedingungen und Konzeption des digitalen Selbstlernsystems         |  |
| 44  | Aus der Schule in die Hochschule – Übergänge glätten, Studienerfolg verbessern: cosh  |  |
| 53  | cosh-Version des Online-Brückenkurses Physik  |  |
| 57  | Online-Portal „MINTFabrik“  |  |
| 63  | Die WiMINT-AGs Mathematik und Physik der Arbeitsgruppe cosh   |  |
| 74  | Einfluss von Testeinstellungen auf die Nutzung des MINTFIT-Physik-Onlinetests   |  |
| 82  | Der MINTFIT-Chemiekurs – Entwicklung und Nutzung  |  |
| 90  | Lernzuwachsanalyse zum mathematischen Vorkurs   |  |
| 97  | <b>LEHREN UND PRÜFEN NEU GEDACHT –<br/>Auf dem Weg zu einer studierendenzentrierten Lernkultur</b>  |  |
| 98  | Sind Studierende die besseren Dozierenden? Wie Mathematiklehramtsstudierende den Inverted Classroom mitgestalten können  |  |
| 107 | Ein spielbasierter Ansatz zur Verbesserung von Inverted Classroom Präsenzveranstaltungen  |  |
| 117 | Requirements Engineering lehren mit Just-In-Time-Teaching und Projekten   |  |
| 124 | Informatik-Grundlagenmodul mit den Methoden Inverted Classroom und Scrum  |  |
| 132 | Hybrides Team-basiertes Kursformat: Aktives Lernen mit örtlicher und zeitlicher Flexibilität  |  |
| 141 | Lernzuwächse und aktivierende Lehre – Eine Bilanz nach einer Dekade der Messungen und Anwendung   |  |
| 150 | Mit Sicherheit mehr Wissen – wie Daten uns helfen können, das Studium zu verbessern – Ein Beispiel aus der Hochschule Hof   |  |
| 159 | „Gamification trifft Hybride Lehre“ Über ein Lehrprojekt in der mathematischen Statistik  |  |
| 167 | Quests, virtuelle Belohnungen und ihr realer Mehrwert – Ein Moodle-Gamification-Konzept   |  |
| 175 | Mathematik prüfen – Taxonomiestufen differenzieren   |  |

## 183 **TOOLS, LABORE UND PRAKTIKA – Neue Technologien für eine erfolgreiche Kompetenzentwicklung**

- 184 Digitales Praktikum zur Wirkstoffentwicklung
- 192 Analog Discovery: Das Elektrotechnik-Labor im Hörsaal. Zwei Experimente für die Grundlagen der Elektrotechnik
- 199 Spannung, Spiel und was zum Programmieren!? – Das „LEGO-Praktikum“ als gamifizierter Programmierkurs
- 206 Erstellung neuer Remote-Labore zur Förderung des MINT-Studiums
- 214 Integration digitaler Mathematik-Aufgaben in die ingenieurwissenschaftliche Grundlagenausbildung
- 222 Digitale Übungsaufgaben im STACK-Format
- 229 Wissenserstellung in Kooperation mit Studierenden – Webseiten als innovative Lernplattformen
- 237 Vom Standard zur Exzellenz – Konzepte zur Verbesserung von Moodle-Kursen an Hochschulen
- 246 Netzwerk von Lernräumen für projektorientiertes Lernen an der TU Ilmenau
- 255 Next-Level Lernen und Lehren: Die Campus-App der TH Augsburg

## 267 **ÜBER DEN TELLERRAND HINAUS – Erfolgreiche Integration überfachlicher Kompetenzen**

- 268 Mathe meets Medi(t)ation – ein integratives Lehrkonzept zur Förderung von Future Skills
- 277 Gendersensible Lehre in MINT-Studiengängen – eine Herausforderung für die Hochschuldidaktik 
- 282 Wie gelingt die interhochschulische Vernetzung von Middle-Out-Transformierer:innen?
- 289 Standardisierung durch Wissensmodelle für eine Ökonomisierung der Bildungsproduktion
- 298 Nachhaltigkeit in der informatischen Lehre am Beispiel KI
- 308 Verantwortlicher Umgang mit Ressourcen – ein Praxisbeispiel zu interdisziplinärem Lehren und Lernen
- 315 Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) von Studierenden für Studierende: Wie (MINT-)Lehrmethoden von morgen heute konzipiert werden



Die Mehrheit der Beiträge ist unter CC-Lizenzen ebenfalls im elektronischen Repositorium der Technischen Hochschule Ingolstadt veröffentlicht.





## VON DER SCHULE ZUR HOCHSCHULE – Brücken bauen für einen erfolgreichen Studienstart

# Für MINT begeistern – Interesse wecken und Berührungsängste abbauen durch das Ansbacher Modell

Sibylle Gaisser, Anke Knoblauch, Annette Martin  
Hochschule Ansbach

## Zusammenfassung

Sinkende Studierendenzahlen im MINT-Bereich stellen ein Problem für die Hochschulen und die Gesellschaft dar. Die Ursachen liegen u. a. darin, dass sich die Schülerinnen und Schüler den MINT-Anforderungen zunehmend nicht gewachsen fühlen oder diese wenig attraktiv finden. Beidem kann durch zielgruppenspezifische Angebote an den HAWs begegnet werden.

In der Fakultät Technik der Hochschule Ansbach wurde im Verlauf der letzten acht Jahre ein Konzept entwickelt, in dem Teilnehmende vom Vorschulalter bis zum Abitur altersgemäß in Laborversuchen mit allen Sinnen angesprochen werden. Das Maßnahmenpaket besteht aus verschiedenen Präsenzangeboten vom einfachen spielerischen Experimentieren für Vorschulkinder bis hin zu Vertiefungsworkshops und Schnupperangeboten für Teilnehmende aus den Oberstufen. Um die hohe zeitliche Belastung der einzelnen Hochschulangehörigen zu reduzieren, werden die Maßnahmen fakultätsintern koordiniert und unter Einbeziehung möglichst vieler Fakultätsmitglieder realisiert.

## 1. Problemstellung und Lösungsstrategie

Sinkende Studierendenzahlen im MINT-Bereich stellen ein Problem für die Hochschulen und die Gesellschaft dar (Statistisches Bundesamt, 2023). Ursachen dafür sind, dass sich viele Schüler und Schülerinnen den Anforderungen der MINT-Fächer nicht gewachsen fühlen (Engelbrecht, 2019; Tagesschau, 2022).

Die Hochschulen für Angewandte Wissenschaften (HAW) können mit kleinen Lerngruppen und Tutorien einen wichtigen Beitrag leisten, diese Defizite aus den Schulen aufzufangen und abzubauen. Dafür müssen die Schüler und Schülerinnen (SuS) davon Kenntnis haben und die HAW als geeignete Etappe für ihren Karriereweg erkennen.

An dieser Stelle setzt das Ansbacher Modell an. Durch ein modulares Konzept von aufeinander aufbauenden Kontaktangeboten werden SuS sowohl klassenweise als auch individuell angesprochen, zur Teilnahme an den diversen Angeboten eingeladen und damit ein erster Kontakt zur Fakultät Technik hergestellt. Die Angebote sind so gestaltet, dass Kinder und Jugendliche mit MINT-Fragen aus ihrem Alltag konfrontiert und anhand konkreter Fallbeispiele spielerisch in forschendes Lernen eingeführt werden.

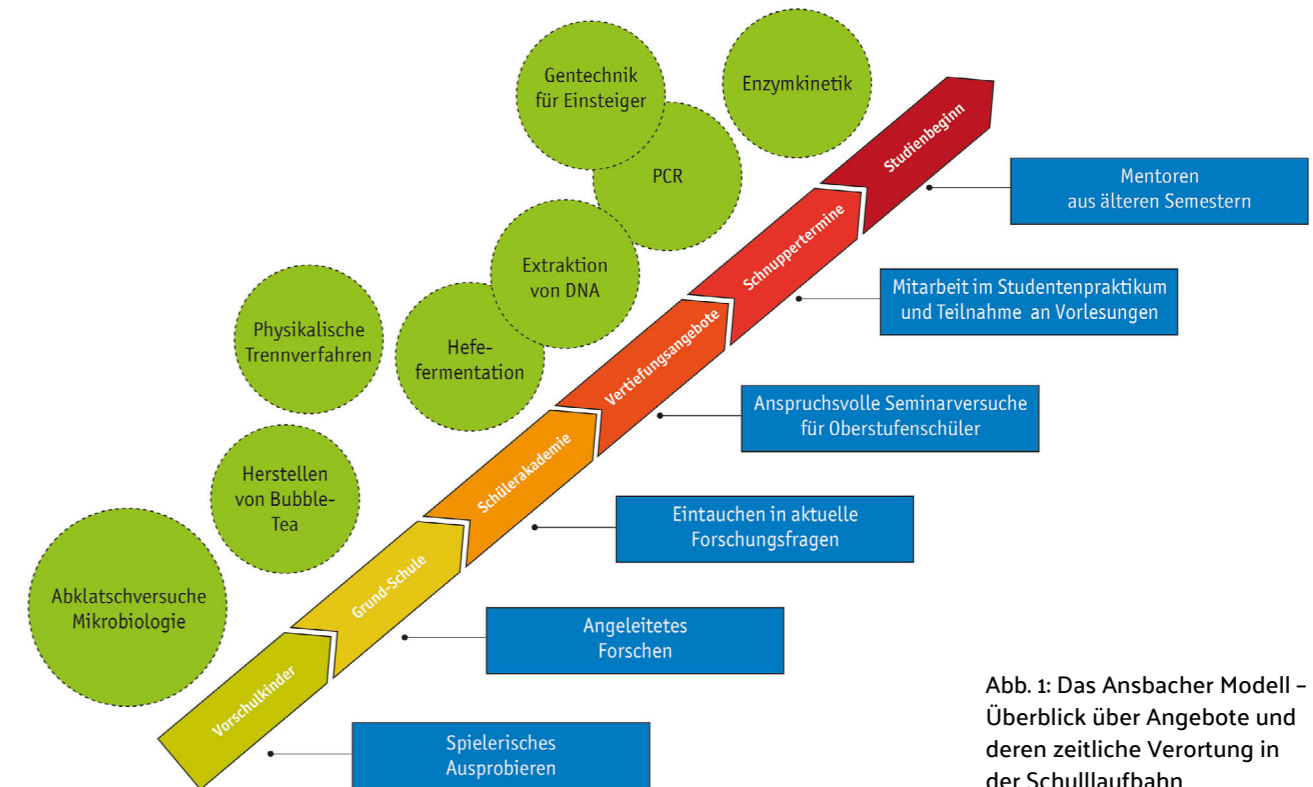


Abb. 1: Das Ansbacher Modell – Überblick über Angebote und deren zeitliche Verortung in der Schullaufbahn

## 2. Zielgruppenspezifische Angebote

Begeisterung und Interesse für MINT-Themen kann auf unterschiedliche Art geweckt werden. Kleine Kinder sind von Natur aus neugierig und besitzen einen starken Spieltrieb. Diese intrinsische Motivation zum Experimentieren kann durch spielerische Angebote bedient werden (Anders, 2013). Jugendliche beschäftigen sich in ihrem Alltag dagegen häufig nicht vorrangig mit MINT-Themen und sollten anders angesprochen und motiviert werden. Die Begeisterung von Lehrenden hat dabei einen besonderen Einfluss auf die Motivation von SuS (Jungert, Levine und Koestner, 2020). Mit dem Ansbacher

Modell erzeugen wir im direkten Kontakt von SuS mit Lehrenden, Studierenden und ihrem Studien- und Berufsalltag Begeisterung. Lehrende und Studierende können als „normale“ Menschen im Laborumfeld erlebt werden und fungieren als entscheidende Rollenmodelle.

Das umfassende Spektrum des Ansbacher Modells mit Versuchsbeispielen ist in Abb. 1 dargestellt. Die Themen der Mitmachaktionen und Laborexperimente können je nach Altersstruktur und Zielgruppe anhand des theoretischen

Detaillierungsgrads flexibel angepasst werden. Dafür sind Lehrmaterialien zu den Versuchen erstellt, die für die Betreuung des Angebots kurzfristig von den Lehrenden genutzt werden können.

Im Vordergrund der Angebote steht jeweils das konkrete Fallbeispiel, das an Erfahrungen der SuS andocken sollte. Besonders hilfreich sind Fallbeispiele, die mehrere Sinne ansprechen, z. B. Bubble Tea herstellen, Aromen analysieren, die DNA aus Tomaten sichtbar machen oder Fragen zum eigenen Körper beantworten, z. B. durch eine Analyse der Hautflora. Auch Versuche zu gesellschaftlich kontrovers diskutierten Themen wecken Interesse, z. B. auf dem Gebiet der Gentechnik.

Die altersspezifischen Angebote werden im Folgenden für den Bereich der Lebenswissenschaften detaillierter beschrieben, da hier bereits die gesamte Alterspyramide durch Maßnahmen abgedeckt ist. Ähnliche Konzepte sind für die Ingenieurwissenschaften in der Entwicklung und werden für einzelne Altersgruppen bereits realisiert. Bei den meisten Angeboten handelt es sich um Laborversuche, welche einen Bezug zu Interessensgebieten der Zielgruppe herstellen. So können die Teilnehmenden durch angeleitetes Arbeiten in einer angenehmen Arbeitsatmosphäre MINT positiv erleben. Als Schnuppervorlesungen können alle Vorlesungen aus dem Vorlesungsverzeichnis in Absprache mit der Studienfachberatung und den Lehrenden gewählt werden; damit ergänzen sie das praktische Ansbacher Modell.

#### Vorschulkinder:

Einen Erstkontakt bietet die Hochschule für Vorschulkinder durch einen Besuch im Labor. Im Vordergrund stehen der spielerische Umgang und die eigene Entdeckerfreude. Im

Labor werden einfache Geräte wie die Zentrifuge als „Karrussell für Bakterien“ und der Reagenzglaschüttler für eine „Handmassage“ ausprobiert.

#### Grundschule – Kinderuni:

Forschen dient der Beantwortung von Alltagsfragen. Anhand von konkreten Fragestellungen, z. B. „Warum muss ich meine Hände waschen?“, können die SuS Grundprinzipien naturwissenschaftlichen Arbeitens selbst erleben. Hypothesenerstellung, Datengenerierung und Interpretation werden mit eigenen Erfahrungen verknüpft. Durch einen anschließenden Besuch der beteiligten Hochschulmitarbeitenden zur Auswertung der inkubierten Nährmedien in der Schule wird das Erlebte als Lösungsoption verankert und bleibt kein einmaliges „Besucherlebnis“.

#### Schülerakademie:

Als Schülerakademie (Summer Academy) werden Blockveranstaltungen für SuS der Klassen 9-13 angeboten. Sie dauern i.d.R. fünf Vormittage von 9:00-12:30 Uhr und umfassen verschiedene Themenblöcke aus den ingenieurwissenschaftlichen Bereichen Biotechnologie, Gentechnik, Kunststofftechnik, Energietechnik, künstliche Intelligenz.

#### Vertiefungsangebote:

Für SuS der Oberstufe existieren unterschiedliche Vertiefungsangebote, die mit den verantwortlichen Lehrenden passend zum Lehrplan abgestimmt werden. So können SuS unter Anleitung molekularbiologische Methoden wie PCR oder gentechnisches Arbeiten praktisch kennenlernen. Im Zuge eines 30-minütigen Seminars werden gemäß dem Wissensstand der Teilnehmenden theoretische Grundlagen vermittelt, die dann im Labor umgesetzt werden. Die SuS erhalten vorbereitete Skripte mit theoretischen Erläuterungen und Anleitungen

zur praktischen Versuchsdurchführung. Die Laborversuche dauern drei bis vier Stunden und werden durch eine abschließende Ergebnisbesprechung abgerundet.

#### Schnuppertermine:

SuS der Oberstufe sowie Interessierte mit (abgeschlossener) Berufsausbildung erhalten die Möglichkeit, den Hochschulalltag durch Schnuppern in Praktika und Vorlesungen kennen zu lernen. Die SuS melden sich bei Interesse bei der Studienfachberatung, erhalten eine individuelle Einweisung und arbeiten bei einem Laborversuch mit einer Studierendengruppe mit. Für solche Schnupperpraktika sind die Einführungspraktika des ersten und zweiten Semesters gut geeignet. Neben dem Kennenlernen der fachlichen Ausrichtung sind es vor allem die Gespräche mit Studierenden, die nach Aussagen der Studieninteressierten besonders hilfreich für die Wahl des Studienganges sind.

#### Mit dem Labor zu Besuch an der Schule:

Für Schulen werden einfache Praktikumsversuche ohne größere Anforderungen an die technische Ausstattung und gesetzlichen Sicherheitsvorgaben auch vor Ort angeboten. Hier kann beispielsweise mit SuS der Klasse 9 die DNA aus Tomaten isoliert werden oder eine Schulung im Erkennen von Aromen durchgeführt werden. Dieses niederschwellige Angebot minimiert den organisatorischen und zeitlichen Aufwand für Lehrkräfte, da die Anfahrt zur Hochschule entfällt. Den SuS wird ein einfacher Zugang zu MINT-Erfahrungen geboten. Ungünstig ist bei diesem Vorgehen, dass das echte Arbeitsumfeld nicht in gleicher Weise erlebt werden kann wie in den Laboren der Hochschule. Darüber hinaus ist der organisatorische Aufwand für das Hochschulpersonal groß. So müssen beispielsweise erforderliche Geräte und Verbrauchsmittel per Auto zu den Schulen transportiert werden.

### 3. Organisation

Entscheidend für die erfolgreiche Implementierung der Maßnahmen, ist der Kontakt in die Schulen. Die folgende Strategie hat sich in der Vergangenheit als sinnvoll erwiesen: zum einen erfolgt regional eine flächendeckende Information an alle Schulen durch die Allgemeine Studienberatung, zum anderen werden persönliche Kontakte für eine schulspezifische Bekanntmachung genutzt. Insbesondere die direkte persönliche Ansprache einzelner Kontaktpersonen hat sich als sehr erfolgreich erweisen.

Zusammenfassend sind die folgenden organisatorischen Umsetzungen für die Veranstaltungen entwickelt worden.

#### Allgemeine Studienberatung:

Die Fakultät Technik wird in der Umsetzung des Ansbacher Modells von der Allgemeinen Studienberatung unterstützt. Die Angebote für SuS im Rahmen von schulischen Aktivitäten werden übersichtlich auf der Website der Hochschule Ansbach dargestellt (<https://www.hs-ansbach.de/service/fuer-schueler/>). Dort werden der theoretische Hintergrund des Laborversuchs und dessen konkrete Anwendung kurz erläutert. Darüber hinaus werden Informationen zur geeigneten Zielgruppe (Jahrgangsstufe, maximale Teilnehmerzahl) und zu den Rahmenbedingungen (Zeitraum des Angebots, Dauer des Laborversuchs) und Kontaktpersonen aufgeführt. Auch ein Verzeichnis von Schnuppervorlesungen, die allein oder in Kombination mit den Schnupperpraktika besucht werden können, ist über diese Seite verfügbar. ([https://www.hs-ansbach.de/fileadmin/Redaktion/Service/Fuer\\_Schueler/Schnuppervorlesungsangebot\\_Fakulta\\_t\\_Technik\\_09022023.pdf](https://www.hs-ansbach.de/fileadmin/Redaktion/Service/Fuer_Schueler/Schnuppervorlesungsangebot_Fakulta_t_Technik_09022023.pdf)). Außerdem bewirbt die allgemeine Studienberatung auch die Schülerakademien. Das Programm und die Anmeldemodalitäten werden in der Regel zwei Monate vorher an den Schulen bekannt gemacht und auf der Website der Hochschule beworben.

Nach einem Erstkontakt mit der allgemeinen Studienberatung werden Interessierten Empfehlungen für Fachgebiete ausgesprochen, der Kontakt zu den Lehrenden vermittelt und Termine in Absprache mit den Studieninteressierten vereinbart.

**Sicherheitsaspekte:**

Rechtzeitig vor Beginn einer Schülerversammlung an der Hochschule werden durch die Lehrenden die Eltern minderjähriger Kinder schriftlich über mögliche Gefahren informiert, z.B. chemische oder biologische Gefährdungen durch Bakterien sowie Gefährdungen durch Umgang mit elektrischen Geräten oder auch mit Lebensmitteln, die Allergene enthalten können. In dem Informationsschreiben werden die Eltern auch über Zugangsregelungen und Sicherheitsmaßnahmen (z.B. verpflichtendes Tragen eines Laborkittels, Schutzbrille, festes Schuhwerk, lange Hosen) informiert, sodass sie mit ihren Kindern darüber sprechen können. Die Eltern erteilen schriftlich ihr Einverständnis. An der Hochschule erhalten die SuS eine arbeitsplatzbezogene Sicherheitsunterweisung. Als Schutzkleidung werden Kittel und Schutzbrillen zur Verfügung gestellt, im Lebensmittelbereich auch Kopfbedeckungen.

**Einbindung in den (Hoch-)Schulalltag:**

Ein Besuch an der Hochschule ist für die durchführende Schule mit einem erheblichen organisatorischen Aufwand verbunden, da ausfallender Unterricht nicht einfach zu kompensieren ist. Aus diesem Grund werden Schülerakademien in der Regel in der vorlesungsfreien Zeit zum Ende des Halbjahrs oder des Schuljahrs angeboten. Durch den Wegfall der Studierendenveranstaltungen in diesem Zeitraum bestehen an der Hochschule etwas günstigere Labor- und Personalkapazitäten. Ein Zeitfenster für Schulbesuche bieten MINT-Tage, wie sie inzwischen an einigen Schulen durchgeführt werden.

**Abstimmung innerhalb der Hochschule:**

Das breit angelegte Maßnahmenpaket des Ansbacher Modells funktioniert nur durch persönliche Abstimmung aller beteiligten Personen und Bereiche. Diese Abstimmung erfolgt in den Fakultäts- und Studiengangsrunden. Die Planung einzelner Veranstaltungen obliegt den Lehrenden. Die Experimente sind so angelegt, dass sie z.T. in verschiedenen Laboren stattfinden können und Lehrpersonal sich gegenseitig vertreten kann.

**Verfügbare Zeit- und Finanzmittel an der Hochschule:**

Das Ansbacher Modell ist darauf ausgelegt, vorhandene Ressourcen bestmöglich zu nutzen. Da die entstehenden Kosten aus den Mitteln der Studiengänge beglichen werden müssen, wurde bei der Auswahl der Experimente auf eine kostengünstige Umsetzung besonderer Wert gelegt.

**4. Evaluation der Veranstaltungen**

Lehrkräfte und SuS bewerteten die an der Hochschule Ansbach gemachten Erfahrungen in persönlichen Gesprächen positiv. Dieses positive Bild spiegelt sich in Evaluationen zum Girls' Day wider, bei denen seit über 10 Jahren am Ende der Veranstaltung eine schriftliche Befragung durchgeführt wird. Darin äußern die Schülerinnen, dass ihnen durch die praktischen Erfahrungen in den Hochschullaboren das mögliche Berufsfeld sehr viel nähergebracht und Interesse geweckt wurde. An Schulen fehlt für solche praktischen Erfahrungen in der Regel sowohl die Zeit als auch die Ausstattung.

Neben der Begeisterung konnte laut Lehrpersonal auch ein viel realistischeres Berufsbild der MINT-Berufe vermittelt werden. Dabei überraschte die SuS insbesondere, dass Versuche

<p><b>Stärken</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Breites MINT-Portfolio</li> <li>• Engagierte Mitarbeitende</li> <li>• Geeignete Ausstattung</li> <li>• Spaß im Umgang mit Kindern und Jugendlichen</li> <li>• Altersgerechte Aufarbeitung der Themen</li> </ul>	<p><b>Schwächen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hohe Kosten durch die Aktivitäten</li> <li>• Hoher Organisations- und Vorbereitungsaufwand</li> <li>• Überbeanspruchung des Personals durch zusätzliche (unbezahlte) Lehrtätigkeit</li> <li>• Große Unterschiede im Kenntnisstand der Schülerinnen und Schüler</li> </ul>
<p><b>Chancen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schülerinnen und Schüler lassen sich von der Begeisterung für das Fachgebiet anstecken</li> <li>• Schüler und Schülerinnen kommen gut informiert und motiviert an die Fakultät Technik</li> </ul>	<p><b>Risiken</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Beschädigung von Laborgeräten, z. B. Pipetten oder Mikroskopen</li> <li>• Bei starkem Rücklauf kann unter Umständen die Nachfrage nicht bedient werden, wodurch Interessierte enttäuscht werden</li> </ul>

Abb. 2: SWOT-Analyse des Ansbacher Modells

oft mehrfach wiederholt werden müssen, um Ergebnisse zu verifizieren und damit Fleißarbeit gefordert ist. Auch wurden die vielen Sicherheitsvorkehrungen und Sicherheitsbelehrungen als unerwartet wahrgenommen.

Insgesamt wurde die Atmosphäre in den Hochschullaboren, die individuelle Betreuung durch das Hochschulpersonal sowie der freundliche und hilfsbereite Umgang mit den SuS als sehr positiv empfunden. In Summe wurden im Verlauf eines akademischen Jahres in das Ansbacher Modell ca. 400 SuS eingeschlossen; die geleistete Lehre umfasst ca. vier bis sechs Personenwochen.

Bei allen positiven Wirkungen ist jedoch immer wieder spürbar, dass für Lehrkräfte an Gymnasien mehrstündige Besuche an der Hochschule oft einen großen Organisationsaufwand bedeuten: die enge Taktung von Schulaufgaben bzw. Klassenarbeiten lässt kaum größere Freiräume für Exkursionen. Für Schulen, die nicht in direkter Nähe zur Hochschule lokalisiert sind, ist daher die Anreise mitunter schwierig und mit Kosten verbunden.

**Diskussion und Fazit**

Berührungsängste und die Sorge, naturwissenschaftliche Themen nicht angemessen leisten zu können, halten viele Schülerinnen und Schüler davon ab, ein naturwissenschaftliches Studium zu beginnen. Das Ansbacher Modell bietet einen Rahmen, in dem Kinder und Jugendliche durch direkten Kontakt die Chancen, Möglichkeiten und Herausforderungen von MINT-Fächern erleben können. Durch die gezielte Auseinandersetzung mit den Inhalten und einem Austausch mit Lehrenden in MINT können Ängste abgebaut und Potentiale aufgezeigt werden. Dennoch kann ein derartiges Programm nur ein Baustein dabei sein, mehr SuS für den MINT-Bereich zu motivieren. Genauso wichtig ist es, durch geeignete Maßnahmen in den Schulen den Grundstein für das Interesse an MINT zu legen.

Wie die SWOT-Analyse zeigt, stehen den Vorteilen des Konzepts einige Nachteile gegenüber, die sich insbesondere aus den erforderlichen personellen und finanziellen Ressourcen ableiten (Abb. 2). Vor dem Hintergrund der hohen gesellschaftlichen Relevanz der Ausbildung von zukünftigen Ingenieuren

und Ingenieurinnen sowie Naturwissenschaftlerinnen und Naturwissenschaftlern ist eine Unterstützung durch die öffentliche Hand wünschenswert.

### Acknowledgements

Dieses Konzept entstand durch Zusammenarbeit vieler Kollegen und Kolleginnen an der Fakultät Technik der HAW Ansbach. Im Einzelnen danken wir (in alphabetischer Reihenfolge): Dirk Fabritius, Katja Frohnapfel, Philipp Häfner, Svenja Hänel, Katrin Köhl, Nadine Lörler, Simone Marxt, Laura Müller, Nadja Muschler, Varun Ort, Achim Reimann, Silke Reimann, Patricia Schell, Torsten Schmidt, Michael Walter.

### Literatur

Aberle, A. (2019): Entwicklung einer Marketingstrategie zur Erstellung eines Unterrichtskonzepts für die Vorstellung des Studiengangs „industrielle Biotechnologie“ an weiterführenden Schulen. Bachelorarbeit Hochschule Ansbach

Anders, Y. (2013): Zieldimensionen Kinder: Motivation, Interesse und Selbstwirksamkeit im Umgang mit Naturphänomenen. In Anders, Y.; Hardy, Y., Pauen, S.; Ramsegger, J., Sodian, B.; Steffensky, M.: Ziele naturwissenschaftlicher Bildung, Band 5, S. 29-31, SCHUBI Lernmedien AG; [https://www.haus-der-kleinen-forscher.de/fileadmin/Redaktion/4\\_Ueber\\_Uns/Evaluation/Wissenschaftliche\\_Schriftenreihe\\_aktualisiert/Wiss\\_Schriftenreihe\\_2013\\_Band5\\_final.pdf](https://www.haus-der-kleinen-forscher.de/fileadmin/Redaktion/4_Ueber_Uns/Evaluation/Wissenschaftliche_Schriftenreihe_aktualisiert/Wiss_Schriftenreihe_2013_Band5_final.pdf)

Engelbrecht, S. (2019). Mathematikleistung deutscher Schüler auf niedrigem Niveau. Retrieved from <https://www.deutschlandfunk.de/bildungsforschung-mathematikleistung-deutscher-schueler-auf-100.html>

Jungert, T., Levine, S., & Koestner, R. (2020). Examining how parent and teacher enthusiasm influences motivation and achievement in STEM. *The Journal of Educational Research*, 113(4), S. 275-282.

Tagesschau (2022). Experten sehen Handlungsbedarf an Grundschulen. Retrieved from <https://www.tagesschau.de/inland/gesellschaft/grundschulen-mathe-deutsch-101.html>

### Angaben zu den AutorInnen

#### Sibylle Gaiser

Studium Techn. Biologie (Uni Stuttgart), Promotion Pharm. Biologie (Uni Tübingen). Projektleiterin Fraunhofer Institut ISI. Seit 2010 Professur Biotechnologie u. Bioethik. Interessensgebiete: BT-Produktion, Masch. Lernen, Technikfolgenabschätzung

#### Anke Knoblauch

Studium Lebensmitteltechnologie (Hochschule Fulda), Promotion TU Dresden. Seit 2011 Professur Lebensmitteltechnologie. Interessensgebiete: Produktion, Ernährung, Verpackung, Hygiene, Nachhaltigkeit

#### Annette Martin

Studium Biologie (Universität Freiburg), Promotion TU München. Mehrjährige Tätigkeit als Senior Research Scientist bei Beiersdorf AG. Seit 2010 Professur für Molekularbiologie. Interessensgebiete: Didaktik der Molekularbiologie, Bioanalytik

## Absicherung der Studierfähigkeit in der Studieneingangsphase. Modellierung mathematischen Schulvorwissens

Philipp Bring, Ralf Erlebach, Carolin Frank, Johannes Naumann  
Bergische Universität Wuppertal

### Zusammenfassung

Mangelnde schulische Kompetenzen im Bereich Mathematik sowie Text- und Sprachverständnis Deutsch haben sich in der Studieneingangsphase zu einem maßgeblichen Passungsproblem besonders in den MINT-Fächern entwickelt (Heublein et al., 2017; Kürten, 2020; Pitton & Scholten-Akoun, 2016). Zur selbständigen Aufarbeitung der individuellen Defizite wurden daher in den letzten Jahren digitale Systeme für Self-Assessments oder Selbstlernangebote entwickelt.

Hoher Zeitaufwand für die Diagnostik von Kompetenzlücken, eine fehlende Verknüpfung zwischen Lerninhalten und Testergebnis sowie die Unmöglichkeit, das Angebot den Anforderungen des Studienganges und -standortes anzupassen, führen zu Akzeptanzproblemen. Das Projekt „Adaptives Lernen in der Studieneingangsphase (ALiSe)“ adressiert diese Hemmnisse mittels Computer-Adaptiven Testens (vgl. Erlebach & Frank, in diesem Band). Hier stellen wir die Modellierung mathematischen Schulvorwissens für die Fragebatterie des Instruments sowie die Ergebnisse der Pilotierung vor.

### 1. Ausgangspunkt und Fragestellung

Solides Vorwissen in Schulfächern wie Mathematik und Deutsch ist entscheidend für ein erfolgreiches Hochschulstudium (Heublein et al., 2017). Insbesondere in den MINT-Fächern stellen Defizite in mathematischen Kompetenzen bei den Studierenden ein großes Problem dar, da Mathematik eine wichtige Rolle als Beschreibungsmittel spielt. Knospe (2012, 2018) stellt in Eingangstests an Fachhochschulen in NRW fest, dass das allgemeine Mathematikvorwissen niedrig ist und über mehrere Jahrzehnte signifikant abnimmt. Es ist auch bekannt, dass es einen Mangel an Übereinstimmung zwischen Abiturwissen und Anforderungen des Hochschulstudiums gibt (Lung, 2021; Cramer et al., 2015), und dass die mathematischen Defizite bis in den Lehrplan der Sekundarstufe I oder sogar noch früher zurückreichen (Kürten, 2020). Das Dilemma der Hochschulen lautet daher: Die Hochschulzulassung berechtigt formal zum Studium, befähigt die Abiturient\*innen aber nicht zwingend zum Studium in den von ihnen gewählten Studiengängen. Eine Aufarbeitung des schulischen Vorwissens liegt nicht im Mandat der Hochschulen und ist aufgrund der dafür notwendigen Personalressourcen im Rahmen des regulären Lehrbetriebs unmöglich.

Digitale Unterstützungsangebote zur eigenverantwortlichen Behebung individueller Defizite versprechen Lösungen für dieses Dilemma. Um diese Defizite effektiv und effizient aufzudecken, wird ein geeignetes Diagnoseinstrument benötigt.

Mathematik-Tests in der Art herkömmlicher Klausur- und Prüfungsformate eignen sich hierzu allerdings wenig: Komplexe Aufgaben, welche zu ihrer Lösung unterschiedliche Teilkompetenzen zugleich erfordern, lassen keine Rückschlüsse auf spezifische Defizite zu. Benötigt werden hingegen Testaufgaben, welche eine Teilkompetenz erfassen. Zur systematischen Konstruktion dieser Aufgaben ist eine Modellierung aller Einzelkompetenzen notwendig, welche die einzelnen Testkonstrukte konstituiert.

Im Folgenden werden Entwicklung und Modellierung sowie beispielhafte Test-Items vorgestellt, um anschließend Ergebnisse der Pilotierung der Item-Batterie zu präsentieren. Rahmende Zielsetzung ist dabei, dass...

- ... diese Modellierung und die daraus entwickelten Test-Items eine hohe diagnostische Information liefern.
- ... die hochschulischen Anforderungen zur Bewältigung der Lerninhalte berücksichtigt werden, die in unterschiedlichen Studiengängen vorausgesetzt werden.
- ... Lehrpläne und Bildungsstandards des Schulsystems durch die Modellierung umfänglich abgedeckt werden.

## 2. Forschungs- und Entwicklungsstand

Um die o.g. Zielsetzung zu erreichen, wird im Folgenden ein Überblick über bereits vorhandene Beschreibungen mathematischen Schul-(Vor-)Wissens gegeben, aus denen anschließend eine geeignete Modellierung abgeleitet wird.

### Perspektive der Hochschulen

Aufbauend auf dem sogenannten „WINT-Katalog NRW“ (Landesrektorenkonferenz der Universitäten in NRW, o.A.), der die Anforderung an die mathematischen Fertigkeiten von Studierenden von Studienfächern mit den Schwerpunkten Wirtschaft, Informatik, Naturwissenschaften und Technik (WINT) beschreibt, sowie auf der MaLeMINT-Studie (Pigge et al., 2016; Neumann et al., 2017) wurden die berichteten Inhalts- und Fertigkeitsbereiche in den Fokus genommen. Die bei Neumann et. al (2017) zusätzlich berichteten übergreifenden Einstellung zur Mathematik und personenbezogene Prädiktoren wurden aufgenommen, jedoch für das Vorhaben nicht weiterverfolgt.

Wie die Zusammenfassung der Ergebnisse des WINT-Katalogs und der MaLeMINT-Studie in Tab. 1 aufzeigt, decken sich die Inhaltsbereiche beider Studien gegenseitig ab und ergänzen sich, sind jedoch abweichend organisiert. Hier wird eine angemessene Re-Organisation notwendig. Die Fertigkeitsbereiche beziehen sich auf übergeordnete mathematische Fähigkeiten, die bei der Beschäftigung mit den Inhalten aus den Inhaltsbereichen wichtig sind.

### Perspektive der Schul- und Lehrplanentwicklung

Da der Übergang vom Abitur zum Hochschulstudium keinesfalls nahtlos verläuft (Lung, 2021; Cramer et al., 2015), ist bei der Modellierung gleichsam die Perspektive des Schulsystems einzubeziehen. Hierzu wurden die Strukturierungen der Bildungsstandards des IQB selbst sowie die zur Entwicklung dieser maßgeblich beitragenden großen internationalen Vergleichsstudien betrachtet (Tab. 2).

WINT-Katalog	MaLeMINT-Studie			
Inhalt	Inhalt	Fertigkeiten	Nature of Mathematics	Persönlichkeits-Merkmale
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundrechenarten und Zahlbereiche</li> <li>• Terme und Gleichungen</li> <li>• Funktionen</li> <li>• Geometrie</li> <li>• Trigonometrie</li> <li>• Differentialrechnung</li> <li>• Integralrechnung</li> <li>• Lineare Gleichungssysteme</li> <li>• Vektoren und Analytische Geometrie</li> <li>• Stochastik</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mengen, Größen und Zahlen</li> <li>• Rechengesetze</li> <li>• Terme und Gleichungen</li> <li>• Lineare Gleichungssysteme</li> <li>• Geometrie</li> <li>• Funktionen</li> <li>• Folgen und Reihen</li> <li>• Differential- und Integralrechnung, Stetigkeit</li> <li>• Lineare Algebra und Analytische Geometrie</li> <li>• Stochastik</li> <li>• übergeordnete Inhalte (Logik, Beweistechniken, Begriffe)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen (Rechnen, Hilfsmiteinsatz, Darstellungen)</li> <li>• mathematisches Argumentieren und Beweisen</li> <li>• Kontrollstrategien</li> <li>• mathematisches Kommunizieren</li> <li>• mathematisches Definieren</li> <li>• Problemlösen</li> <li>• mathematisches Modellieren</li> <li>• Recherche</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorstellungen über das Wesen der Mathematik</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einstellungen und Arbeitsweisen</li> <li>• kognitive Fähigkeiten und Kenntnisse</li> <li>• soziale Fähigkeiten</li> </ul>

Tab. 1: Zusammenfassung der Modellierungen im WINT-Katalog und der MaLeMINT-Studie

PISA	TIMSS III		IQB-Bildungsstandards		
Inhalt	Inhalt	Anforderung	Inhalt	Fertigkeiten	Anforderung
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quantität</li> <li>• Veränderung und Beziehung</li> <li>• Raum und Form</li> <li>• Unsicherheit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arithmetik</li> <li>• Messen und Geometrie</li> <li>• Umgang mit Daten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wiedergeben</li> <li>• Anwenden</li> <li>• Problemlösen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Algorithmus und Zahl</li> <li>• Messen</li> <li>• Raum und Form</li> <li>• funktionaler Zusammenhang</li> <li>• Daten und Zufall</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• mathematisch argumentieren</li> <li>• Probleme mathematisch Lösen</li> <li>• mathematisch Modellieren</li> <li>• mathematische Darstellungen verwenden</li> <li>• mit Mathematik symbolisch / formal / technisch umgehen</li> <li>• mathematisch kommunizieren</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wiedergeben</li> <li>• Anwenden</li> <li>• Problemlösen</li> </ul>

Tab. 2: Zusammenfassung der Modellierungen aus PISA- und TIMSS-Studie sowie den IQB-Bildungsstandards

Bei den internationalen Vergleichsstudien handelt es sich um die „Trends in Mathematics and Science Study“ (TIMSS), vormals „Third International Mathematics and Science Study“ (TIMS) sowie das „Programme for International Student Assessment“ (PISA), die die mathematischen Fähigkeiten jeweils auf einer unidimensionalen Skala abbilden. PISA untersucht Schülerinnen und Schüler in ihrem 15. Lebensjahr, also zum Ende ihrer Schulpflicht, jeweils als Querschnittserhebung in den sich beteiligenden Ländern (Sälzer, 2016). TIMSS wird in der Grundstufe, der 8. Klasse sowie zum Ende der Oberstufe in den Fachgebieten Mathematik und Naturwissenschaften durchgeführt.

Inhaltlich orientiert sich PISA an den vier Inhaltsfeldern Quantität, Veränderung und Beziehungen, Raum und Form sowie Unsicherheit (Frey et al., 2010). Im Gegensatz hierzu nutzt TIMSS in der theoretischen Rahmenkonzeption eine Kombination aus dem inhaltlichen Bereich (Domäne) und der kognitiven Anforderung (Sälzer, 2016). Für die Mathematik ergeben sich die Inhaltsbereiche Arithmetik, Messen und Geometrie sowie Umgang mit Daten. Bezüglich der Anforderungen wird das Reproduzieren von Wissen, Fertigkeiten und Grundvorstellungen, das Anwenden von Wissen, Fertigkeiten und Grundvorstellungen beim Bearbeiten von Standardaufgaben sowie das Lösen von komplexeren, anspruchsvolleren Aufgabenstellungen erfasst (Selter et al., 2020).

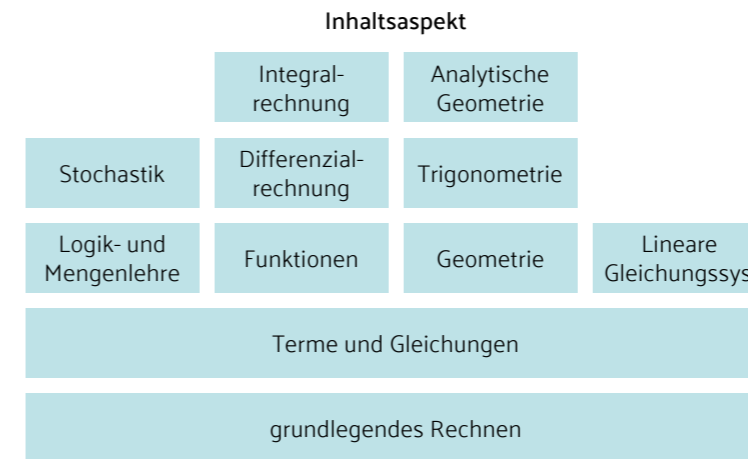
Die Bildungsstandards für Mathematik umfassen dabei die drei Kategorien Leitgedanken, Prozesse sowie Anforderungsniveau (KMK, 2012). Leitgedanken beschreiben grobe inhaltliche Bereiche, Prozesse beinhalten mathematische Fertigkeiten und unter dem Bereich Anforderung werden die aus dem Abitur bekannten Anforderungsbereiche (AFB) 1 bis 3 verstanden: Wiedergabe von Faktenwissen, naher Transfer auf bekannte und ferner Transfer auf unbekannte Problemstellungen (Blum et al., 2015).

### 3. ALiSe-Modellierung

Das Projektziel von ALiSe erfordert inhaltliche Konkretisierung sowohl der Bildungsstandards als auch der Vergleichsstudien. Aus diesem Grund werden nicht die Inhaltsbereiche der schulischen Perspektive übernommen, sondern in der Organisation auf das Gerüst des WINT-Katalogs und der MaLeMINT-Studie zurückgegriffen, sofern deren Inhaltsbereiche dem Schulstoff zugeordnet werden können. Um dies zu prüfen wurden die Lehrpläne des Bundeslandes NRW sowie im Handel erhältliche Prüfungstrainings analysiert. An dieser Stelle soll noch einmal betont werden, dass ALiSe ausschließlich Schulvorwissen und kein Wissen aus dem Bereich der Hochschulmathematik erfassen soll, da dies erst Teil des (Fach-) Studiums ist.

Um eine systematisch breite Varietät an Test-Aufgaben zu generieren, werden zusätzlich die in der MaLeMINT-Studie, wie auch die in den Bildungsstandards zu findenden Fertigkeiten als zweite Dimension aufgenommen. Auch hierzu wurden die einzelnen Einträge aus den unterschiedlichen Quellen ergänzend zusammengeführt. Nicht in die ALiSe-Modellierung aufgenommen werden hingegen Anforderungsniveau, Persönlichkeitsmerkmale sowie Vorstellungen zur Natur der Mathematik, da sich diese nicht auf konkretes mathematisches Können und damit auf spezifische Defizite beziehen. In Abb. 1 wird das ALiSe-Modell für Mathematik grafisch dargestellt.

Das Modell ist in „Inhalts-Paketen“ strukturiert, sodass eine Anpassung an die studiengangsspezifischen Anforderungen durch An- und Abwählen von Inhaltsbereichen ermöglicht wird. Zudem werden die sachlogischen Abhängigkeiten der Inhaltsbereiche durch die Anordnung im Modell abgebildet: unterliegende Inhaltsbereiche legen die Grundlagen für direkt darüberliegende. Testzusammenstellende sollen auf



### Fertigungsaspekt

- Vorstellungen vom math. Sachverhalt
- Definitionen, Formel- und Einheitenwissen
- (Er-) Kennen von Regeln und Techniken
- Anwenden von Regeln und Techniken
- Werte ermitteln oder ablesen
- Darstellen und Kommunizieren
- Berechnungen ausführen und bewerten
- Werte schätzen und überschlagen
- mathematische Problemanalyse
- Modellieren und Problemlösen

Abb. 1: ALiSe-Modellierung mit Inhalts- und Fertigungsaspekt

diese Weise unterstützt werden, in der Zusammenstellung voraussetzende Teilkompetenz zu beachten und in die Auswahl einzuschließen.

### 4. Item-Entwicklung und Ergebnisse der Pilotierung

Der Fertigungsaspekt in der ALiSe-Modellierung (Abb. 1) leitet in erster Linie die Entwicklungsarbeiten für die Test-Items an und dient dazu, zu jedem Inhaltsaspekt systematisch ein breites Spektrum unterschiedlicher Fragen zu entwickeln.

Die Fragen wurden in den Formaten Single- und Multiple-Choice sowie Wahr/Falsch-Auswahl, seltener als numerische Eingabe oder Drag & Drop-Aufgaben entwickelt. Hierbei wurde unter Berücksichtigung möglicher Fehlsichtigkeit und Farbindifferenz auf Barrierearmut geachtet. Sprachwahl und Bearbeitungsaufforderungen wurden so einheitlich und klar

wie möglich gehalten, um Falschantworten durch Missverständnisse zu reduzieren. Darüber hinaus wurde auf die Voraussetzungen für lokale stochastische Unabhängigkeit der einzelnen Items geachtet.

Zudem wurden für jede inhaltliche Teilkompetenz mindestens drei, in der Regel aber zehn oder mehr Items unterschiedlicher Fertigungsaspekte entwickelt. Dabei erfasst jedes Item nur eine Teil-Kompetenz, abgesehen von Items zu den Fertigkeiten „mathematische Problemanalyse“ und „Modellieren“<sup>1</sup>. Die Entwicklung wurde kritisch-konstruktiv von externen Experten des Mathe-Zentrums der Bergischen Universität Wuppertal und zusätzlich in einem Standardsetting- und

<sup>1</sup> Der Unterschied zwischen mathematischen Problemanalyse und Modellieren besteht darin, dass bei ersterem ein rein mathematisches Problem mit hoher Komplexität zu lösen ist, während das Modellieren ein außer-mathematisches Problem zunächst in eine mathematische Beschreibung überführt und dann gelöst werden muss.

Definitionen, Formel- und Einheitenwissen

Wie nennt sich ein lineares Gleichungssystem, bei dem es von Null verschiedene, nicht-variable Terme gibt, wie zum Beispiel:  
 $2x + 3y = 2$   
 $3x + 2y = -2$ ?

Wählen Sie die zutreffende Möglichkeit aus!  
 Ein derartiges Gleichungssystem nennt sich...

- divergent.
- heterogen.
- extrinsisch.
- inhomogen.

(Er-) Kennen von Regeln und Techniken

Welche der folgenden Gleichungssysteme mit den Unbekannten  $x$  und  $y$  und dem Parameter  $a$  gehört nicht zu den linearen Gleichungssystemen?  
 Wählen Sie die zutreffende Möglichkeit aus

- $a^2x + 5y = 6$
- $2x + a^{-1}y = 7$
- $3x^2 + 4y = 5$
- $2x + ay^{-2} = 6$
- $2x + 3y - 1 = 0$
- $3x + 4ay + 5 = 0$

mathematische Problemanalyse

Welches der gegebenen linearen Gleichungssysteme löst das folgende geometrische Problem?  
 In einem Dreieck ist Seite  $a$  drei Mal so lang wie Seite  $b$ , Die Länge der Seite  $c$  ist  $\frac{3}{4}$  der Gesamtlänge von Seite  $a$  und  $b$ . Der Umfang des Dreiecks beträgt 12 cm. Wie lang sind jeweils die Seiten  $a$ ,  $b$  und  $c$ ?

Wählen Sie die zutreffende Möglichkeit aus!

- Seiten  $a$  und  $b$ :  $a = 3b$   
Seite  $c$ :  $\frac{3}{4}(a + b) = c$   
Gesamtseitenlänge:  $a + b + c = 12$
- Seiten  $a$  und  $b$ :  $3a = b$   
Seite  $c$ :  $\frac{3}{4}(a + b) = c$   
Gesamtseitenlänge:  $a + b + c = 12$
- Seiten  $a$  und  $b$ :  $3a = b$   
Seite  $c$ :  $a + b = \frac{3}{4}c$   
Gesamtseitenlänge:  $a + b + c = 12$
- Seiten  $a$  und  $b$ :  $a = 3b$   
Seite  $c$ :  $a + b = \frac{3}{4}c$   
Gesamtseitenlänge:  $a + b + c = 12$

Anwenden von Regeln und Techniken

Für das Aufstellen eines linearen Gleichungssystems mit den Variablen  $a$ ,  $b$  und  $c$  gelten folgende Aussagen:  
 1. Das Doppelte der Summe der Variablen  $a$ ,  $b$  und  $c$  ist 20.  
 2. Die Variable  $a$  beträgt das Vierfache der Variablen  $b$ .  
 3. 10 zuzüglich des Dreifachen von  $c$  ist gleich der Summe des Doppelten von  $a$  und des Vierfachen von  $b$ .

Wie lautet die Gleichung für Aussage 2.?

- $4a - b = 0$
- $a - 4b = 0$
- $4a + b = 0$
- $a + 4b = 0$

Modellieren und Problemlösen

Welches der gegebenen linearen Gleichungssysteme löst das folgende Problem?  
 Der kleine hochbegabte Timmy stellt seine Eltern regelmäßig vor Herausforderungen. Zu seinem letzten Geburtstag lauteten seine Anweisungen:  
 „Zu meiner Geburtstagsfeier lade ich 17 Gäste ein. Jeder soll als Begrüßung eine Süßigkeit überreicht bekommen. Wir brauchen dafür Schokoriegel ( $s$ ), Lutscher ( $l$ ) und Brausepulver ( $b$ ). Wir brauchen 3 Lutscher mehr als Schokoriegel und genauso viele Packungen Brausepulver wie Schokoriegel und Lutscher zusammen.“ Wieviel von jeder Süßigkeit mussten Timmys geplagte Erziehungsberechtigten besorgen?

Wählen Sie die zutreffende Möglichkeit aus!

- Brausepulver:  $b - s - l = 0$   
Schoki&Lutscher:  $l - s = 3$   
Gesamtzahl:  $l + s + b = 17$
- Brausepulver:  $b - s + l = 0$   
Schoki&Lutscher:  $l - s = 3$   
Gesamtzahl:  $l + s + b = 17$
- Brausepulver:  $b - s + l = 0$   
Schoki&Lutscher:  $s - l = 3$   
Gesamtzahl:  $l + s + b = 17$
- Brausepulver:  $b - s - l = 0$   
Schoki&Lutscher:  $s - l = 3$   
Gesamtzahl:  $l + s + b = 17$

Abb. 2: Beispiel-Items unterschiedlicher Fertigkeiten aus der Teilkompetenz „Lineare Gleichungssysteme“, Inhaltsbereich „Aufstellen eines LGS“

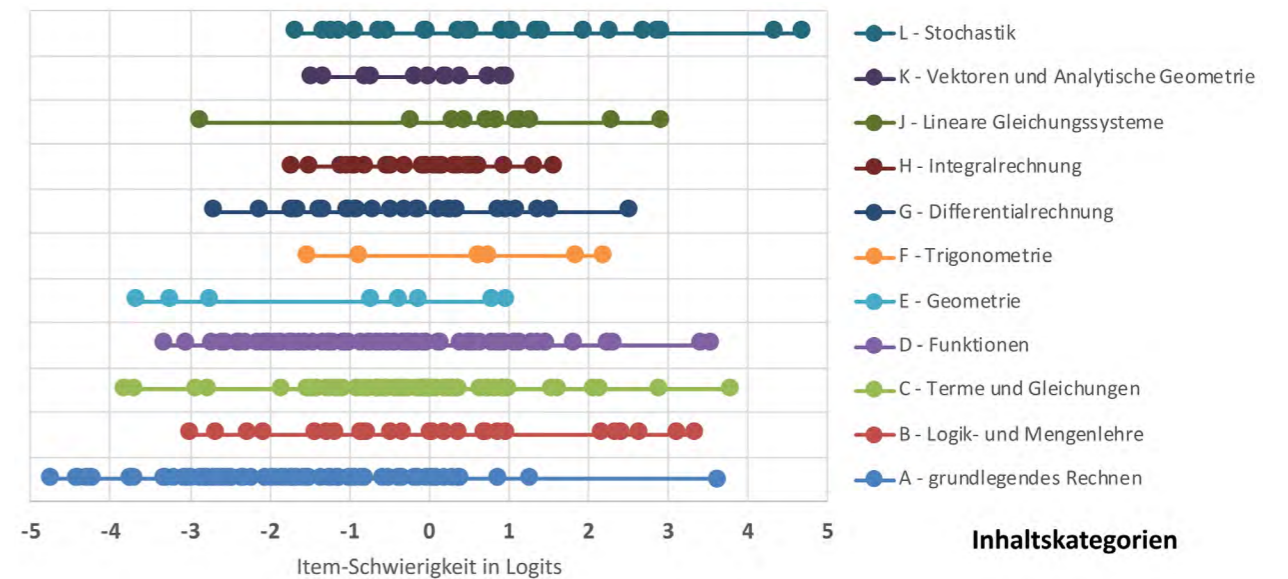


Abb. 3: Verteilung der Schwierigkeiten von Items mit ausreichender Bearbeitungszahl, nach Bereich aufsteigend sortiert

Benchmarkingprozess durch Hochschullehrende anderer Universitäten in NRW begleitet. Abb. 2 stellt beispielhaft fünf Items aus dem Inhaltsbereich „Lineare Gleichungssysteme“ zu verschiedenen Fertigkeiten innerhalb der Teilkompetenz „Aufstellen eines LGS“ vor.

Die Items wurden im Wintersemester 2022/23 sowie im darauffolgenden Sommersemester universitätsweit an der Bergischen Universität im Rahmen der Mathematik-Vorlesungen in wirtschafts-, natur- und ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen, die lt. Studienverlaufsplan im ersten oder zweiten Studiensemester besucht werden, pilotiert. Die Tests erforderten im Mittel 20 Minuten Bearbeitungszeit und wurden als Test-Aktivität im Lernmanagementsystem (LMS) Moodle umgesetzt. Hierbei wurde darauf geachtet, dass die einzelnen Tests mittels einer ausreichenden Anzahl von Anker-Items miteinander verknüpft sind. Die Daten wurden anschließend

entsprechend des 2PL-Modells (Birnbaum, 1968) in der Software R als globale Personenfähigkeit „Schulwissen Mathematik“ skaliert<sup>2</sup>.

Es ergibt sich bei der Berechnung des gesamten Item-Pools eine EAP-Reliabilität von 0,86, d.h. der Item-Pool ist hinreichend reliabel. Items, welche sich trotz ausreichender Bearbeitungszahlen nicht als erwartungskonform erwiesen, wurden zur Revision oder zum Verwurf zurückgestellt. Dies betraf 24% der eingesetzten Items, welche bislang ausnahmslos nach Überarbeitung wieder zurück in die Pilotierung gegeben werden konnten. Abb. 3 listet die mit mehr als 150

<sup>2</sup> Genutzt wurde das Paket TAM (Robitzsch & Kiefer, 2022). Geprüft wurden die Ergebnisse mittels der Pakete mirt (Chalmers, 2012) und eRm (Mair, Hatzinger, & Maier, 2021).



Bearbeitungen erfolgreich auspilotierten Items hinsichtlich deren Schwierigkeit und Inhaltsbereich aufsteigend sortiert auf.

Wie Abb. 3 darstellt, zeigen sich über die verschiedenen Inhaltskategorien hinweg große Überschneidungen der Schwierigkeitsparameter der jeweiligen Frage-Items. Dies verhindert eine verlässliche Diagnose spezifischer Defizite, die allein auf der globalen Personenfähigkeit beruht. Aus diesem Grund wird für die ein Differential Person Functioning-Algorithmus verwendet, welcher für Item-Gruppen mit gleicher Teil-Kompetenz die reale Abweichung vom erwarteten Normwert ermittelt. Auf diese Weise können sowohl eine globale Einschätzung des Schulvorwissens vorgenommen und gleichzeitig die vergleichsweise am schwächsten ausgeprägte Teil-Kompetenz identifiziert werden – beides entscheidende Metriken, um den Unterstützungsbedarf automatisiert zu erfassen und gezielt in einer Selbstlernumgebung zu adressieren.

## 5. Fazit

Mit der Modellierung und der Item-Batterie von ALiSe liegt ein erprobtes Instrument zur Testung mathematischen Schulvorwissens vom Primarbereich bis zur Sekundarstufe II vor. Diese wird ab dem Wintersemester 2023/24 an der Bergischen Universität Wuppertal in einer integrierten Lernumgebung (vgl. Erlebach & Frank, in diesem Band) zur Diagnose und Aufbereitung individueller Kompetenzdefizite Studierender eingesetzt werden. In der Entwicklung wurden bildungswissenschaftliche und empirische Befunde aufgegriffen und diese durch externe Experten aus der Mathematikdidaktik und den Studienfächern begleitet. Die Modellierung berücksichtigt zudem eine Anpassung des Diagnose- und Lernangebotes an tatsächliche Anforderungen eines Studienganges durch Studiengangsverantwortliche.

Die Item-Batterie steht als OER zur freien Nutzung und Bearbeitung zur Verfügung.

### Danksagung

Das Projekt „Adaptives Lernen in der Studieneingangsphase“ (ALiSe) wird durch das Ministerium für Kultur und Wissenschaft (MKW) Nordrhein-Westfalen gefördert und durch die Bergische Universität Wuppertal umgesetzt. Informationen zum Projekt sind zu finden unter: <https://www.alise.uni-wuppertal.de>

### Literatur

Blum, W., Vogel, S., Drüke-Noe, C., & Roppel, A. (Hrsg.). (2015). Bildungsstandards aktuell: Mathematik in der Sekundarstufe II. Bildungshaus Schulbuchverlage.

Cramer, E., Walcher, S., & Wittich, O. (2015). Mathematik und die „INT“-Fächer. In J. Roth, T. Bauer, H. Koch, & S. Prediger (Hrsg.), Übergänge konstruktiv gestalten: Ansätze für eine zielgruppenspezifische Hochschuldidaktik Mathematik (S. 51-68). Springer Fachmedien.

Erlebach, R., & Frank, C. (in diesem Band). Adaptives Lernen in der Studieneingangsphase (ALiSe). Bedingungen und Konzeption des digitalen Selbstlernsystems.

Frey, A., Heinze, A., Mildner, D., Hochweber, J., & Asseburg, R. (2010). Mathematische Kompetenz von PISA 2003 bis PISA 2009. In E. Klieme, C. Artelt, J. Hartig, N. Jude, O. Köller, M. Prenzel, W. Schneider, & P. Stanat (Hrsg.), PISA 2009. Bilanz nach einem Jahrzehnt. Waxmann.

Heublein, U., Ebert, J., Hutzsch, C., Isleib, S., König, R., Richter, J., & Woisch, A. (2017). Zwischen Studiererwartungen und Studienwirklichkeit (Bd. 1). Deutsches Zentrum für Hochschul- und Wissenschaftsforschung.

KMK. (2012). Bildungsstandards im Fach Mathematik für die Allgemeine Hochschulreife. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 18.10.2012. [https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2012/2012\\_10\\_18-Bildungsstandards-Mathe-Abi.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2012/2012_10_18-Bildungsstandards-Mathe-Abi.pdf)

Knospe, H. (2012). Zehn Jahre Eingangstest Mathematik an Fachhochschulen in Nordrhein-Westfalen. Proceedings zum 10. Workshop Mathematik in ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen, 19-24.

Knospe, H. (2018, September 12). Erhebliche Mathematikdefizite bei Studienanfängern. Ergebnisse einer 15-Jahres Studie. Heiko Knospe, TH Köln. <http://www.nt.th-koeln.de/fachgebiete/mathe/knospe/aktuelles.html>

Kürten, R. (2020). Mathematikfertigkeiten zu Studienbeginn. In Mathematische Unterstützungsangebote für Erstsemesterstudierende (S. 55-64). Springer.

Landesrektorenkonferenz der Universitäten in NRW (Hrsg.). (o.A.). WINT-Katalog Mathematik. <https://beta.orca.nrw/media/download/pdfs/handreichungen/WINT-Katalog.pdf>

Lung, J. (2021). Schulcurriculares Fachwissen im Studienverlauf. In Schulcurriculares Fachwissen von Mathematiklehramtsstudierenden (S. 173-228). Springer.

Neumann, I., Pigge, C., & Heinze, A. (2017). Welche mathematischen Lernvoraussetzungen erwarten Hochschullehrende für ein MINT-Studium. Eine Delphi-Studie. Kiel: IPN. [https://www.telekom-stiftung.de/sites/default/files/malemint\\_broschüre\\_langfassung2.pdf](https://www.telekom-stiftung.de/sites/default/files/malemint_broschüre_langfassung2.pdf)

Pigge, C., Neumann, I., & Heinze, A. (2016). Mathematische Lernvoraussetzungen für MINT-Studiengänge aus Hochschulsicht – eine Delphi-Studie. In Institut für Mathematik und Informatik Heidelberg (Hrsg.), Beiträge zum Mathematikunterricht 2016. WTM-Verlag.

Pitton, A., & Scholten-Akoun, D. (2016). Ein Beitrag zur Verbesserung der Vorbereitung auf Beruf und Studium – Sprachstandsmessungen in der Sekundarstufe II und zielgenauere Förderung. In K. Altenschmidt & W. Stark (Hrsg.), Forschen und Lehren mit der Gesellschaft (S. 191-206). Springer Fachmedien Wiesbaden.

Sälzer, C. (2016). Die großen Schulleistungsstudien in Deutschland. In Studienbuch Schulleistungsstudien (S. 5-41). Springer. Selter, C., Walter, D., Heinze, A., Brandt, J., & Jentsch, A. (2020). Mathematische Kompetenzen im internationalen Vergleich: Testkonzeption und Ergebnisse. In Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen von Grundschulkindern in Deutschland im internationalen Vergleich (S. 57-112). Waxmann.

**Angaben zu den AutorInnen****Philipp Bring**

Studium der Psychologie, Data-Analyst bei KNSKB+ und bei StepStone, seit 2022 wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Bergischen Universität Wuppertal am Lehrstuhl Forschungsmethoden der Bildungsforschung und Psychometrie im Projekt ALiSe

**Ralf Erlebach und Carolin Frank**

siehe Beitrag: „Adaptives Lernen in der Studieneingangsphase (ALiSe)“ in diesem Tagungsband

**Johannes Naumann**

Studium Psychologie und Soziologie, Forschungstätigkeit Bildungsqualität und Evaluation am Deutschen Institut für Internationale Pädagogische Forschung (DIPF) Frankfurt am Main, Professur Allgemeine Erziehungswissenschaft mit dem Schwerpunkt Quantitative Methoden an der Goethe-Universität Frankfurt, seit 2018 Professur Forschungsmethoden der Bildungsforschung an der Bergischen Universität Wuppertal

## Adaptives Lernen in der Studieneingangsphase (ALiSe). Bedingungen und Konzeption des digitalen Selbstlernsystems



Ralf Erlebach, Carolin Frank  
Bergische Universität Wuppertal

**Zusammenfassung**

Mangelnde Vorkenntnisse in der Schulmathematik führen in MINT-Studiengängen häufig zu Studienabbrüchen (Heublein et al., 2017). Die Defizite der kritischen Studierendengruppe sind individuell und reichen bis in Grundlagen aus der Sekundarstufe I. Die Aufarbeitung dieser Defizite im Rahmen regulärer universitärer Lehrangebote ist nicht möglich (Kürten, 2020). Als kostenneutrale Alternativen werden seit Mitte des letzten Jahrzehnts Online-Self-Assessments (OSA) und Online-Kurs-Angebote (OKA) angeboten. Jedoch blieb die erhoffte Wirkung – gesteigerte Studierfähigkeit und verringerte Abbruchquoten – in den MINT-Fächern bislang aus (Heublein, Hutzsch, & Schmelzer, 2022).

Im Rahmen des ALiSe-Projektes wurden bestehende OSA-OKA-Systeme aus Sicht von Bildungsanbietern und Studierenden analysiert. Der Beitrag stellt die Ergebnisse dieser Analyse vor und leitet aus den sich ergebenden Anforderungen die Konzeption eines OSA-OKA-Systems für eine effektive Kompetenzaufarbeitung mathematischen Schulvorwissens ab.

**1. Einleitung**

Die anhaltend hohen Studienabbruchsquoten in den MINT-Studienfächern stellen eine Herausforderung für die Ausbildung kommender Fachkräfte dar (Gensch & Kliegl, 2011; Heublein et al., 2017, 2022). Studienabbrüche oder Umorientierungen haben verschiedene individuelle Ursachen (Isphording & Wozny, 2018; Theune, 2021). Diese Entscheidungen haben in der Regel einen erheblichen Einfluss auf das Selbstbild und die langfristige Lebenszufriedenheit der betroffenen Personen (Klein, Mishra & Müller, 2022). Studierende brechen ihr Studium oft erst im fortgeschrittenen Verlauf ab, wenn sich fachliche, persönliche oder finanzielle Probleme häufen und der Verzicht auf den angestrebten Studienabschluss unvermeidbar erscheint (Isphording & Wozny, 2018).

In dieser Vielzahl von Ursachen ist das mangelnde mathematische Schulwissen als starker und stabiler Prädiktor für die Tendenz zum Studienabbruch identifiziert worden (Ebert & Heublein, 2015; Isphording & Wozny, 2018; Klöpping et al., 2017; Theune, 2021). In der Regel wird dieses Vorwissen durch die Gesamtnote der Hochschulzulassung oder die Mathematik-Note operationalisiert. Während die Gesamtnote der Hochschulzulassung für eine allgemeine Beschreibung der Situation ausreichend ist, erweist sie sich als ungenau und unbefriedigend für die Bereitstellung maßgeschneiderter Unterstützungsangebote. Zudem gibt es weitere Unsicherheitsfaktoren wie die Aktualität der Note, den Bildungsweg und die spezifischen Merkmale des Bildungssystems in den verschiedenen Bundesländern.

Zur Diagnose des Unterstützungsbedarfs werden Eingangstestierungen durchgeführt, aufgrund wirtschaftlicher Bedingungen häufig in digitaler Form. Ergänzt werden sie durch Selbstlernmaterialien, von denen sich Hochschulen eine kostengünstige Lösung der Herausforderungen im individuellen Bereich eingeschränkter Studierfähigkeit versprechen. Seit über 5 Jahren stehen frei zugängliche Diagnoseinstrumente und Lernangebote für MINT-Fächer bezüglich mathematischer Grundkenntnisse zur Verfügung, jedoch fehlen bisher messbare positive Entwicklungen, insbesondere in Bezug auf die Problematik des Studienabbruchs (Heublein et al., 2022).

## 2. Bestehende Online-Self-Assessments und Online-Kurs-Angebote

Es stellt sich die Frage, warum trotz erheblicher finanzieller Aufwendungen und der Bereitstellung von Instrumenten für individuelle Diagnostik und Kompetenzförderung bislang keine Verbesserung der Situation erzielt wird. In diesem Abschnitt liegt der Fokus auf den bestehenden digitalen Angeboten und den Voraussetzungen für deren Erfolg.

Dazu wurden frei zugängliche Digitalangebote untersucht, die das schulmathematische Spektrum inklusive Sekundarstufe I abdecken und Diagnose- sowie Lernangebote bereitstellen. Tabelle 1 listet die untersuchten Systeme aus Online-Self-Assessment (OSA) und Online-Kurs-Angeboten (OKA) auf.

Die Angebote wurden im Hinblick auf das Nutzererlebnis analysiert, wobei auf Rückmeldungen von Studierenden und Lehrenden zurückgegriffen wurde, die im Rahmen vorangegangener Projekte an der Bergischen Universität Wuppertal begleitende Befragungen zum systematischen Einsatz der

Tab. 1: Untersuchte OSA-OKA-Systeme zur Auffrischung schulmathematischer Kompetenzen

Projekt / Anbieter	Online-Self-Assessment (OSA)	Online-Kurs-Angebot (OKA)
StudiPort / ORCANRW	WINT-Check <sup>1</sup>	studIVEMINT <sup>2</sup>
TU Hamburg / RWTH Aachen	MINTFIT <sup>3</sup>	OMB+ <sup>4</sup>
DigikoS	DigikoS-Diagnostik und Kurse <sup>5</sup>	

<sup>1</sup> <https://www.orca.nrw/assessments/wint-check>  
<sup>2</sup> <https://www.orca.nrw/kurse/studivemint>  
<sup>3</sup> <https://www.mintfit.hamburg/tests/mathematik>  
<sup>4</sup> <https://www.ombplus.de/ombplus>  
<sup>5</sup> <https://www.digikos.de>

OSA-OKA-Systeme von StudiPort und OMB+ im Studienbetrieb durchführten. Basierend auf der Sichtweise von Studierenden wurden vier Bedingungsfelder identifiziert.

Als Studierender bzw. Studierendem...

1. ... sind mir die Angebote bekannt und ich kann auf diese unkompliziert zugreifen,
2. ... ist mir die Relevanz des Angebotes für mein (angestrebtes) Studium sofort einsichtig, im Besonderen ist das Angebot auf die Anforderungen meines Studiums hin abgestimmt,
3. ... fordert die Nutzung des Angebotes einen für mich persönlich akzeptablen Rahmen an Aufwand ein, zeitlich wie kognitiv,
4. ... wird mir in der Nutzung des Angebots deutlich, wie ich durch diese profitiere, Fortschritte erziele und die Erfolgsaussichten in meinem Studium verbessere.

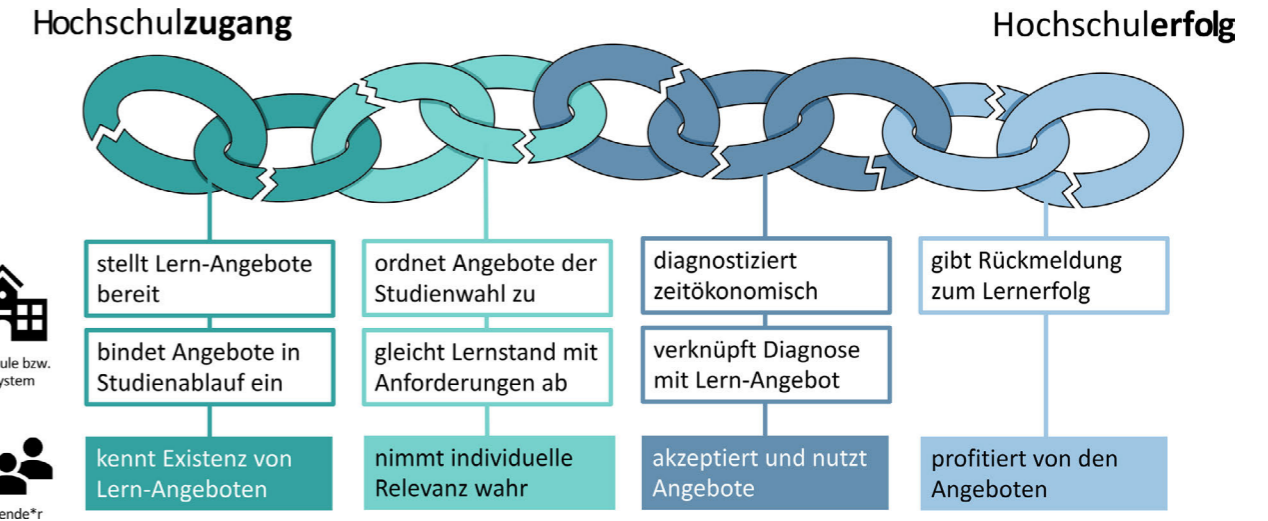


Abb. 1: identifizierte Kausalkette mit Gelingensbedingungen im Einsatz von OSA-OKA-Systemen aus Sicht Studierender und dem von Bildungsanbietern zu leistenden Beitrag

Vorangehende Punkte sind Bedingungen für den nachfolgenden Punkt. Abbildung 1 veranschaulicht die Erfüllungsbedingungen für die erfolgreiche Nutzung digitaler Selbstlernangebote aus Sicht der Studierenden. Diese Bedingungen bilden eine Kausalkette zwischen Hochschulzugang und Hochschulerfolg.

Die Ketten-Metapher wurde bewusst gewählt, da die Widerstandsfähigkeit einer Kette vom schwächsten Glied abhängt: Wenn ein Glied bricht, versagt die gesamte Kette. Daher wurden Anforderungen und Maßnahmen auf Anbieterseite entwickelt, um sicherzustellen, dass jedes Kettenglied ausreichend stabil ist.

Mit Blick auf die untersuchten OSA-OKA-Systeme lassen sich die Anforderungen wie folgt zusammenfassen (s. Erlebach & Frank, 2023; Volk, Erlebach & Frank, 2023):

### Bedingung 1: Kenntnis vom und Zugriffsmöglichkeit auf das Lernangebot

Die untersuchten Systeme sind grundsätzlich zugänglich, allerdings muss für die Diagnose in den jeweiligen Systemen eine Anmeldung erfolgen. Eine direkte Implementierung im Lernmanagementsystem der Hochschule ist daher empfehlenswert. Dies würde ebenso das Problem eingeschränkter Kenntnis vom Angebot sowie die Auffindbarkeit dessen verbessern. Beispielsweise sind sowohl die von ORCANRW angebotenen Test als auch die korrespondierenden Lehrmaterialien aufgrund ungenauer Suchergebnisse praktisch nur mittels Direktlink zu erreichen. Zusätzlich bietet es sich an, dass die Hochschule zu verschiedenen Zeitpunkten im Studienver- und -ablauf das Angebot strukturell einbindet, um die Bekanntheit des Angebotes in der Zielgruppe sicherzustellen.

**Bedingung 2: Wahrnehmung individueller Relevanz in Bezug auf das eigene Studium**

Ein MINT-Studium variiert je nach Fachrichtung und Standort in Bezug auf die Anforderungen. „One size fits all“-Ansätze sind ungeeignet, da Studierende z. B. ginn ihres Studiums nicht wissen, welche Teilkompetenzen in welchem Umfang erwartet werden. Eine Umfrage zur User Experience (Klein et al., in Vorbereitung) hat zudem bestätigt, dass Studierende wenig Sinn darin sehen, Schulwissen im Rahmen ihres Studiums zu testen und sich damit zu beschäftigen. Den Studierenden ein auf die Anforderungen ihres Studiengangs zugeschnittenes Angebot bereitzustellen und ihnen Rückmeldungen geben, welche die Erfolgsaussichten im Studium im Allgemeinen sowie für bevorstehende Prüfungen im Besonderen sind, wird daher als sinnvolle Maßnahme erachtet.

**Bedingung 3: Akzeptanz und Nutzung der OSA und OKA**

Nicht nur die wahrgenommene Relevanz, auch äußere Rahmenbedingungen spielen eine wichtige Rolle für die tatsächliche Nutzung des Angebots. Hierzu wurden Zeitökonomie bei der Diagnose und die nahtlose Verknüpfung von Diagnoseergebnissen mit passenden Handlungsoptionen als entscheidende Merkmale identifiziert. In beiden Punkten lassen sich die untersuchten OSA-OKA-Systeme substantziell verbessern.

Beispielsweise fordern WINT-Check sowie MINTFIT unabhängig von der Fähigkeit der Studierenden die Bearbeitung der gesamten Fragebatterien ein. Eine Analyse der Nutzungsdaten von WINT-Check der Jahre 2017-2021 zeigt auf, dass eine

vollständige Bearbeitung mehrere Stunden erfordert. Die Daten der unvollständigen Testversuche zeigen zudem, dass im Mittel nach 10 Minuten die Testbearbeitung eingestellt und ein Ergebnis angefordert wurde (s. Volk, Erlebach & Frank, in Vorbereitung). Ein Zeiteinsatz von ca. 10 Minuten scheint somit die akzeptierte und damit anzustrebende Bearbeitungsdauer darzustellen.

Ebenso ist die zeitliche Komponente für Such- und Entscheidungsprozesse nach dem Diagnoseergebnis entscheidend für die Akzeptanz. StudiPort und MINTFIT/OMB+ liefern zwar ein Ergebnis, verknüpfen dieses jedoch nicht nahtlos mit einem entsprechenden Lernangebot. DigikoS hingegen bietet das eigene Kursprogramm auf Grundlage des Diagnoseergebnisses in zwei verschiedenen Schwierigkeitsgraden an (vgl. Götz et al., 2021), fordert jedoch im Vorfeld der Nutzung erheblich Zeit für Reflexionsaufgaben ein.

**Bedingung 4: Wahrnehmung des eigenen Lernfortschrittes und Profits fürs Studium**

Zwar bieten alle OSA-Systeme Feedback zur Richtigkeit der gegebenen Antworten, DigikoS sieht immerhin die Erfassung des Lernfortschrittes in den OKA bzw. Kursen durch einen summativen Ausgangstest vor. Jedoch wäre es aus motivationaler Sicht erstrebenswert, dass Studierende im fortlaufenden Lernprozess unmittelbares Feedback über ihren Lernfortschritt erhalten und ihnen positive Konsequenzen für ihren Studienerfolg aufgezeigt würden. Eine adäquate Abbildung des Lernerfolgs findet bislang nicht statt.

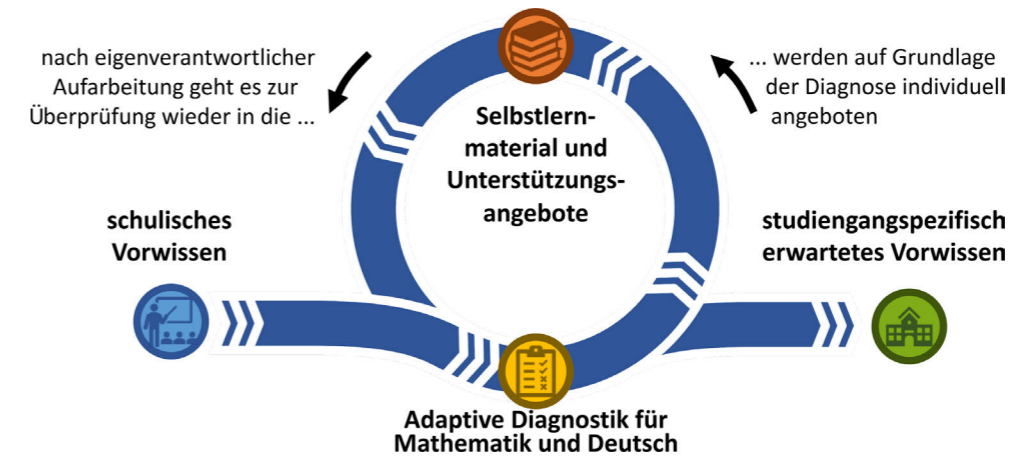


Abb. 2: regelkreisbasierte OSA-OKA-Konzeption von ALiSe

**3. Inhaltlich-technische Aspekte der Konzeption von ALiSe**

Die oben beschriebenen und bislang unerfüllten Anforderungen, speziell die mangelnde Verzahnung und fehlende Erfolgsüberprüfung, stellen erhebliche Herausforderungen für den angestrebten Lernprozess dar. ALiSe adressiert dies, indem Diagnose und Lernangebote miteinander zu einem Kreislaufprozess verzahnt sind (siehe Abb. 2). Dabei werden auf Grundlage des individuellen Diagnoseergebnisses nur Angebote zum dringlichsten Lernziel den Studierenden für die Lernphasen unterbreitet. So können sie sich auf die Aufarbeitung eines einzelnen Kompetenzdefizits konzentrieren und dieses für sich aufarbeiten. Der Erfolg des Lernprozesses wird anschließend über die Diagnose abgesichert. Dabei wird das nächste Kompetenzdefizit aufgedeckt und erneut darauf passende Lernmaterialien und Unterstützungsangebote angeboten – solange, bis die Anforderungen des Fachstudiums zufriedenstellend erfüllt sind.

Hierfür spielt die Diagnosefunktion von ALiSe eine zentrale Rolle, da sie innerhalb des o.g. geringen Zeitfensters die vorrangigste Kompetenzlücke identifizieren muss. Dies wird durch den Einsatz einer speziellen Form des Computer-Adaptiven Testens (CAT) erreicht. Im Vergleich zu den Testverfahren der bisherigen OSA-OKA-Systeme liefert CAT unabhängig von den gestellten Fragen direkt miteinander vergleichbare Ergebnisse, sodass dynamisch Tests zusammengestellt und Lernfortschritte mit unterschiedlichen Fragen ermittelt werden können (Moosbrugger, 2012). Der CAT-Algorithmus von ALiSe bestimmt dabei während der Testbearbeitung mittels Differential Person Functioning (Johanson & Alsmadi, 2002) das vermutete Kompetenzdefizit und wählt gezielt die dafür zugehörigen Fragen aus. Die durch CAT in der Literatur berichteten Zeiteinsparungen von bis zu 60 Prozent (Yan, Davier & Lewis, 2014) ließen sich in Simulationen auf Basis eigener Pilotierungsdaten erfolgreich demonstrieren.

Speziell für die Anforderung eines CAT-Verfahrens wurden ein aus über 700 Items bestehender Fragenkatalog entwickelt, welcher auf einer Modellierung mathematischen Vorwissens basiert (Bring, Erlebach, Frank & Naumann, in diesem Band), auf deren Grundlage ebenso die Zuordnung der Lernangebote oder Unterstützungsangebote der Hochschule geschieht.

#### 4. Organisatorische Aspekte des Einsatzes von ALiSe

Über den engeren Lernprozess hinaus lassen sich zudem aus den Anforderungen Maßnahmen ableiten, welche die Einbindung in die Organisation des Studierenden betreffen. Diese Maßnahmen sollten die Fragen beantworten: (1) Wie gelangen die Studierenden ins System? Und (2) wie werden sie nach Möglichkeit solange aktiv lernend im System gehalten, bis ein Studienerfolg aus empirischer Sicht wahrscheinlich erscheint?

Zur Frage der Heranführung ist ein möglichst technisch niederschwelliger Zugang zur Lernumgebung Voraussetzung. Eine Integration von ALiSe ins Lernmanagementsystem der Hochschule ist daher vorteilhaft. Daher wird ALiSe als OER-Content umgesetzt und für das LMS Moodle unter freier Lizenz kostenfrei zur Verfügung gestellt. An einer Anbindung für Hochschulen mit einem anderen LMS via LTI-Schnittstelle wird derzeit gearbeitet.

Abgesehen von technischen Hürden stellt sich die Frage, wie das Lernangebot in den Studienbetrieb organisatorisch eingebunden wird. Aus unseren Pilotierungen wissen wir, dass ein rein freiwilliges Test- und Lernangebot nur in Ausnahmefällen angenommen wird (Erlebach, 2023). Daher ist

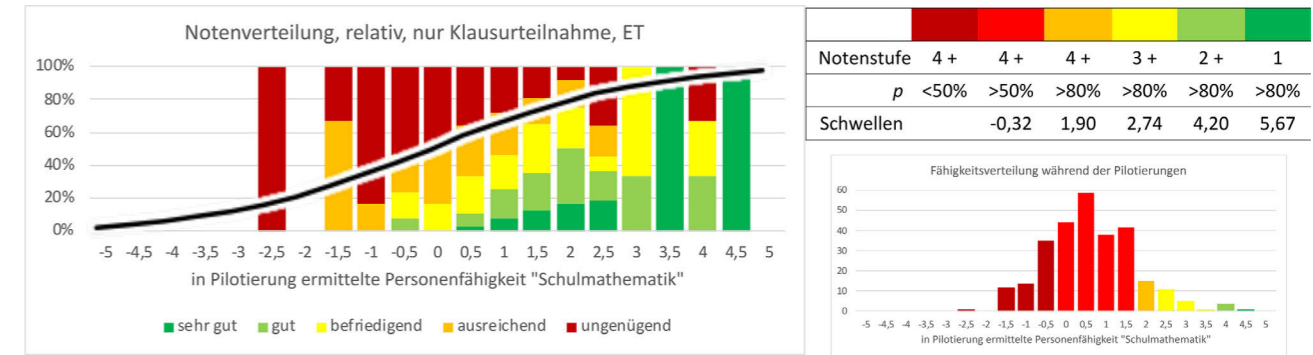
**Tab. 2: Korrelationen zwischen mathematischen Schulvorwissen und Klausurnote für Bautechnik (BT), Elektrotechnik (ET), Maschinenbautechnik (MBT) und Sicherheitstechnik (SiTe) sowie Mathematik (Ma), Informatik (Inf) und Physik, \*\*\* signifikant mit  $p < 0,001$**

Studiengang	BT	ET	MBT & SiTe	Ma, Inf, Physik
Spearman-Korrelation	-0.29	-0.44***	-0.52***	-0.48*** -0.35***
Stichprobe	21 <sup>6</sup>	177	114	64 bzw. 111 <sup>7</sup>

<sup>6</sup> Die geringe Anzahl an Teilnehmenden an der Klausur, deren Vorwissen im Rahmen der Pilotierung zuvor in der Lehrveranstaltung erhoben wurde (n=81), ist durch das Nichtbestehen der Vorklausur bedingt.  
<sup>7</sup> Untersucht wurde „Grundlagen der Mathematik“ sowie „Analysis I“. Werte in dieser Reihenfolge angegeben.

geplant, Studierende mit dem OSA-OKA-System von ALiSe zu mehreren Zeitpunkten vor und während ihrer ersten Studiensemester in Kontakt zu bringen: mit der Zulassung, in der Orientierungswoche, in Lehrveranstaltungen, vor Beratungssituationen sowie im Zusammenhang mit der Prüfungsvorbereitung. Eine derartige „Heranführung“ sichert somit, dass die Studierenden ins System finden und dort auch gehalten werden können.

Die Frage des „Haltens“ der Zielgruppe im System knüpft dabei an die der Art der Rückmeldung aus den Diagnosen an und wie sehr diese „dringliche Zuversicht“ (McGonigal, 2011) fördert. Hierbei scheint Studienerfolg im Sinne einer zu erwartenden Klausurnote aus Studierendensicht die



**Abb. 3, links: relative Noten-Häufigkeiten über dem mathematischen Schulvorwissen mit eingezeichneter logistischer Regressionskurve für das Bestehen der Klausur; rechts oben: Fähigkeitsstufen auf Grundlage der logistischen Regression; rechts unten: Verteilung der Studierenden nach Fähigkeitsstufen in der untersuchten Lehrveranstaltung (Mathematik 1 im Studiengang B.Sc. Elektrotechnik)**

überzeugendste Metrik darzustellen. Dass Schulvorwissen und Klausurnote korrelativ signifikant zusammenhängen, konnte im Rahmen der Pilotierung anhand der Grundlagenvorlesungen Mathematik in den ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen sowie Mathematik an der Bergischen Universität nachgewiesen werden (s. Tab. 2).

Mittels logistischer Regression lässt sich zudem der Zusammenhang zwischen der in Logits gemessenen Personenfähigkeit „mathematisches Schulvorwissen“ und der statistisch zu erwartenden Klausurnote ermitteln (Bring, Erlebach, Frank & Naumann, in Vorbereitung). Legt man eine vom Vorwissensstand bedingte Wahrscheinlichkeit von 80 Prozent für eine bestimmte Note oder besser als Maßstab zugrunde, erhält man Fähigkeitsstufen, welche beispielhaft in Abb. 3 am Studiengang Elektrotechnik als Skala zwischen Dunkelrot bis

Dunkelgrün dargestellt sind. Auf dieser Skala lassen sich Fähigkeit sowie Lernfortschritt abtragen und sie dient so, eigene Erfolgchancen einzuschätzen und zu verbessern.

#### 5. Fazit

Mit ALiSe steht für MINT-Studienfächer ein personalkostenneutrales Instrument zur Auffrischung mathematischer Schulkompetenzen zur Verfügung. Bei der Entwicklung wurden Erfahrungen und Schwachpunkte bisheriger OSA-OKA-Systeme berücksichtigt und im Besonderen die Konzeption auf die aus Sicht der Zielgruppe bedeutsamen Anforderungen an Zeitökonomie, Relevanzwahrnehmung und barrierearme Zugänglichkeit hin ausgerichtet. Durch die offene Architektur können zudem die enthaltenen Inhalte auf die Anforderungen

eines Studienganges sowie auf lokal vorgehaltene Unterstützungsangebote hin angepasst werden. Darüber hinaus eröffnet die Verfügbarkeit von Computer-Adaptiven Testens in Moodle eine ganze Reihe weiterer Einsatz-Szenarien adaptiver Lernwege oder Assessment-Verfahren.

### Danksagung

Das Projekt „Adaptives Lernen in der Studieneingangsphase“ (ALiSe) wird durch das Ministerium für Kultur und Wissenschaft (MKW) Nordrhein-Westfalen gefördert und durch die Bergische Universität Wuppertal umgesetzt. Informationen zum Projekt sind zu finden unter: <https://www.alise.uni-wuppertal.de>

### Literatur

Bring, P., Erlebach, R., Frank, C., & Naumann, J. (in diesem Band). Absicherung der Studierfähigkeit in der Studieneingangsphase. Modellierung mathematischen Schulvorwissens.

Bring, P., Erlebach, R., Frank, C., & Naumann, J. (in Vorbereitung). Einfluss mathematischen Schulvorwissens auf den Studien-erfolg im ersten Fachsemester in ingenieurtechnischen Studienfächern. Konferenzband zur 17. Ingenieurpädagogische Jahrestagung 2023. TU Dresden.

Ebert, J., & Heublein, U. (2015). Studienabbruch an deutschen Hochschulen: Ein Überblick zum Umfang, zu den Ursachen und zu den Voraussetzungen der Prävention. *Qualität in der Wissenschaft*, 9(3/4), 67-73.

Erlebach, R., & Frank, C. (2023). Einbindung des ALiSe-OSA/ OKA-Systems in den Studienablauf der Studieneingangsphase. *Lessons Learned Journal*, 3(2), im Druck.

Gensch, K., & Kliegl, C. (2011). Studienabbruch. Was können Hochschulen dagegen tun? Bayerisches Staatsinstitut für Hochschulforschung und Hochschulplanung.

Götz, G., Hamich, M., Pinkernell, G., Schönwälder, D., Ullrich, D., & Wankerl, S. (2021). Adaptives Üben, adaptive Aufgabentrainings, Modelle grundlegenden Wissens und Könnens. In R. Küstermann, M. Kunkel, A. Mersch & A. Schreiber (Hrsg.), *Selbststudium im digitalen Wandel* (S. 93-126). Springer.

Heublein, U., Ebert, J., Hutzsch, C., Isleib, S., König, R., Richter, J., & Woisch, A. (2017). Zwischen Studiererwartungen und Studienwirklichkeit (Bd. 1). *Deutsches Zentrum für Hochschul- und Wissenschaftsforschung*.

Heublein, U., Hutzsch, C., & Schmelzer, R. (2022). Die Entwicklung der Studienabbruchquoten in Deutschland. *DZHW Brief*.

Isphording, I., & Wozny, F. (2018). Ursachen des Studienabbruchs. Eine Analyse des nationalen Bildungspanels. *Institute of Labor Economics (IZA)*. Abgerufen von *Institute of Labor Economics (IZA) website*: [https://docs.iza.org/report\\_pdfs/iza\\_report\\_82.pdf](https://docs.iza.org/report_pdfs/iza_report_82.pdf)

Johanson, G., & Alsmadi, A. (2002). Differential person functioning. *Educational and Psychological Measurement*, 62(3), 435-443.

Klein, C., Bring, P., Volk, J., Hermle, P., Erlebach, R., & Frank, C. (in Vorbereitung). Einfluss der User Experience bei der Erprobung eines adaptiven Lernsystems im ersten Fachsemester. *Konferenzband zur 17. Ingenieurpädagogische Jahrestagung 2023*. TU Dresden.

Klein, D., Mishra, S., & Müller, L. (2022). Die langfristigen individuellen Konsequenzen des Studienabbruchs. In M. Neugebauer, H.-D. Daniel & A. Wolter (Hrsg.), *Studienerfolg und Studienabbruch* (Korrigierte Publikation, S. 279-300). Springer.

Klöpping, S., Scherfer, M., Gokus, S. et. al. (Hrsg.). (2017). *Studienabbruch in den Ingenieurwissenschaften*. Herbert Utz Verlag.

Kürten, R. (2020). Mathematikfertigkeiten zu Studienbeginn. In *Mathematische Unterstützungsangebote für Erstsemesterstudierende* (S. 55-64). Springer.

McGonigal, J. (2011). *Reality is broken: Why games make us better and how they can change the world*. Penguin Press.

Moosbrugger, H. (2012). Item-Response-Theorie (IRT). In H. Moosbrugger & A. Kelava (Hrsg.), *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion* (S. 227-274). Springer.

Theune, K. (2021). Determinanten und Modelle zur Prognose von Studienabbrüchen. In M. Neugebauer, H.-D. Daniel & A. Wolter (Hrsg.), *Studienerfolg und Studienabbruch* (S. 19-40). Springer.

Volk, J., Erlebach, R., & Frank, C. (2023). Lessons Learned: Wieso digitales Selbstlernen fürs eigene Studium fehlschlägt. *And how to fix it! Lessons Learned Journal*, 3(2), im Druck.

Volk, J., Erlebach, R., & Frank, C. (in Vorbereitung). Absicherung der Studierfähigkeit. Konzeption der digitalen, adaptiven Lernumgebung „ALiSe“. *Konferenzband zur 17. Ingenieurpädagogische Jahrestagung 2023*. TU Dresden.

Yan, D., von Davier, A. A., & Lewis, C. (Hrsg.). (2014). *Computerized multistage testing: Theory and applications*. Boca Raton London New York: CRC Press Taylor & Francis Group.

### Angaben zu den AutorInnen

#### Ralf Erlebach

Studium der Physik und Deutsch als Fremd- und Zweitsprache, seit 2016 wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Bergischen Universität Wuppertal am Lehrstuhl Didaktik der Technik, Leitung des Entwicklungsteams im Projekt ALiSe

#### Carolin Frank

Studium Chemie und Geschichte auf höheres Lehramt für Gymnasien, Promotion im Bereich der Berufsbildung und Personalentwicklung, wissenschaftliche Tätigkeiten am Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik Kiel, seit 2016 Professur für Didaktik der Technik an der Bergischen Universität Wuppertal, wissenschaftliche Projektleitung ALiSe

# Aus der Schule in die Hochschule – Übergänge glätten, Studienerfolg verbessern: cosh

Hanno KäB; Hochschule Esslingen  
Anselm Knebusch; Hochschule für Technik Stuttgart  
Ina Rieck; Grafenbergschule Schorndorf  
Karin Lunde; Technische Hochschule Ulm  
Markus Kammerer; Droste-Hülshoff-Gymnasium Rottweil  
Karen Brösamle; Philipp-Matthäus-Hahn-Schule Nürtingen

## Zusammenfassung

Das Ziel von cosh – cooperation Schule Hochschule – ist es, den Übergang von der Schule in ein Hochschulstudium im Bereich der WiMINT-Studiengänge zu glätten.

Lehrende aus Schulen und Hochschulen arbeiten gemeinsam an Unterstützungsmaßnahmen. Auf der Basis zweier Mindestanforderungskataloge (kurz: MiAnKa) entstanden zahlreiche Initiativen und Materialien:

- Lehrmaterialien für den Schulunterricht in der Abschlussphase
- cosh-Tests Mathematik und Physik zu Inhalten der Sekundarstufe 1 / 2
- Lernmaterialien und (Online)-Kurse kurz vor und am Studieneinstieg
- Vernetzungsveranstaltungen

Hier werden einige dieser Werkzeuge vorgestellt. Der Schwerpunkt liegt auf den cosh-Selbstdiagnostetests in Mathematik und Physik, aktuellen Testergebnissen und flankierenden Maßnahmen. Die Tests können von allen Interessierten online abgerufen werden. Die Links finden sich auf der Website <https://cosh-bw.de/>

## 1. Einleitung

Die AG cosh ist eine Kooperation Lehrender an Schulen und Hochschulen in Baden-Württemberg, die im ständigen Austausch gemeinsam Maßnahmen erarbeiten, um MINT-interessierte Studienanfänger:innen möglichst gut auf ein Hochschulstudium vorzubereiten. Cosh steht für **Cooperation Schule-Hochschule**. Die AG cosh Mathematik besteht seit 2002. Die AG cosh Physik gründete sich 2019.

Wesentliche Ergebnisse der langjährigen Arbeit sind die Mindestanforderungskataloge Mathematik (cosh Mathematik, 2021) und Physik (cosh Physik, 2021). Sie informieren über Kompetenzen und Inhalte in diesen Fächern, die wichtig erscheinen, um mit Erfolg in ein WiMINT-Studium zu starten.

Der MiAnKa Mathematik wurde seit 2012 auf mehreren cosh-Jahrestagungen von Teilnehmenden aller Schul- und Hochschularten diskutiert und weiterentwickelt. Der MiAnKa Physik baut auf seit 2012 geleisteten Vorarbeiten im Bereich der Hochschulen für angewandte Wissenschaften (HAW) auf (KäB et al., 2019). Davon ausgehend entstand er analog zum mathematischen Pendant ab 2019 in Diskussionen mit Teilnehmenden aus allen Schul- und Hochschularten und wurde auf der cosh-Jahrestagung 2021 erstmals öffentlich vorgestellt.

Weiterführende Aktivitäten der AG cosh sind:

- Entwicklung von Kenntnistests in Mathematik und Physik für WiMINT-Interessierte
- Entwicklung von Materialien für Lehrende an Schulen, für Brückenkurse und zum Selbststudium für Studieninteressierte (ZSL-cosh-Team Mathematik, 2022; Dürrschnabel et al., 2019)
- Bundesweite Netzwerkarbeit, insbesondere Kooperation mit der Mathematik-Kommission Schule-Hochschule der Fachgesellschaften DMV, GDM und MNU für Mathematik; Beteiligung an Diskussionen zur Physikdidaktik in der DPG (KäB et al., 2022)
- Mitarbeit bei der Überarbeitung von Bildungsplänen im Fach Mathematik
- Cosh vor Ort: Initiierung und Weiterentwicklung lokaler Kooperationen zwischen Schulen und Hochschulen an immer mehr Hochschulstandorten
- Konzeption und Entwicklung von Materialien für WiMINT-AGs an Schulen (Schütter-Kerndl et al., 2020)

In diesem Beitrag liegt der Fokus speziell auf den Kenntnistests in Mathematik und Physik, die von 2019–2022 im Rahmen eines zweieinhalbjährigen FeSt-BW-Projekts (cosh, 2021) innerhalb der Förderlinie „Eignung und Auswahl“ entwickelt und umfassend erprobt wurden.

Der cosh-Test Mathematik zur Sekundarstufe 1 wurde innerhalb der Projektphase geeicht und in der Breite eingesetzt, hier werden primär die Ergebnisse dieser Eichstudie vorgestellt.

Aufgrund der Fachsystematik ist die Entwicklung des cosh-Tests Physik aufwändiger und er befindet sich noch in der Erprobungsphase, darum liegt nachfolgend der Schwerpunkt auf inhaltlichen Aspekten.

Die Finanzierung erfolgte durch das Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg.

## 2. Diagnostet Mathematik

Der cosh-Diagnostet Mathematik (Sek 1) ist ein Ergebnis des genannten Projekts. Ziel war, einen nach psychometrischen Gesichtspunkten konzipierten Test zu entwickeln, der MINT-interessierten Schüler:innen sowie Lehrkräften frühzeitig ein Diagnoseinstrument an die Hand gibt. Es kann genutzt werden, um ggf. vorhandene Lücken aus der Sekundarstufe 1 zu identifizieren und schon während der Sekundarstufe 2 passende Unterstützungsmaßnahmen zu initiieren. Zudem bietet es die Möglichkeit, die Selbsteinschätzung der Schüler:innen zu objektivieren und Interesse an einem MINT-Studium zu wecken (Werben um „hidden Talents“).

### Testkonzeption und Projektablauf:

Der Test orientiert sich an den Inhalten des Mindestanforderungskatalogs Mathematik (cosh Mathematik, 2021). Die inhaltliche Validität wurde durch Einbeziehen der fachlichen Expertise von Lehrenden aus allen Hochschul- und Schularten im Rahmen von Workshops abgesichert. Einige Themengebiete wie Prozentrechnung und Geometrie wurden aufgrund der Praktikabilität ausgespart. Der Test soll mit einer Schulklasse innerhalb von 90 Minuten durchführbar sein. Darum wurde eine Testzeit von 60 Minuten gewählt. Die Items wurden in drei Pilotstudien in der Oberstufe einer beruflichen Schule sowie bei Studienanfänger:innen erprobt und anhand von Kenngrößen der klassischen Testtheorie einer weiteren Auswahl unterzogen. Die erhobenen Daten bildeten die Grundlage für erste faktorenanalytische Untersuchungen in

Zusammenarbeit mit Prof. Kelava vom Methodenzentrum der Universität Tübingen, der das Projekt als Fachexperte für Psychometrie begleitet hat. Insgesamt wurden sieben Faktoren identifiziert (Abb. 1), die jeweils mit fünf bis neun Items hinterlegt sind. Eine allgemeine mathematische Kompetenz wird als übergeordneter Faktor in dem Modell abgebildet.

Der so erstellte Diagnosetest wurde zu Schuljahresbeginn 2020/21 einer Testeichung mit über 2.600 Schüler:innen aus allen vier baden-württembergischen Regierungspräsidien und nahezu allen Schularten unterzogen. Die Ergebnisse zeichnen ein differenziertes Bild der Stärken und Defizite der Lernenden bezüglich ihrer mathematischen Kenntnisse und ermöglichten Rückschlüsse in den Bereichen Sachaufgaben, Zahlenverständnis, Termumformung, Bruchrechnung, Potenzen, Gleichungen und Funktionen.

Der cosh-Diagnosetest Mathematik wurde 2021 dem Kultusministerium im Rahmen des Förderprogramms „Lernen mit Rückenwind“ vom Institut für Bildungsanalysen (IBBW) empfohlen. Auch eine Online-Version wurde entwickelt. Sie basiert auf dem Open-Source-Tool Moodle und wurde unter Zuhilfenahme des Plug-ins STACK erstellt.

Der Test ist verfügbar unter: <https://cosh-bw.de/mathetest>

**Ergebnisse:**

Der cosh-Diagnosetest Mathematik ist für die einzelnen Schulformen in Baden-Württemberg geeicht und kann so neben der Idealnorm (Kenntnisstand in Bezug auf den cosh-Mindestanforderungskatalog) auch eine Realnorm (Kenntnisstand in Bezug auf die Mitschüler:innen) wiedergeben. Abb. 1 zeigt die Ergebnisse der Eichstudie. Sie wurden in den Folgejahren im

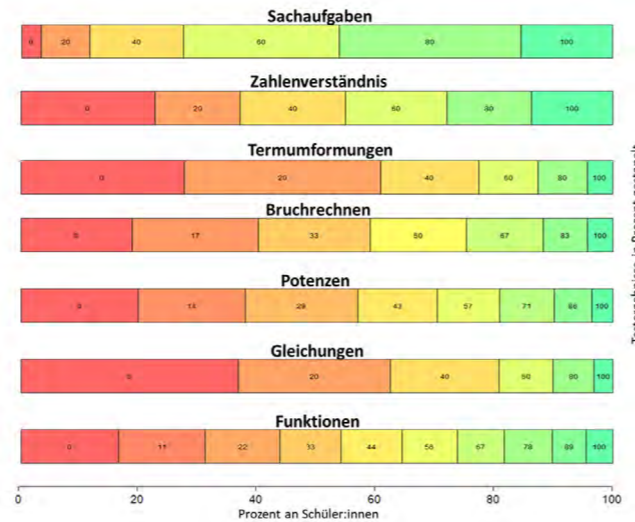


Abb. 1: Ergebnisse der Eichstudie 2021/22 – Im Diagramm sind die Testergebnisse gestapelt. Es lässt sich z. B. ablesen, dass etwa 45 % der Teilnehmenden 80 % oder mehr der Punkte im Bereich „Sachaufgaben“ erreicht haben, also 4/5 oder 5/5 Aufgaben korrekt gelöst haben, wogegen im Bereich Termumformungen etwa 65 % der Teilnehmenden 20 % oder weniger der Punkte erreicht haben, also 1/5 oder 0/5 Aufgaben korrekt lösen konnten.

Wesentlichen bestätigt, wobei diese Aussage mit einer gewissen Vorsicht betrachtet werden muss, da im regulären Testeinsatz die Ergebnisse nicht repräsentativ für die Gesamtpopulation sind. Bei den getesteten Schüler:innen wurden in den Jahren 2021 und 2022 (noch) keine maßgeblichen Auswirkungen durch Corona detektiert. Allerdings vermuten wir, dass sich dies in Zukunft ändern wird, was ggf. Nachzeichnungen erforderlich macht. Die gezeigten Ergebnisse in den Bereichen Sachaufgaben, Zahlenverständnis und Funktionen sind in Bezug auf die Realnorm relativ gut, während die Teilnehmenden bei Termumformungen und Gleichungen eher schwach abschneiden.

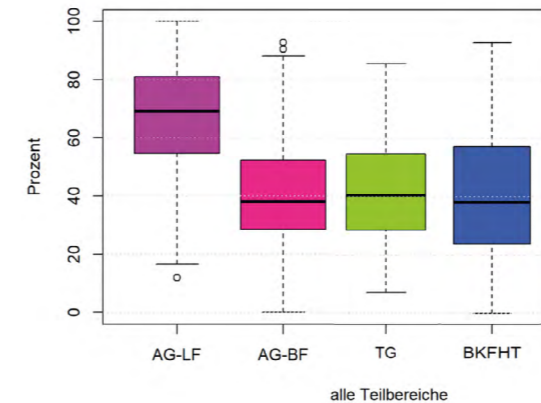


Abb. 2: Testergebnisse nach Schulformen – AG-LF / BF = Allgemeinbildendes Gymnasium Leistungsfach / Basisfach; TG = Technisches Gymnasium; BKFHT = Berufskolleg Technik.

Der Vergleich der Testergebnisse nach Schulformen in Abb. 2 zeigt, dass Schüler:innen, die ein Leistungsfach Mathematik an einem allgemeinbildenden Gymnasium wählen, deutlich besser abschneiden als diejenigen, die das Basisfach Mathematik wählen oder an einer beruflichen Schule mit technischem Schwerpunkt in die Oberstufe einsteigen. Letztere schneiden im Test ähnlich ab.

**Fazit:**

Die Testergebnisse zeigen, dass ein substanzieller Teil der Schüler:innen bei Eintritt in die Oberstufe inhaltliche Kompetenzen im Bereich algebraische Grundlagen noch nicht ausreichend verinnerlicht hat. Deshalb sollten algebraische Fragestellungen im Unterricht der Sekundarstufe 2 erneut

aufgegriffen und mit den hinzukommenden Themen verknüpft werden. Aktuelle Entwicklungen in den Lehrplänen gehen hier unserer Meinung nach in die richtige Richtung. Geht man davon aus, dass MINT-interessierte Schüler:innen das Leistungsfach Mathematik wählen, um sich auf das Studium vorzubereiten, ist die Notwendigkeit einer vertieften Förderung algebraischer Grundkompetenzen am allgemeinbildenden Gymnasium geringer als an den berufsbildenden Schulen. Bei den berufsbildenden Schulen mit technischem Schwerpunkt stehen die Lehrkräfte vor besonderen Herausforderungen, die Lernenden in Bezug auf mathematische Kompetenzen zur Studierfähigkeit in einem MINT-Fach zu begleiten. Die Schüler:innen starten mit deutlich geringeren mathematischen Grundkompetenzen in die Oberstufe, als im Leistungsfach am allgemeinbildenden Gymnasium. Erfahrungsgemäß kann vieles in Form von Binnendifferenzierung und Förderung durch engagierte Lehrende erreicht werden. Dennoch sind zusätzliche Angebote aus unserer Sicht wünschenswert. Cosh bietet dazu über die Initiative WiMINT-AGs punktuell Förderangebote an (Abschnitt 4).

**3. Diagnosetest Physik**

**Ziel und Fokus der Testentwicklung**

Physik vermittelt Grundlagen und Kompetenzen für Verständnis und Beurteilung technischer Vorgänge. Die Beantwortung physikalischer Fragen erfordert die Vernetzung mathematischer Methoden mit physikalischen Inhalten und Vorstellungen. Zum Lösen komplexer Problemstellungen müssen Kenntnisse strukturiert und zu Prinzipien und Konzepten geordnet vorliegen. Da der mittlere Kenntnisstand bei Studienbeginn in der Physik durchweg abgenommen hat (Buschhüter, Spoden & Borowski, 2017) kann im Hinblick auf



die Erstellung von Physiktests kein fundiertes physikalisches Fachwissen vorausgesetzt werden. Wie Untersuchungen (Uhden, 2016) verdeutlichen, fehlen zunehmend mathematische Grundlagen, um Physikaufgaben adäquat zu lösen. Daher lag der erste Fokus auf der Konzeption eines Modells zur Erstellung strukturierter Physiktests, die das Potenzial haben, ein differenziertes Bild der Leistung im Hinblick auf mathematisches Methodenkönnen, physikalisches Fachwissen und erreichte Niveaustufe aufzuzeigen. Die Analyse der erforderlichen Kompetenzen ermöglicht die Erstellung eines individuellen und detaillierten Feedbacks. Die Analyse der TIMMS-Studien (Schecker & Klieme, 2001) zeigen auf, dass neben Standardaufgaben halbquantitative Aufgaben physikalisches Verständnis fördern. Ein weiterer Fokus lag daher auf der Entwicklung grafischer Aufgaben, die mit Hilfe des Moodle-PlugIn Stack und JSX-Graph digitalisiert wurden. Da das Lösen physikalischer Aufgaben anhand übergeordneter Prinzipien oder Konzepte zunehmend schwerer fällt (von Aufschnaiter, 2008), werden die Kompetenzraster zudem verwendet, um Hilfestellungen anzubieten. Die entwickelten und systematisierten digitalen Aufgaben können somit eine mehrfache Funktion erfüllen.

Die Aufgaben orientieren sich inhaltlich am MiAnKA Physik (cosh Physik, 2021) unter Einbezug der kompetenzorientierten Bildungspläne Physik des Landes Baden-Württemberg (z.B. Ministerium für Kultus, Jugend und Sport, 2023a). Die Niveaustufe ergibt sich aus dem verwendeten Operator (Ministerium für Kultus, Jugend und Sport, 2023b).

Im Folgenden werden das Modell und eine Aufgabe mit gestuften Hilfestellungen beispielhaft vorgestellt.

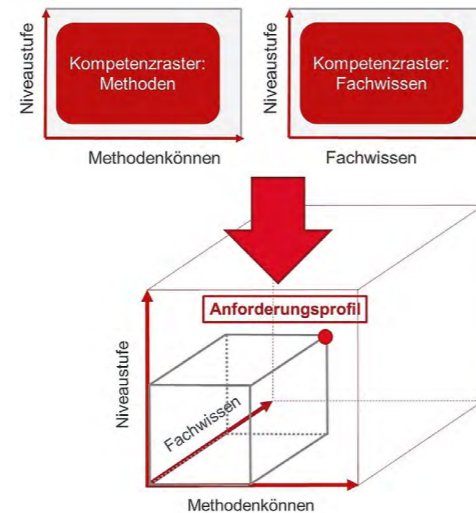


Abb. 3: Modell zur Erfassung des Anforderungsprofils einer Aufgabe, bestehend aus Fachwissen, Methodenkönnen und Niveaustufe

### Das Modell

Die Konstruktion und Analyse einer Aufgabe ist in Abbildung 3 gezeigt und umfasst folgende Teilschritte:

- Systematisierung des Methodenkönnens und Fachwissens
- Bestimmung der Niveaustufe
- Erfassung des Anforderungsprofils

Entsprechend des Modells wurden Aufgaben und Tests entwickelt, die

- Methodenkönnen
- Kenntnis und Verständnis von Fachwissen
- einfache Vernetzung von Fachwissen eines Themengebietes mit Methodenkönnen (Anwendungsaufgaben)
- Vernetzung von Fachwissen und Konzepten mit Methodenkönnen (Transferaufgaben) systematisch erfassen.

Analysieren Sie dieses Problem mit Hilfe von Kräften.

Stellen Sie dazu Kräftevektoren der Fadenkraft  $\vec{F}_F$  (Kraft, mit der die Kugel vom Faden gehalten wird) und  $\vec{F}_*$  so ein, dass der Zustand der Kugel mit Hilfe der Kräfte korrekt beschrieben wird.

Sie haben Hilfestellungen gewählt. Um ihre Kenntnisse zu vertiefen, wiederholen Sie diese Grundlagen:

- K1: Ich kann Richtungen physikalischer Kräfte bestimmen.
- K2: Ich kann eine Problemstellung mit Hilfe des Kräftegleichgewichtes beschreiben.

Sie können ein Kräftegleichgewicht anwenden. Sofern Sie eine größere Sicherheit gewinnen wollen, wiederholen Sie die Kompetenz K1 und K2.

### Beispielaufgabe

In Abb. 4 ist der Ausschnitt einer Transferaufgabe mit gestuften Hilfestellungen dargestellt. In einem geladenen Kondensator hängt eine geladene Kugel an einem Faden. Die angelegte Spannung ist zu berechnen. Die Aufgabe wurde in mehrere Teilaufgaben untergliedert, um den Lernenden eine mögliche Lösungsstrategie aufzuzeigen.

Bei der gezeigten Teilaufgabe ist das Problem anhand einer interaktiven Kräfteskitze zu analysieren. Die Hilfestellungen enthalten einfache, kleinschrittige Anweisungen und Fragen, um die Lernenden durch die Aufgabe zu führen. Die Auswertung berücksichtigt die Annahme der Hilfestellungen und meldet Handlungsvorschläge entsprechend der Kompetenzen zurück.

Abb. 4: Aufgabe mit gestuften Hilfestellungen

### Zusammenfassung und Ausblick

Tests zum generellen physikalischen Vorgehen („Methoden“) und zu spezifischen Inhalten („Elektrische Felder“) wurden konzipiert, die Fachwissen, Verständnis und Problemlösekompetenz systematisch erfassen. Sie stehen auf dem externen Moodle der HfT Stuttgart (moodle, 2023) landesweit allen Interessierten zur Verfügung. Ein anonymer Zugang ist unter <https://cosh-bw.de/physiktest> möglich. In einem nächsten Schritt sollen Testergebnisse statistisch ausgewertet und das Feedback optimiert werden. Cosh-Physik strebt die Erstellung weiterer Tests an.

## 4. Diagnose gestellt – was nun?

Idealerweise wird eine zielgenaue Diagnose der Stärken und Schwächen mit einer passenden Unterstützung der Probanden bei der Behebung der Schwächen einhergehen. Die AG cosh hat dazu viele Angebote in verschiedenen Formen entwickelt. Die Verfeinerung der individuellen Unterstützungsempfehlungen in Abstimmung mit dem Diagnoseergebnis ist eine herausfordernde Aufgabe, an der weitergearbeitet werden muss.

Neben umfangreichen Materialien zum Selbststudium, die auch digital verfügbar sind, halten wir Kursangebote in Präsenz oder als Blended Learning für eine sinnvolle Ergänzung. Das Konzept der WiMINT-AG (Schütter-Kerndl et al., 2020) wird in Baden-Württemberg von der AG cosh seit 2010 kontinuierlich weiterentwickelt. Die WiMINT-AG richtet sich an Studieninteressierte im Abschlussjahrgang, die über einen

längeren Zeitraum vor Studienbeginn fachliche Defizite aufholen möchten. Didaktisch geschulte studentische Tutor:innen gehen dazu an Kooperationsschulen und bieten den Schüler:innen in Absprache mit den Fachlehrenden zusätzliche Übungsmöglichkeiten an. Weitere wesentliche Aspekte sind der Austausch von Erfahrungen zum Studienstart sowie Studienberatungsangebote und das Kennenlernen der kooperierenden Hochschule.

Die eingesetzten Materialien wurden von Lehrenden der AG cosh erarbeitet. Sie stehen auch als Online-Kurse zur Verfügung und können ergänzend zum Selbststudium verwendet werden. Neben den reinen WiMINT-AGs in Mathematik und Physik wurden im vergangenen Jahr hybride Formen entwickelt. Darauf liegt der Fokus im parallelen Posterbeitrag (Boin, Fujan, Lunde & Boger, 2023).

## 5. Fazit

Die hier diskutierten Tests für Mathematik und Physik sowie verschiedenste Materialien der AG cosh sind in der jeweils aktuellen Version über Links auf <https://cosh-bw.de/> verfügbar. Die Entwicklungsarbeit geht dabei weiter. Derzeitige Schwerpunkte sind:

- Verfeinerung der Abstimmung zwischen (automatisierter) Testauswertung und individuellen Empfehlungen zu Unterstützungsmaßnahmen
- Erweiterung der im Physik-Test abgedeckten Themen und Anpassung auf Schularten
- Ausweitung lokaler Kooperationsmaßnahmen (cosh-vor-Ort)

## Literatur

Boin, M., Fujan, K., Lunde, K. & Boger, A. (2023). Die WiMINT-AGs Mathematik und Physik der Arbeitsgruppe cosh. Posterbeitrag zum 5. Symposium zur Hochschullehre in den MINT-Fächern, Nürnberg 20/21. September 2023.

Buschhüter, D., Spoden, C. & Borowski, A. (2017). Physics knowledge of first semester physics students in Germany: a comparison of 1978 and 2013 cohorts. *International Journal of Science Education*, Volume 39, 2017 - Issue 9, Pages 1109 - 1132. <https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1318457>

cosh (2021). Eignungsfeststellung und -förderung für ein erfolgreiches WiMINT-Studium. Posterbeitrag zur Herbsttagung der Landesstrategie „Eignung und Auswahl“, 19. November 2021. Download: <https://cosh-mathe.de/materialien> (letzter Zugriff: 21.04.2023).

cosh Mathematik (2021). Mindestanforderungskatalog Mathematik von Schulen und Hochschulen in Baden-Württemberg für ein Studium von WiMINT-Fächern, Version 3.0. November 2021, Download: <https://cosh-mathe.de/materialien> (letzter Zugriff: 21.04.2023).

cosh Physik (2021). Mindestanforderungskatalog Physik von Schulen und Hochschulen in Baden-Württemberg für ein Studium von WiMINT-Fächern, Version 3.0. November 2022, Download: <https://cosh-physik.de/materialien> (letzter Zugriff: 21.04.2023).

Dürschnabel, K., Dürr, R., Erben, W., Gercken, M., Lunde, K., Wurth, R. & Zimmermann, M. (2019). So viel Mathe muss sein! Gut vorbereitet in ein WiMINT-Studium. Berlin: Springer Spektrum.

KäB, H., Boin, M., Braumiller, U., Dambacher, K. H., Giel, D., Harten, U., Jödicke, B., Kurz, G., Löffler, A., Pitsch, S., Sum, J., Vinzelberg, S., Wenzel, T. & Werner, J. (2019): Mindestanforderungskatalog Physik – ein Vorschlag. In V. Nordmeier & H. Grötzebauch (Hrsg.), *PhyDid B – Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung Aachen 2019*; S. 73 - 78. <https://ojs.dpg-physik.de/index.php/phydid-b/article/view/930/1057>

KäB, H., Berger, T., Boin, M., Fujan, K., Güßmann, M., Hardy, E. H., Karsten, F., Nandi, G., Nawrodt, R., Raudzis, C., Rieck, I., Schifferer, F., Schwarzwälder, S. & Walz, S. (2022). Mindestanforderungskatalog Physik; In H. Grötzebauch & S. Heinicke (Hrsg.), *PhyDid B – Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung Heidelberg 2022*; S. 93 - 99. <https://ojs.dpg-physik.de/index.php/phydid-b/article/view/1284/1472>

Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden Württemberg (2023a). Bildungsplan Physik Oberstufe Technisches Gymnasium (ab 1.8.2021, erstes Abitur 2024), [https://www.bildungsplaene-bw.de/Ph\\_OS](https://www.bildungsplaene-bw.de/Ph_OS) (letzter Zugriff 23.04.2023)

Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden Württemberg (2023b), Bildungsplan Physik Technisches Gymnasium: Operatorenliste, [https://www.bildungsplaene-bw.de/Ph\\_OS](https://www.bildungsplaene-bw.de/Ph_OS) (letzter Zugriff 01.07.2023)

moodle (2023). <https://moodle2.hft-stuttgart.de/login/index.php> (letzter Zugriff 23.04.2023)

Schecker, H., Klieme, E. (2001). Mehr denken, weniger Rechnen: Konsequenzen aus der internationalen Vergleichsstudie TIMMS für den Physikunterricht, *Physikalische Blätter* 57, Nr. 7/8: S. 113 - 117, <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/phbl.20010570730> (letzter Zugriff 02.05.2023)

Schütter-Kerndl, B., Lunde, K. & Boin, M. (2020). cosh-vor-Ort-Projekt „WiMINT-AG Mathematik/Physik“. Wismarer Freige-Reihe: Proceedings 16. Workshop Mathematik in ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen. Dortmund, Mai 2020.

Uhden, O. (2016). Verständnisprobleme von Schülerinnen und Schülern beim Verbinden von Physik und Mathematik, Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften (2016) 22, S. 13-24, <https://link.springer.com/article/10.1007/s40573-015-0038-4> (Stand 05.23)

von Aufschnaiter, C. (2008). Wie viel Mathematik braucht und verträgt das Schulfach Physik?, <https://www.uni-giessen.de/fbz/fb07/fachgebiete/physik/institute/didaktik/doku/FolienMatDidKoll> Didaktik der Physik, JLU Gießen, Vortrag 29.01.2008 (letzter Zugriff: 25.04.2023)

ZSL-cosh-Team Mathematik (2022). (ZSL = Zentrum für Schulqualität und Lehrerbildung Baden-Württemberg) Unterrichtsmaterialien. Download unter <https://cosh-mathe.de/materialien> (letzter Zugriff: 21.04.2023).

#### Angaben zu den AutorInnen

##### Hanno Käß

Physikstudium Stuttgart, Industrietätigkeit Deutschland und Frankreich, 2004 Professor HS Esslingen

##### Anselm Knebusch

2010-2016 Lehrer am Gymnasium Schwertstraße in Solingen, 2016 Professor für Mathematik und ihre Didaktik an der HFT Stuttgart

##### Ina Rieck

Seit 2004 Lehrerin für Mathematik & Physik am TG in Schorn-dorf, seit 2015 Fachberaterin Mathematik & Physik am ZSL

##### Karin Lunde

Studium Angew. Mathematik/Informatik Moskau, Industrietätigkeit SW-Entwicklerin und -Architektin, seit 2003 Professorin TH Ulm

##### Markus Kammerer

Studium Mathematik & Physik Karlsruhe, Lehrer allg. Gymn. Rottweil, Fachberater ZSL, Lehraufträge Seminar & Uni

##### Karen Brösamle

Testentwicklung HS Esslingen, Lehrerin für Physik & Chemie, Phillip-Matthäus-Hahn-Schule Nürtingen

## cosh-Version des Online-Brückenkurses Physik

Dr. Edme H. Hardy, Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Dr. Stefan Roth, RWTH Aachen University

### Zusammenfassung

Um den Übergang zwischen Schule und Hochschule in den MINT-Fächern zu unterstützen, entwickeln bundesweit 14 Hochschulen gemeinsam einen Online-Brückenkurs Physik (OBKP). Der Kurs kann ohne Anmeldung genutzt werden. Er enthält Eingangs- und Abschlusstests, Lektionstexte und -videos, Experimentvideos sowie GeoGebra-Elemente und interaktive Übungsaufgaben. Zu vielen Konzepten gibt es „Basiswissen“. Die im Rahmen der Kooperation erarbeiteten Inhalte stehen unter der freien Lizenz CC BY-SA. Es besteht jedoch Weiterentwicklungsbedarf. Seit 2021 bietet der cosh-Mindestanforderungskatalog Physik einen Rahmen für eine Reduktion der sehr umfangreichen Kurs-Inhalte. Weiterhin bedarf der Kurs einer technischen Revision insbesondere im Hinblick auf Editierbarkeit, mobile Endgeräte und Einbindung in Lernplattformen. Im Rahmen eines Transferprojektes mit der Hochschule Biberach wird daher eine „cosh-Version“ des OBKP erarbeitet. Die dabei genutzte Technik wird speziell für Online-Kurse entwickelt.

### 1. Bisheriger Online-Brückenkurs Physik (OBKP)

An mehreren deutschen Hochschulen gab es Bemühungen, den Einstieg in ein MINT-Studium durch Online-Brückenkurse zu unterstützen. Durch verschiedene Wege an die Hochschule kann sich die genossene Schulphysik stark unterscheiden. Zudem gibt es Hinweise, dass die Physik-Kenntnisse zu Studienbeginn generell abnehmen (Käß et al., 2022). Seit 2016 kooperieren bundesweit 14 Hochschulen, um eine kostenlose, ohne Anmeldung frei verfügbare gemeinsame Kursversion zu erstellen. Als Grundlage wurde ein von Stefan Roth an der RWTH entwickelter Moodle-Kurs gewählt. Die vertraglich geregelte Kooperation besteht aktuell aus der RWTH Aachen, der FH Aachen, der TU Berlin, der TU Dresden, dem Karlsruher Institut für Technologie, der TH Mittelhessen, der TH Rosenheim, der Universität Stuttgart, der Hochschule Reutlingen, MINTFIT Hamburg mit den Einrichtungen HAW Hamburg, HafenCity Universität Hamburg, TU Hamburg, Universität Hamburg und ORCA.nrw mit Sitz an der Ruhr Universität Bochum. Weitere Einrichtungen sind willkommen. Die im Rahmen der Kooperation entwickelten Inhalte sind unter der freien Lizenz CC BY-SA verfügbar.

Der unter [www.brueckenkurs-physik.de](http://www.brueckenkurs-physik.de) verfügbare Kurs enthält Eingangstests zu den Kapiteln Grundlagen, Mechanik, Elektromagnetismus, Optik, Wärme und Wellen. Abhängig von dem Ergebnis werden Empfehlungen für die Bearbeitung einzelner Kursteile gegeben. Die Kapitel sind in Themen und Seiten gegliedert. Jede Seite besteht aus Lektionstexten, Lektionsvideos sowie interaktiven Übungsaufgaben aus Sammlungen mit einfachen, mittleren und schwierigen Aufgaben. Auf vielen Seiten gibt es interaktive Geogebra-Elemente und Experimentvideos. Darüber hinaus wird zu einigen schwierigeren Inhalten sogenanntes Basiswissen für Personen mit wenigen Grundkenntnissen zur Verfügung gestellt. Auf jedes Thema folgt ein Abschlusstest.

Der Kurs wird seit 2020 nach Begutachtung von TU9 empfohlen (TU9, 2020; KIT 2020).

## 2. Überarbeitungsbedarf

Nach dem Abschluss der Arbeit an der gemeinsamen Kursversion entstand nach kurzer Zeit der Wunsch nach einer inhaltlichen und technischen Gesamtüberarbeitung. Durch viele Details hat der Kurs einen Umfang angenommen, der es für Bearbeitende schwierig macht, einen Überblick zu bekommen und Kursinhalte gezielt auszuwählen.

Für Autorinnen und Autoren ist das Bearbeiten des Kurses technisch aufwändig. Die Quellen bestehen aus LaTeX-Code mit vielen speziellen Makros und werden im Kern mit ttm in HTML konvertiert, wobei ttm nicht mehr gepflegt wird. Ein Einbinden des Kurses in Lernmanagement-Systeme per SCORM ist nur bedingt möglich. Für eine Ansicht auf kleinen Bildschirmen (mobile Endgeräte) ist der Kurs kaum optimiert.

## 3. Stand der Überarbeitung

Für die Reduktion der Inhalte des derzeit bestehenden Online-Brückenkurses Physik bietet inzwischen der cosh-Mindestanforderungskatalog Physik einen mit Schul- und Hochschuleseite abgestimmten Rahmen (cosh-Katalog Physik, 2021). Die cosh-Gruppe (cosh, 2023) ist ein Kooperations-team zwischen Schule und Hochschule in Baden-Württemberg, welches seit Jahren im Fach Mathematik tätig ist und hier bereits einen Mindestanforderungskatalog erstellt hat. Seit 2019 ist außerdem ein neues Kernteam im Fach Physik aktiv (cosh Physik, 2023). Dieses hat 2021 den ursprünglich von Hochschulen erarbeiteten „Mindestanforderungskatalog Physik“ in der Version 3.0 veröffentlicht. Generell sind die von der OBKP-Kooperation beziehungsweise dem cosh-Kernteam als für einen gelungenen Studienstart hilfreich erachteten Inhalte sehr ähnlich. Es wird die gleiche Einteilung in die Kapitel Grundlagen, Mechanik, Elektrizitätslehre und Magnetismus, Wärmelehre, sowie Optik verwendet. Auch innerhalb der Kapitel werden die gleichen Themen aufgeführt, wie zum Beispiel Größen und Einheiten beziehungsweise Bewegung, Statik und Dynamik, Arbeit und Energie, Impuls, Schwingungen und Wellen beziehungsweise Elektrostatik, Ströme, Magnetismus etc., mit Ausnahmen der Themen Drehbewegungen und Ausbreitungsphänomene von Wellen, welche nicht in den cosh-Katalog aufgenommen wurden. Auch in der dritten Gliederungsebene, im Online-Kurs den Seiten, gibt es eine weitgehende Entsprechung. Ausnahmen sind beispielsweise die Seiten zu gedämpften Schwingungen und erzwungenen Schwingungen oder zu Wechselstromwiderständen und Dioden und Transistoren, diese Inhalte wurden ebenfalls nicht in den cosh-Katalog aufgenommen. Es sind eher komplexere Fälle einzelner physikalischer Sachverhalte, die entfallen. Während der Kurs die Zeitableitung des Ortsvektors in drei Dimensionen behandelt, beschränkt sich der Katalog auf

zwei Dimensionen. Reibung wird im Katalog nicht quantitativ erwartet, die Serien- und Parallelschaltung von Federn wurden nicht aufgenommen. Der Katalog beinhaltet bei den Kraftwandlern das Hebelgesetz quantitativ, nicht aber unterschiedliche Flaschenzüge. Arbeit entlang gekrümmter Wege findet sich im Kurs, nicht aber im Katalog. Zunächst wurden die Bestandteile aus dem Online-Kurs entfernt, die zweifellos über den cosh-Katalog hinausgehen. Nach diesem ersten Überarbeitungsschritt sollen die verbliebenen Inhalte nochmals in Abstimmung mit der Brückenkurs-Kooperation und der cosh-Gruppe revidiert werden.

Durch das MINT-Kolleg Baden-Württemberg am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) wird eine neue Technik zur strukturierten Speicherung, Editierung und Darstellung von Online-Kursen entwickelt (Bentz & Zschumme, 2023). Die Inhalte werden unabhängig von LaTeX in einem XML-basierten Format abgelegt. Eine XSD-Beschreibung des Formates (W3C, 2004) erlaubt die Prüfung, ob der Kurs hinsichtlich des Formates valide ist. Die Darstellung des XML-Kurses erfolgt mittels HTML, JavaScript und CSS direkt in einem Browser. Dabei wird auf die Verwendung eines Frameworks verzichtet und nur wenige notwendige Bibliotheken, wie z.B. MathJax für Mathematikformeln oder Nerdamer als CAS, eingebunden. Die technischen Anforderungen für Bereitstellung und Abrufen eines Kurses sind somit sehr niedrig. Neben der direkten Auslieferung von einem Web-Server kann der Kurs zum Beispiel als HTML- oder SCORM-Modul in das Lernmanagement-System ILIAS eingebunden werden. Die Darstellung ist responsiv, d.h. es wird darauf geachtet, dass diese für unterschiedlich breite Bildschirme geeignet ist. Für die Erstellung und Bearbeitung von Kursen in diesem XML-basierten Format wird ein Web-Editor entwickelt. Alternativ kann das XML mit einem Quelltext-Editor bearbeitet werden, bei dem auch die XSD-Formatdefinition hinterlegt werden kann. Die

Formatdefinition als XSD und in kommentierter Fassung wird online verfügbar gemacht, ebenso wie eine allgemeine Dokumentation.

Die Erstellung der cosh-Version des OBKP erfolgt im Rahmen eines Transfer-Antrages mit der Hochschule Biberach (Burghardt & Stöcken, 2023). Dort startete der erste Einsatz als SCORM-Modul in ILIAS im Sommersemester 2023.

### Literatur

Bentz, T. & Zschumme, P. (2023). Entwicklung eines educational Markup Language und Learning Content Management Systems am Karlsruher Institut für Technologie (KIT), MINT-Kolleg Baden-Württemberg. Kontakt: tobias.bentz@kit.edu, pascal.zschumme@kit.edu

Burghardt, B., Stöcken, A. (2023). Transfer-Projekt: R<sup>3</sup>-Regional, relevant, reliabel, Brückenkurs Physik an einer Hochschule für angewandte Wissenschaften, Transfer einer Good-Practice Maßnahme in Studium und Lehre gefördert vom Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst, Baden-Württemberg. Hochschule Biberach.

cosh (2023). Eine Kooperation von Lehrenden aus Schule und Hochschule. Abgerufen von: [www.cosh-bw.de](http://www.cosh-bw.de)

cosh Physik (2021). Mindestanforderungskatalog Physik von Schulen und Hochschulen in Baden-Württemberg für ein Studium von WiMINT-Fächern, Version 3.0. November 2022. Abgerufen von: <https://cosh-physik.de/materialien>

cosh Physik (2023). Cosh-Physik. Abgerufen von: [www.cosh-physik.de](http://www.cosh-physik.de)

KäB, H., Boin, M., Braunmiller, U., Dambacher, K. H., Giel, D., Harten, U., Jödicke, B., Kurz, G., Löffler, A., Pitsch, S., Sum, J., Vinzelberg, S., Wenzel, T. & Werner, J. (2019): Mindestanforderungskatalog Physik – ein Vorschlag. In V. Nordmeier & H. Grötzebauch (Hrsg.), PhyDid B - Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung Aachen 2019; S. 73-78. Abgerufen von: <https://ojs.dpg-physik.de/index.php/phydid-b/article/view/930/1057>

Karlsruher Institut für Technologie (KIT). (2020). Onlinekurs Physik: Gut vorbereitet studieren. [Pressemeldung]. Abgerufen von: [https://www.kit.edu/kit/pi\\_2020\\_105\\_onlinekurs-physik-gut-vorbereitet-studieren.php](https://www.kit.edu/kit/pi_2020_105_onlinekurs-physik-gut-vorbereitet-studieren.php)

TU9 – German Universities of Technology e. V. (2020). Starthilfe MINT-Studium. Abgerufen von: <https://www.tu9.de/studium/starthilfe-mint-studium/>

W3C (2004). XML Schema Part 0: Primer Second Edition. Abgerufen von: <https://www.w3.org/TR/2004/REC-xmlschema-0-20041028/>

#### Angaben zu den AutorInnen

**Dr. Edme H. Hardy**, Karlsruher Institut für Technologie (KIT)  
Dozent am MINT-Kolleg Baden-Württemberg, Koordinator der Kooperation OBKP, Mitglied im Kernteam cosh-Physik, zuständig am KIT für den Transfer der cosh-Version des OBKP an die Hochschule Biberach

**Dr. Stefan Roth, RWTH Aachen**  
Apl. Professor am Lehrstuhl für Experimentalphysik III B, Studienberater für Physik, Autor des als Grundlage für den OBKP verwendeten Moodle-Brückenkurses

## Online-Portal „MINTFabrik“

Stephan Pitsch, Christian Höfert, Volker Reichenberger, Dirk Schieborn, Karin Hehl, Ann-Marie Schlosser, Hochschule Reutlingen  
Peter Klein, Let's Make Sense GmbH Tübingen

### Zusammenfassung

Das browserbasierte Online-Portal „MINTFabrik“ entstand im Zuge der Maßnahmen zur Minderung von Lernrückständen mit der Idee, eine Lücke zu schließen, die es oft bei großen Online-Brückenkursen gibt: Ein Mangel an Übungsaufgaben, die schnell zugänglich sind, einfach ausgesucht werden können und gut auf bestimmte Lehrveranstaltungen und deren Anforderungen zugeschnitten sind. Die Entwicklung erfolgte in einer Kooperation der Hochschule Reutlingen mit der Tübinger Softwarefirma „Let's Make Sense GmbH“. Das Portal verzichtet bewusst auf eine Lektionsstruktur und besteht ausschließlich aus einzelnen Lernbausteinen (Items), d.h. Video-Tutorials, VisuApps und Aufgaben, die über eine komfortable Suche mit Filtern erreichbar sind und direkt bearbeitet werden können. Ein besonderes Merkmal der MINTFabrik sind Mikrokurse, die von Lehrenden und Studierenden erstellt werden können. Das sind kleine Einheiten aus einigen wenigen Items, die beliebig miteinander kombinierbar sind.

### 1. Ausgangspunkt

Im Rahmen der Digitalisierung und während der Corona-Pandemie sind zahlreiche Online-Kurse insbesondere in den Grundlagenbereichen Mathematik und Physik entstanden. Der übliche Aufbau solcher Angebote ist eine komplexe Kursstruktur mit Lektionen und darin enthaltenen Übungen. Ähnlich verhält es sich bei den aktuellen Lernmanagementsystemen im Hochschulbereich. Wer gezielt und schnell auf einzelne Items wie z.B. Video-Tutorials oder Übungsaufgaben zugreifen möchte, braucht dafür Zeit und viele Klicks. Das stellt im heutigen Studienalltag oft eine Hemmschwelle bei der Anwendung solcher digitalen Angebote dar. Auch Plattformen zur Aufgabengenerierung und -lösung gibt es bereits. Als Beispiel sei „Matex“ (Mint-Kolleg Baden-Württemberg, 2020) genannt oder das Portal „LON-CAPA“ (Michigan State University, 2013), das zudem dank seiner weltweiten Verbreitung über einen enormen Aufgabenpool verfügt, aber die Komplexität eines vollwertigen Lernmanagementsystems besitzt. Wie Rückmeldungen von Studierenden, die bei einem vollen Stundenplan wenig Zeit haben und sich gezielt auf Prüfungen vorbereiten wollen, immer wieder zeigen, sind die Angebote am interessantesten, die einfach und schnell zugänglich sind, ein passendes Niveau besitzen und inhaltlich gut auf die jeweilige Lehrveranstaltung bei einer bestimmten Lehrkraft zugeschnitten sind. So entstand an der Hochschule Reutlingen während der Pandemie die Online-Plattform „Hart & Trocken“ (Schieborn & Reichenberger, 2020), die über ein Themennetz

strukturiert einzelne Video-Tutorials und GeoGebra VisuApps (Applets zur grafischen Visualisierung) in den Fachbereichen Mathematik, Informatik und Data Science zur Verfügung stellt, jedoch keine Nutzerverwaltung, Suchfunktion und Übungsaufgaben bereitstellt. Gerade schwächere Studierende haben jedoch immer wieder den Wunsch nach weiteren Aufgabensammlungen geäußert, um bestimmte Methoden üben zu können.

## 2. Grundidee und Ziele

Vor dem Hintergrund entstand die Idee, die auf der Plattform „Hart & Trocken“ bereits vorhandenen Inhalte zu übernehmen und mit der MINTFabrik (www.mintfabrik.de) ein neues browserbasiertes und optisch ansprechendes Lehr-/Lernportal für die Fachbereiche Mathematik, Physik, Informatik und Data Science zu entwickeln. Es soll die oben angesprochenen Lücken in den aktuellen Online-Angeboten schließen und als Basis vor allem einzelne kleine Lernbausteine wie z.B. Video-Tutorials, Übungsaufgaben oder VisuApps enthalten. Ein wichtiges Feature des Portals sind sogenannte „Mikrokurse“, d.h. kleine Einheiten zu einem Schwerpunktthema, die sowohl von Lehrenden als auch Studierenden erstellt werden können und beliebige Kombinationen von einigen wenigen Items enthalten.

Die MINTFabrik soll ein attraktives und möglichst niederschwelliges OpenSource Angebot werden, das insbesondere Studierende mit Schwierigkeiten in den Grundlagenfächern dazu einlädt, spielerisch mit VisuApps ein besseres Verständnis theoretischer Sachverhalte zu erreichen und zunächst dem Wunsch gerecht wird, mit einem ausreichend großen und zu den Lehrveranstaltungen passenden Aufgabenpool

bestimmte Methoden üben zu können. Als Datenquelle für eine erste Basisausstattung mit Aufgaben dienen die an der Hochschule Reutlingen bereits vorhandenen Übungssammlungen einzelner Lehrveranstaltungen, aber auch in Kooperationen entstandene Ressourcen wie z.B. der Aufgabenkatalog Physik des Arbeitskreises E-Learning und E-Assessment der Hochschul föderation Südwest (Daberkow et al., 2021) oder die Mindestanforderungskataloge Mathematik und Physik (COSH, 2021).

Nach Ablauf der auf ca. ein Jahr festgelegten Projektlaufzeit im Oktober 2023 soll ein Portal zur Verfügung stehen, das die erforderliche Funktionalität bietet und zum Start bereits einen Basisumfang von ca. 150 Video-Tutorials / VisuApps und 500 Aufgaben enthält. Die Webseite wird kostenlos und auch außerhalb der Hochschule Reutlingen frei im Internet zugänglich sein. Die Veröffentlichung der Inhalte erfolgt unter der Open-Content Lizenz „CC BY-SA“.

Die Autor\*innen würden gerne mit dieser Veröffentlichung auf das entstehende Portal aufmerksam machen und richten sich an potentielle Nutzer\*innen, die sich durch eines (oder mehrere) der im folgenden Abschnitt beschriebenen Szenarien angesprochen fühlen, oder an Lehrende / Forschende, die an einer gemeinsamen Weiterentwicklung interessiert sind.

## 3. Nutzerszenarien

Unter der Voraussetzung einer sehr feinen Granularität und schnellen Zugänglichkeit der Lerninhalte kann das Portal sehr flexibel eingesetzt werden. Zunächst wurden verschiedene Szenarien aus Sicht von Studierenden (S) und Lehrenden (L) definiert:

### Szenario S-1

**Studierende**, die seitens der Hochschule vorausgesetzte **Schulkenntnisse** (z.B. Mathematik der Mittelstufe) auffrischen müssen, suchen sich gezielt zu einem bestimmten Grundlagenthema **einzelne Items** zum Üben einer bestimmten Methode aus, bearbeiten diese direkt und überprüfen die Richtigkeit ihrer Lösungen.

### Szenario S-2

**Studierende** wollen während des Vorlesungsbetriebs oder im Rahmen der Prüfungsvorbereitung **einzelne Items zu den Themen einer Lehrveranstaltung** suchen, auswählen, bearbeiten und die Richtigkeit ihrer Lösungen überprüfen.

### Szenario S-3

**Studierende** wollen sich für das Selbststudium zu einem bestimmten Thema einen **Mikrokurs** aus passenden Items zusammensetzen und zur schrittweisen Bearbeitung während einer Lernphase abspeichern oder mit anderen Studierenden teilen.

### Szenario L-1

**Lehrende** wollen für eine Übungsphase während ihrer Lehrveranstaltung schnell **einzelne Items** suchen, auswählen, mit den Kursteilnehmer\*innen teilen und bearbeiten lassen.

### Szenario L-2

**Lehrende** wollen aus vorhandenen Items einen **Mikrokurs** zu einem bestimmten Thema zusammensetzen, teilen und für das Selbststudium oder eine Arbeitsphase anbieten.

### Szenario L-3

**Lehrende** wollen z.B. eigens für ihre Lehrveranstaltung zugeschnittene **neue Items** implementieren, statische oder dynamische Übungsaufgaben mit Lösungen und Tipps zu

einzelnen Lösungsschritten generieren, oder Textbausteine mit Erklärungen erstellen.

Auf der Basis dieser Szenarien wurden die Funktionen und Webseitenbereiche definiert, die das Portal für eine entsprechende Nutzung bereitstellen soll.

## 4. User Experience und Technik

Für die Optimierung der Benutzererfahrung und die technische Umsetzung ist die Let's make sense GmbH aus Tübingen zuständig. Zur Verkürzung der Entwicklungszeit und für maximale Transparenz werden OpenSource-Technologien verwendet. Das Backend nutzt das Python Web-Framework „Django“ und das Frontend ist eine Angular Single Page Application, die das Look&Feel einer Mobile App vermitteln soll. Das Portal ist für alle gängigen Geräteformen wie PCs, Notebooks, Tablets und Smartphones optimiert. Besonderes Augenmerk wurde auf eine attraktive Gestaltung und schnelle Reaktionszeiten gelegt, um für die fordernden Lerninhalte ein angenehmes Arbeitsumfeld zu schaffen.

Für einen möglichst schnellen Zugriff auf die gewünschten Items gibt es verschiedene Zugangsoptionen:

- Die Volltextsuche erfasst alle zur Verfügung stehenden Inhalte (Industrie-Standard ElasticSearch).
- Der Themenbrowser führt zu spezifischen Kategorien der einzelnen Fachbereiche.
- Die Mikrokursübersicht zeigt von der Redaktion und Mitarbeiter\*innen kuratierte Item-Sammlungen und bietet die Möglichkeit zur Erstellung eigener Mikrokurse.
- Die „Grundlagenwerkstatt“ ist als Bereich für das Üben von elementaren Themen wie Bruch- und Potenzrechnung oder Elementare Funktionen vorgesehen.

Das Backend befindet sich auf einem Server im Rechenzentrum der Hochschule Reutlingen. Im Django-Administrationsbereich lassen sich alle in einer MySQL-Datenbank gespeicherten Items, Mikrourse und Seiteninhalte von autorisierten Nutzern bearbeiten. In der Nutzerverwaltung gibt es die Standardgruppen Admins, Studierende, Lehrende und das Qualitätssicherungsteam (vgl. auch Abschnitt 6), jeweils mit unterschiedlicher Rechtausstattung. Das integrierte Computeralgebrasystem SymPy ermöglicht sowohl die automatisierte Berechnung von LaTeX-Ausdrücken als auch einen mathematisch korrekten Vergleich von Ausdrücken (z. B.  $2ab = 2ba$ ).

Das Portal kann ohne Registrierung verwendet werden, um die Einstiegshürden so gering wie möglich zu halten. Personalisierte Daten wie ausgewählte Items, Übungsverläufe und -ergebnisse speichert die Anwendung im Gerät des Nutzers (LocalStorage). Im Backend wird das Nutzerverhalten nur über eine zufällige Geräte-ID persistiert. Die so anonymisierten Daten (z. B. einzelne – auch fehlerhafte – Lösungsversuche bei Aufgaben oder die Abspieldauer von Videos) sollen später genutzt werden, um die Beliebtheit von Items oder die Schwierigkeit der Aufgaben besser einschätzen zu können.

Die direkt mit der Bearbeitung von einzelnen Items verbundenen Funktionen werden im folgenden Abschnitt vorgestellt.

## 5. Angebot und Funktionalität von Lernbausteinen

### Video-Tutorials und VisuApps

Über einen Link können Autor\*innen Video-Tutorials und VisuApps, die auf anderen Plattformen (z. B. Youtube oder Geogebra) vorab erstellt und gespeichert wurden, in die

MINTFabrik einbinden. In der Nutzerverwaltung ist dafür eine Maske vorgesehen, die bestimmte Einstellungsmöglichkeiten bietet, wie z. B. die Eingruppierung ins Themennetz, Titelvergabe, oder die Ergänzung einer Beschreibung bzw. Anleitung.

### Textbausteine

Wenn gewünscht, können Autor\*innen eigene Erklärungen zu bestimmten Themen in Textform über einen Editor in der Nutzerverwaltung als eigenen Lernbaustein implementieren. Dieser Item-Typ wurde vom Projektteam vor allem zur Verlinkung auf bereits vorhandene Online-Angebote (z. B. den Brückenkurs Physik; Goll, 2021) vorgesehen, die eine Lektionsstruktur besitzen und vor allem Erklärungen enthalten. Wer z. B. eine Anleitung zur Addition von Brüchen sucht und die entsprechenden Stichworte ins Suchfeld eingibt, würde – wenn vorhanden – einen Lernbaustein mit Kurztext und Link zu einem entsprechenden Online-Angebot finden, das in einem neuen Browserfenster geöffnet wird. So kann die MINTFabrik mit anderen Angeboten vernetzt und eine redundante Erstellung von Inhalten vermieden werden.

### Statische Aufgaben

Aufgaben mit festen Parameterwerten können incl. Teilaufgaben und Lösungen über einen Editor implementiert werden. Die Eingabe von Formeln ist im LaTeX-Format möglich. Nutzer\*innen können Lösungen mit längeren Formelausdrücken ein- und ausblenden und die Richtigkeit eigenverantwortlich per Klick bestätigen (was in die Auswertung eingeht). Bei Lösungen mit einfachen Formelausdrücken oder Zahlenwerten wird eine Eingabemöglichkeit mit automatischer Auswertung durch SymPy angeboten. Welche der beiden Varianten zur Anwendung kommt, entscheiden die Autor\*innen bei der Implementierung. Ergänzend zu den Lösungen können auch mehrstufige Tipps vorgesehen werden, die ein- und ausblendbar sind. Über die Tipps kann wie bei Textbausteinen per Link

auf externe Erklärungen verwiesen werden. Für die Erstellung von Single/Multiple Choice Aufgaben ist eine Eingabe von alternativen Lösungen vorgesehen.

### Dynamische Aufgaben

Bei diesem Item-Typ können mit Hilfe von Aufgabengeneratoren im Rahmen einer Aufgabe größere Stückzahlen von Teilaufgaben in verschiedenen Ausprägungen (Zahlenwerte, Parameterkombinationen) erstellt werden. Die Studierenden können damit zum Beispiel so lange die Faktorisierung von binomischen Formeln mit unterschiedlichen Varianten üben, bis sie die Aufgabenstellung zuverlässig lösen können. Die Überprüfung erfolgt wie bei statischen Aufgaben mit SymPy. Um dynamische Aufgaben zu generieren, muss der/die Autor\*in zufällige Werte und Operationen in Python-Code definieren. SymPy erstellt daraus beliebig viele Aufgabenvarianten und berechnet die korrekten Lösungen.

### Ergebnisverfolgung

Während der Nutzung werden die Gesamtbearbeitungszeit, die Vollständigkeit bei der Bearbeitung einzelner Mikrourse, die Erfolgsrate bei der Lösung von Aufgaben und der zeitliche Verlauf besuchter Items mitverfolgt und im Arbeitsbereich zur Information angezeigt. Die einfache und übersichtliche Darstellung der eigenen Fortschritte soll zu einer positiven Erfahrung beitragen und die Lernenden zur weiteren Nutzung motivieren.

## 6. Ausbau und Qualitätsmanagement

Für die Freischaltung des Portals im Oktober 2023 wurde der Fokus vor allem auf Inhalte des ersten Semesters gelegt. Ein weiterer Ausbau mit Inhalten des ersten und auch zweiten Semesters ist geplant und soll je nach verfügbarer

Personalkapazität schrittweise erfolgen. Dabei ist jede Hilfe willkommen – auch Lehrende an anderen Hochschuleinrichtungen oder aus dem Schulbereich können neue Inhalte implementieren und das Portal für ihre Lehre nutzen. Die MINTFabrik kann so kontinuierlich wachsen und an die Bedürfnisse der Nutzer\*innen angepasst werden. Eine Möglichkeit, ganze Aufgabensammlungen zu importieren, gibt es aktuell noch nicht, jedoch wurden mit der Konvertierung von PDF-Vorlagen zu LaTeX über das Tool MathPix gute Erfahrungen gemacht. Zukünftig sollen Sammlungen in Latex-Format direkt eingelesen werden können. Weitere Importformate (z. B. Moodle xml-Format) wären sicher sinnvoll, allerdings müsste hierzu noch eine entsprechende Finanzierung sichergestellt werden. In Ergänzung zu der bereits vorhandenen Ergebnisverfolgung könnte zukünftig ein Recommender-System implementiert werden, das basierend auf dem Nutzungsverhalten automatisiert geeignete nächste Aufgaben vorschlägt.

Um die Qualität der Inhalte zu gewährleisten, soll in der ersten Betriebsphase des Portals ein relationaler und prozessorientierter Ansatz zur Qualitätssicherung (Iske & Meder, 2009) getestet werden, allerdings in einer sehr schlanken Form: (1) Alle Nutzer\*innen können sich mit Feedback an die Supportadresse der Webseite richten und z. B. auf Fehler aufmerksam machen oder Wünsche für eine Verbesserung der Funktionalität äußern. (2) Ein für die Qualitätssicherung verantwortliches Team prüft in einem regelmäßigen Turnus neu implementierte Items anhand eines vorher definierten Kriterienkatalogs. Neue Items erhalten zunächst das Label „Inaktiv“ und sind nicht öffentlich sichtbar. Erst nach erfolgreicher Prüfung werden sie freigeschaltet. Dieses QS-Team setzt sich aus dem Kernteam zusammen, das für die Entwicklung des Portals verantwortlich ist, sowie aus Lehrenden, die das Portal mit eigenen Lernbausteinen nutzen wollen und sich bereiterklären, für eine gewisse Zeit zur Qualitätssicherung beizutragen. Ob

dieses „Give and Take“ Modell funktioniert, bleibt abzuwarten. Die finanziellen Ressourcen für die Qualitätssicherung sind begrenzt und aktuell stehen zwei Mitarbeitende an der Hochschule Reutlingen mit einem Teil ihrer Arbeitszeit zur Verfügung, um die Qualitätssicherung zu koordinieren.

### 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. Abrufbar unter: <https://cosh-mathe.de/materialien/>

COSH – Cooperation Schule-Hochschule (2021). Mindestanforderungskatalog Physik. Abrufbar unter: <https://cosh-physik.de/materialien/>

Daberkow, A., Pitsch, S., Löffler, A., König-Birk, J., Knaak, W., Kurz, G., ... & Karouby, J. (2021). Physikgrundlagen digital-reloaded in der Online Lehre. Die 19. Fachtagung Bildungstechnologien (DELFI). Lecture Notes in Informatics (LNI), Gesellschaft für Informatik, Bonn.

Goll, C. (2021). Online Brückenkurs Physik. MINT-Kolleg Baden-Württemberg. Abrufbar unter: <https://lx3.mint-kolleg.kit.edu/onlinekursphysik/html/sectionx3.1.0.html>

Iske, S.; Meder, N. (2009). Qualitätssicherung von Online-Kursen in E-Learning Portalen. Medienimpulse. Jg. 47, Nr. 1.

LON-CAPA (2013). Michigan State University. Learning Online Network. Abrufbar unter: <https://loncapa.org/index.html>

Matex (2020). MINT-Kolleg Baden-Württemberg. Plattform zur automatischen Erstellung von Mathematik Aufgaben. Abrufbar unter: <https://lx4.mint-kolleg.kit.edu/MATeX/index.php>

Schieborn, D.; Reichenberger, V. (2020). Webseite Hart und Trocken. Abrufbar unter: <https://www.hartundtrocken.de>

### Angaben zu den AutorInnen

#### Reutlinger Lehrzentrum Grundlagen (RLG)

Das RLG ist eine Einrichtung an der Hochschule Reutlingen, die im Grundlagenbereich Unterstützungsangebote für Studierende entwickelt. Folgende Autor\*innen und 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), Ann-Marie Schlosser (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.

## Die WiMINT-AGs Mathematik und Physik der Arbeitsgruppe cosh

Manuela Boin, Technische Hochschule Ulm

Kim Fujan, Gewerbliche Schule Ehingen

Karin Lunde, Technische Hochschule Ulm

Achim Boger, Gewerbliche Schule Schwäbisch Gmünd

### Zusammenfassung

Viele Erstsemester im WiMINT-Bereich haben zu Studienbeginn Probleme in Mathematik und/oder Physik. Die Arbeitsgruppe cosh (Cooperation Schule-Hochschule) hat sich zum Ziel gesetzt, den Übergang ins Studium durch eine intensive Zusammenarbeit zwischen Schulen und Hochschulen zu glätten. Lehrer:innen erarbeiten gemeinsam mit Professor:innen Möglichkeiten, Schüler:innen besser auf ein WiMINT-Studium vorzubereiten (siehe [www.cosh-bw.de](http://www.cosh-bw.de)). Es werden Unterstützungsangebote für Studieninteressierte entwickelt, die diese Anfangsschwierigkeiten mindern sollen.

Ein solches Angebot sind WiMINT-AGs in der Form studentischer Tutorien, die in Kooperation zwischen einer Hochschule und umliegenden Schulen stattfinden. Didaktisch geschulte Studierende wiederholen, üben und vertiefen Grundlagen der Mathematik bzw. Physik mit interessierten Schüler:innen. Eine fast noch wichtigere Aufgabe der Tutor:innen ist die gleichzeitige Weitergabe vielfältiger Erfahrungen aus ihrem eigenen Studienbeginn. Ein Block zur Studienorientierung und -beratung rundet die AG ab.

### 1. Die Ausgangslage

Verschiedene empirische Studien haben die Probleme vieler Studienanfänger:innen in der Studieneingangsphase und die daraus resultierenden Studienabbrüche untersucht und deren Ursachen analysiert. Dabei hat sich gezeigt, dass die Herausforderungen beim Studienstart sowohl in der sozialen Integration in die Hochschule als auch in der Erfüllung der fachlichen und selbstorganisatorischen Anforderungen des Studiums liegen. Bei der Analyse der fachlichen Fähigkeiten werden dabei besonders häufig Defizite im Bereich der mathematisch-naturwissenschaftlichen Vorkenntnisse und Kompetenzen genannt (u. a. Heublein et al. 2017, Neugebauer et al. 2019, Buschhüter et al. 2017, Kurz & Käb 2019). Besonders für Studienanfänger:innen in WiMINT-Studiengängen (Wirtschaft, Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft und Technik) sind lückenhafte Vorkenntnisse in diesem Bereich eine große Hürde.

Die Hochschulen für angewandte Wissenschaften (HAWen) stehen dabei vor der besonderen Herausforderung, Studienanfänger:innen mit sehr unterschiedlichen Bildungsbiografien (MWK 2023) und somit sehr heterogenen Vorkenntnissen zu einem erfolgreichen Studienabschluss zu führen.

Hinzu kommt die seit 2017 stark sinkende Zahl der Studienanfänger:innen in MINT-Studiengängen (destatis 2023), die teilweise dazu führt, dass bisher zulassungsbeschränkte



Studiengänge mangels Bewerbungen allen Bewerber:innen eine Zulassung erteilen und somit auch Bewerber:innen mit deutlich schlechteren Vorkenntnissen als früher ein MINT-Studium beginnen. Außerdem deuten bereits jetzt erste Untersuchungen und Lernstandserhebungen (z.B. bei VERA 8) auf Lernrückstände durch die Covid-Pandemie hin (Stanat et al. 2022, Schult & Wagner 2023, Ludewig et al. 2022), die diese Probleme wahrscheinlich in den nächsten Jahren noch verstärken werden.

Das Ziel der cosh-Gruppe (Cooperation Schule–Hochschule) in Baden-Württemberg ist, durch eine vertiefte Zusammenarbeit der Lehrenden an Schulen und Hochschulen die Ursachen für die Probleme beim Übergang von der Schule an die Hochschule gemeinsam zu analysieren, ein Netzwerk, auch über Baden-Württemberg hinaus, aufzubauen sowie regionale Kooperationen zwischen Schulen und Hochschulen zu etablieren (cosh 2023). Ein Ergebnis dieser Zusammenarbeit sind die Mindestanforderungskataloge Mathematik und Physik (cosh 2021), die die jeweiligen fachlichen Kompetenzen und Vorkenntnisse zusammenfassen, die Studienanfänger:innen eines WiMINT-Studienganges aus Sicht der Lehrenden sowohl der Schulen als auch der Hochschulen in Baden-Württemberg mitbringen sollten, um erfolgreich in ihr Studium zu starten. Neben der Information über diese Anforderungen sind Unterstützungsmaßnahmen essentiell, die Schüler:innen noch vor Studienbeginn die Möglichkeit bieten, fehlende Kompetenzen und Vorkenntnisse zu erwerben. Eine dieser, in der cosh-Gruppe entwickelten Unterstützungsmaßnahmen, sind die hier vorgestellten WiMINT-AGs.

## 2. Das Konzept der WiMINT-AGs

WiMINT-AGs sind ein extracurriculares, freiwilliges Angebot für Schüler:innen der Abschlussklassen der regionalen Partnerschulen in Form studentischer Tutorien. Ziele dieser AGs sind die Kommunikation der fachlichen Anforderungen eines WiMINT-Studiums in Mathematik bzw. Physik und der Abbau von Defiziten in diesen Bereichen. Über die AGs wird es schuljahresbegleitend ermöglicht, vorhandene Kompetenzen zu stärken, fehlende Kompetenzen zu erwerben sowie Lücken in den Vorkenntnissen zu schließen. Fachliche Probleme beim Studienstart sollen so verringert werden.

Mindestens genauso wichtig ist, dass die Tutor:innen als Studienbotschafter:innen fungieren und den Schüler:innen erste Einblicke in den neuen Lebensabschnitt vermitteln. Der Kontakt zu den didaktisch geschulten Tutor:innen, die ihre Studieneingangsphase bereits erfolgreich gemeistert haben, eröffnet den Schüler:innen die Möglichkeit, persönliche Fragen anzusprechen, erste Informationen über das Leben an der Hochschule zu erhalten und von den Erfahrungen der Tutor:innen zu profitieren. Idealerweise können Studierende als Tutor:innen gewonnen werden, die diese Partnerschule besucht und hier ihre Hochschulzugangsberechtigung erworben haben. Dies zeigt den Schüler:innen, dass ein erfolgreicher Start ins Studium auch für sie möglich ist.

Ein Beratungs- und Orientierungsworkshop, der eine Unterstützung bei der Studienwahl und im Bewerbungsprozess geben soll, komplettiert das Konzept. Im Idealfall kann so ein Studiengang mit einer guten Passung zwischen den individuellen Fähigkeiten der Schüler:innen und den Studienanforderungen erreicht und insgesamt der Grundstein für einen erfolgreichen Studienstart gelegt werden.

Eine Abschlussveranstaltung an der Hochschule dient abschließend dem persönlichen Kennenlernen der Hochschule seitens der Schüler:innen, der Klärung offen gebliebener Fragen im Bereich der Studienwahl und des Bewerbungsprozesses als auch der Evaluation. Das Feedback der Schüler:innen, der Tutor:innen und der betreuenden Lehrer:innen an den Schulen ermöglicht die ständige Weiterentwicklung des Konzeptes der WiMINT-AGs und hat beispielsweise zur Entwicklung der gemischten WiMINT-AGs Mathematik+Physik und Physik+Mathematik geführt.

Sofern die Teilnehmer:innen einer AG aus einer Klasse kommen, wird die WiMINT-AG möglichst im Stundenplan verankert, um eine stärkere Verbindlichkeit zu erreichen. Erfolgsfaktoren für die Umsetzung sind eine enge Abstimmung zwischen der betreuenden Hochschule und den Fachlehrkräften an den Schulen sowie eine vertrauensvolle Zusammenarbeit aller Beteiligten.

Das Konzept der WiMINT-AG in der heutigen Form wurde zum ersten Mal im Schuljahr 2015/16 in einer Kooperation zwischen der Hochschule Aalen und der Gewerblichen Schule Schwäbisch Gmünd sowie der Technischen Schule Heidenheim für das Fach Mathematik umgesetzt. Vorläufer gab es bereits seit 2005 in Ulm und Karlsruhe. Basierend auf dem etablierten Konzept wurde dann im Rahmen des Verbundprojektes cosh im Förderprogramm FES-BW Förderlinie 4 „Eignung und Auswahl“ (FES-BW 2018) die WiMINT-AG Physik neu entwickelt (Schütter-Kerndl et al. 2020). Beide WiMINT-AGs werden seitdem ständig weiterentwickelt und punktuell an die Bedürfnisse der Schulen angepasst. WiMINT-AGs finden derzeit in den Regionen Aalen/Schwäbisch Gmünd/Heidenheim, Ulm/Ehingen und in Karlsruhe statt.

## 3. Die Zielgruppen der WiMINT-AGs

Die WiMINT-AG Mathematik ist für Schüler:innen des einjährigen Berufskollegs zum Erwerb der Fachhochschulreife (BKFH) (MWK2, 2023) konzipiert. Diese hoch motivierten Schüler:innen haben bereits einen mittleren Bildungsabschluss und eine abgeschlossene Berufsausbildung. Teilweise waren sie auch bereits in ihrem Beruf tätig. Sie haben sich entschieden, die Fachhochschulreife zu erwerben, um dann an einer HAW ein Studium aufnehmen zu können. Aufgrund ihrer Bildungsbiografie benötigen diese Schüler:innen allerdings häufig zusätzliche Unterstützungsmaßnahmen, um ihr Ziel erreichen zu können. Am BKFH wird die WiMINT-AG meist klassenweise angeboten und trotz Freiwilligkeit in den Stundenplan integriert, um eine höhere Verbindlichkeit zu erreichen.

Auch Schüler:innen des zweijährigen Berufskollegs können von der WiMINT-AG Mathematik profitieren.

Zielgruppe der WiMINT-AG Physik sind Schüler:innen beruflicher Gymnasien mit schwerpunktmäßig nicht-technischer Ausrichtung, die einen Studiengang wählen möchten, bei dem sie physikalische Grundlagen benötigen. Bei nicht-technischer Ausrichtung haben die Schüler:innen in der Kursstufe häufig keinen oder maximal zwei Stunden Physikunterricht pro Woche. Da die Zielgruppe nicht die gesamte Klasse umfasst, wird die WiMINT-AG Physik klassen- und zum Teil auch klassenstufenübergreifend angeboten. Dies macht die Terminfindung schwieriger und eine Verankerung im Stundenplan obsolet. Die erfolgreiche Pilotphase fand ab 2020 in einem Gymnasium mit wirtschaftlicher Ausrichtung (WG) in Ulm statt.

#### 4. Der zeitliche Ablauf

Viele Hochschulen reagieren auf die oben dargestellte Ausgangslage durch Maßnahmen in der Studieneingangsphase, wie Vor- und Brückenkurse, Propädeutika oder ganze Orientierungssemester, um fehlende Kompetenzen und Vorkenntnisse zu vermitteln, die Studierfähigkeit zu erhöhen und somit den Studienerfolg der Studienanfänger:innen unter Beibehaltung der Qualität der Studienabschlüsse wahrscheinlicher zu machen. Die WiMINT-AGs der cosh-Gruppe basieren auf der Kooperation von Schulen und Hochschulen und nutzen bereits das letzte Schuljahr vor dem Studienstart, um ohne zeitlichen Druck sowohl fachliche Kompetenzen zu vermitteln, als auch den gesamten Entscheidungsprozess für ein Studienfach des WiMINT-Bereiches zu unterstützen und somit die Wahrscheinlichkeit des Studienerfolges zu erhöhen.

Die WiMINT-AGs starten jeweils mit einer Auftaktveranstaltung am Beginn des Schuljahres. Bei den WiMINT-AGs Mathematik am BKFH und der WiMINT-AG Physik schließen sich zwei Blöcke mit je 5 Nachmittagsterminen à 4 Schulstunden an. Zwischen den beiden Blöcken findet der Workshop zur Beratung und Orientierung bei der Studienwahl statt. Ziel ist es, die beiden Blöcke der WiMINT-AG am BKFH vor dem Beginn der schriftlichen Prüfungen abgeschlossen zu haben. Da die Teilnehmer:innen der WiMINT-AG Physik meist keine schriftliche Prüfung in diesem Fach ablegen, besteht hier oft der Wunsch, den zweiten Block zwischen den schriftlichen und mündlichen Prüfungen zu platzieren. Aufgrund der Kürze des Zeitfensters ist diese Integration allerdings herausfordernd. Abgeschlossen werden die WiMINT-AGs wie oben beschrieben durch eine Abschlussveranstaltung an der Hochschule (siehe Abb. 1).

Nach einem ersten, durch stark schwankende Teilnahme gekennzeichneten Durchlauf der WiMINT-AG Mathematik an einem zweijährigen BK und dem Feedback der Teilnehmer:innen, wurde der zeitliche Ablauf für diese Schulform angepasst. Hier werden die beiden Blöcke auf die beiden Schuljahre aufgeteilt und in Form von 10 Nachmittagsterminen à 2 Schulstunden durchgeführt. Dieses zeitliche Konzept wird derzeit erprobt.

#### 5. Die Inhalte und Materialien

Die Inhalte und Materialien der WiMINT-AGs orientieren sich an den Mindestanforderungskatalogen Mathematik und Physik (cosh 2021). Die Materialien für Mathematik wurden in der Kooperation der Hochschule Aalen mit der Gewerblichen Schule Schwäbisch Gmünd entwickelt. Die Inhalte und Materialien der WiMINT-AG Physik wurden im Rahmen des Verbundprojektes cosh an der Technischen Hochschule Ulm neu entwickelt (FEST-BW 2018). Beide Inhalte sind in Abb. 2 dargestellt.

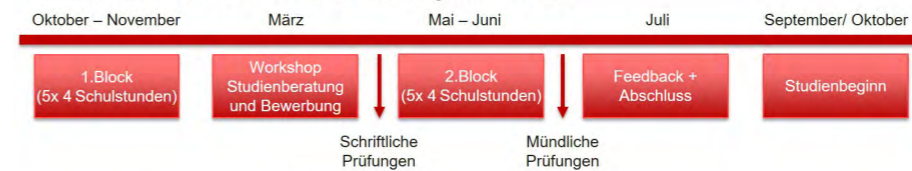
Für die WiMINT-AGs wurden detaillierte Materialien entwickelt, die den Tutor:innen zur Verfügung gestellt werden und die diese bei ihrer Arbeit unterstützen sollen. Gleichzeitig sollen sie für eine möglichst gleichbleibende hohe Qualität der WiMINT-AGs sorgen. Für jede Lerneinheit setzen sich die Materialien wie folgt zusammen:

- einer Zusammenfassung für die Tutor:innen mit den wichtigsten Stichpunkten und Definitionen (1-2 Seiten), die am Ende der Doppelstunde auch an die Schüler:innen ausgeteilt wird,
- einem Handzettel für die Tutor:innen mit didaktischen Hinweisen zur Stunde und Skizzen für Erklärungen an der Tafel,

#### Zeitlicher Ablauf der WiMINT-AG Mathematik am BKFH



#### Zeitlicher Ablauf der WiMINT-AG Physik am WG



#### Geplanter modifizierter Ablauf der WiMINT-AG Mathematik am zweijährigen BK



Abb. 1: Zeitlicher Ablauf der verschiedenen WiMINT-AGs

### WiMINT-AG Mathematik+Physik

#### Erster Block

- 1 Grundrechenarten, Klammern, Potenzen
- 2 Bruchrechnung
- 3 Prozentrechnung
- 4 Potenzen und Wurzeln
- 5 Einheiten umrechnen
- 6 Gleichungen
- 7 Komplexere Einheitenanalyse und Analyse von Diagrammen
- 8 LGS mit 2 Unbekannten
- 9 Grundlagen der Trigonometrie
- 10 Elementare Geometrie
- 11 LGS mit 3 Unbekannten
- 12 lineare und quadratische Funktionen

### WiMINT-AG Physik+Mathematik

#### Erster Block

- 1 Potenzen und Wurzeln
- 2 Grundlegende Definitionen, physikalische Größen, Einheiten
- 3 Komplexere Einheitenanalyse, Analyse von Diagrammen
- 4 Gleichungen
- 5 Geschwindigkeit, Beschleunigung, Bewegungsgleichungen
- 6 Interpretation von Diagrammen II, Freier Fall, senkrechter Wurf
- 7 Vektorielle Größen, Dichte
- 8 Kraft, Masse, Newtonsche Gesetze
- 9 Energie und Arbeit, Energieformen, Energieerhaltung, Wirkungsgrad
- 10 Energie und Leistung
- 11 Stromstärke, Spannung, elektrische Ladung
- 12 Elektrischer Stromkreis, Ohmscher Widerstand

#### Zweiter Block

- 1 Potenzen und Funktionen
- 2 Brüche und Steigungen
- 3 Funktionen und Ableitungen
- 4 Funktionen und Integrale
- 5 Geschwindigkeit, Beschleunigung, Bewegungsgleichungen
- 6 Prüfungsaufgaben I
- 7 Energie und Arbeit, Energieformen, Energieerhaltung, Wirkungsgrad
- 8 Prüfungsaufgaben II
- 9 Periodische Funktionen
- 10 Prüfungsaufgaben III
- 11 Harmonische Schwingung, gleichförmige Kreisbewegung
- 12 Prüfungsaufgaben IV

Abb. 2: Inhalte der verschiedenen WiMINT-AGs und zeitliche Aufteilung auf die Doppelstunden. Rot eingefügt sind Modifikationen für die gemischten WiMINT-AGs.

- den Übungsaufgaben mit ausführlichen Musterlösungen für die Tutor:innen,
- den Übungsaufgaben mit kurzen Lösungen für die Schüler:innen und
- einem Feedbackbogen für die Tutor:innen.

Die Feedbackbögen füllen die Tutor:innen während bzw. nach jeder Veranstaltung aus. Sie dienen der Weiterentwicklung des Konzeptes und der Materialien.

Die durch die cosh-Gruppe entwickelten Materialien der WiMINT-AGs stehen allen Interessierten zur Verfügung, die ebenfalls eine WiMINT-AG initiieren möchten.

## 6. Bisherige Erfahrungen und Weiterentwicklungen

Die hier dargestellten Erfahrungen und Feedbacks stammen aus den WiMINT-AGs der Region Ulm/Ehingen. Seit 2019 laufen hier jedes Schuljahr 2-3 WiMINT-AGs Mathematik an verschiedenen Schulen und seit 2020 jeweils eine WiMINT-AG Physik.

Insgesamt werden die WiMINT-AGs sowohl von den Schüler:innen als auch den Tutor:innen und den betreuenden Lehrer:innen sehr positiv bewertet. Besonders hervorgehoben werden das Konzept des studentischen Tutoriums, die fachlichen Inhalte und ihre Vermittlung sowie die Informationen zum Studium. Abb. 3 und 4 zeigen Auszüge aus den Umfragen zum Feedback der Teilnehmer:innen und aus deren Freitexteingaben.

Wie bereits angesprochen, wird das Feedback genutzt, um das Konzept und die Inhalte der WiMINT-AGs weiterzuentwickeln. Dies hat zum Beispiel zur Fortentwicklung zu zwei sogenannten gemischten WiMINT-AGs geführt. Die WiMINT-AG Mathematik+Physik beruht auf dem Wunsch seitens der Lehrer:innen, neben mathematischen auch einige physikalische Themen anzusprechen. Gleichzeitig sollte der Umfang der Termine aber nicht verdoppelt werden. Deshalb wurden einige Themen aus der Physik ausgewählt und an passender Stelle in die WiMINT-AG Mathematik integriert. So schließen sich die Umrechnung von Einheiten an die Bearbeitung der Potenzgesetze, die Bewegungsgleichungen an das Thema Funktionen und Integrale sowie die harmonischen Schwingungen an die periodischen Funktionen an. Der Zeitumfang steigt durch die zusätzlichen Themen in beiden Blöcken von 5 auf 6 Nachmittage. Ein Block zu Prüfungsaufgaben wurde für diese zusätzlichen Themen gestrichen.

Das Feedback der Physik-Tutor:innen über Schwierigkeiten der Schüler:innen bei mathematischen Umformungen (Boin et al. 2022) hat andererseits dazu geführt, dass auch eine WiMINT-AG Physik+Mathematik entwickelt wurde, bei der zwei Blöcke aus der Mathematik zur WiMINT-AG Physik hinzugefügt wurden. Hier steigt der Umfang des ersten Blockes auf 6 Termine. Der zweite Block wurde wegen der schwierigeren zeitlichen Integration nicht erweitert.

Die zusätzlichen Themen der gemischten WiMINT-AGs sind in Abb. 2 jeweils rot markiert. Die WiMINT-AG Mathematik+Physik wird derzeit an einem BKFH erprobt.

Das Feedback der Lehrer:innen und der Schüler:innen hat dazu geführt, dass nach einem besser passenden zeitlichen Konzept der WiMINT-AG Mathematik für das zweijährige BK gesucht wurde.

**Zusammengefasstes Feedback zu den WiMINT AGs**

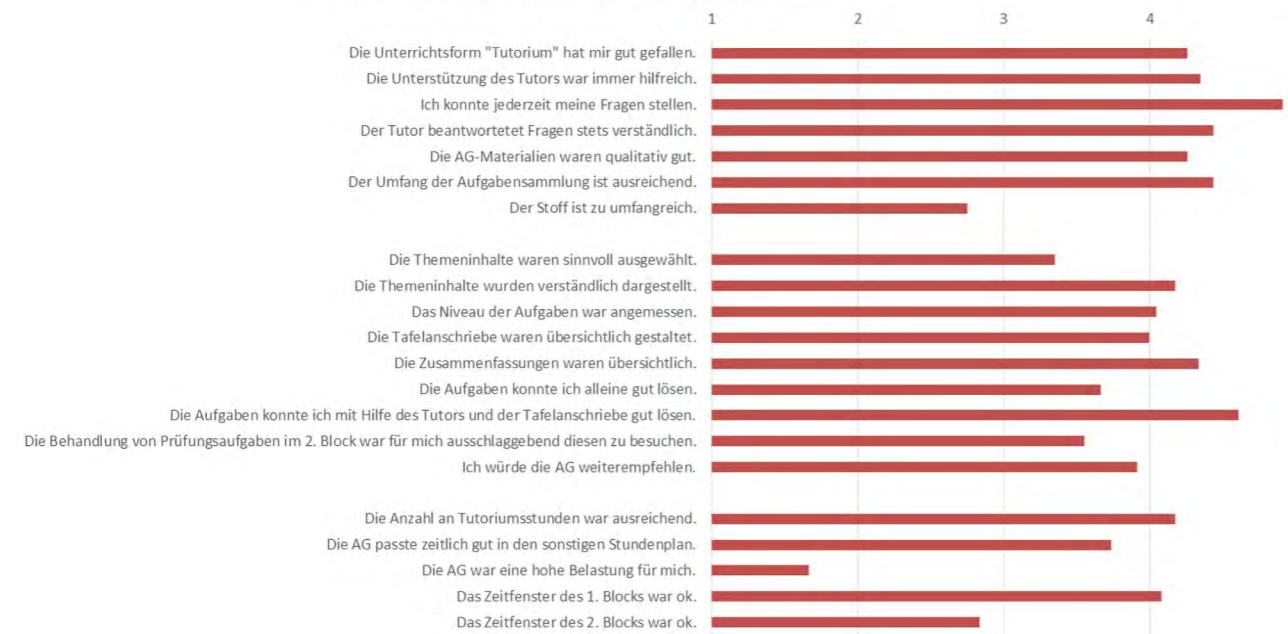
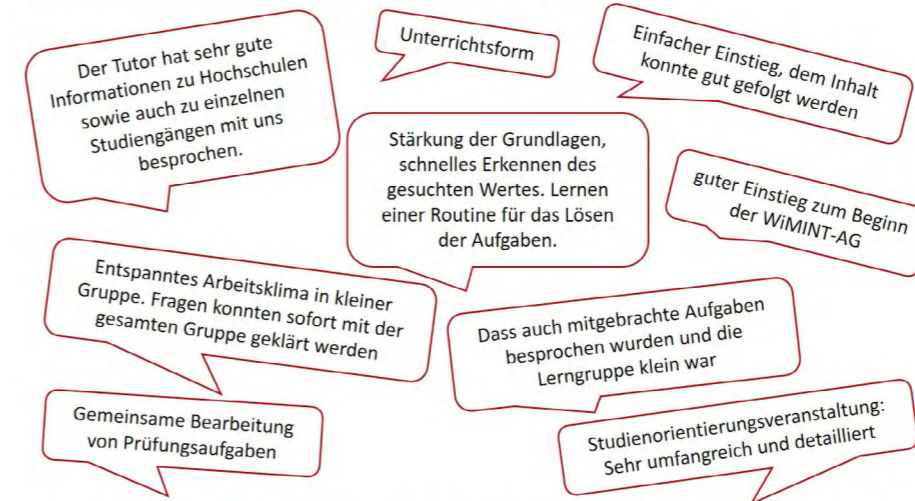


Abb. 3: Auszüge aus dem Feedback der Schüler:innen zum didaktischen Konzept, zu Inhalten und Aufgaben sowie zur zeitlichen Integration der WiMINT-AGs. Dargestellt sind Mittelwerte. (N=23), Skala: 1.Trifft überhaupt nicht zu; 5.Trifft voll zu

**Feedback von Schülerinnen und Schülern – Positives**



**Feedback von Schülerinnen und Schülern – Verbesserungspotential**

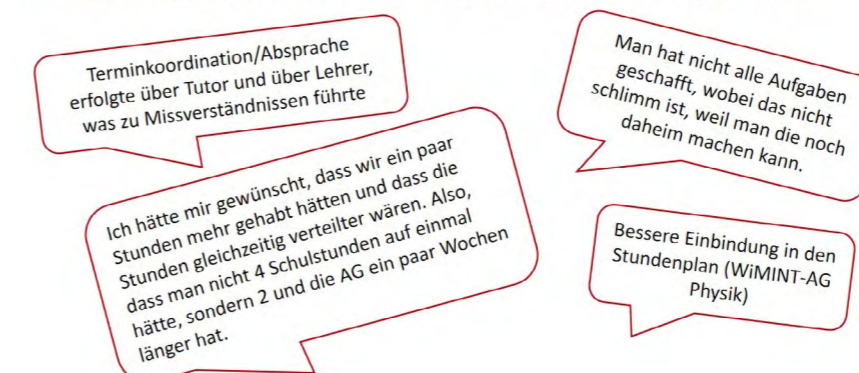


Abb. 4: Auszüge aus den Freitext-Eingaben des Feedbacks der Schüler:innen zu den WiMINT-AGs.

## 7. Fazit

Die WiMINT-AG ist ein wirksames Werkzeug zur Förderung von Studieninteressierten an einem WiMINT-Studiengang, die ihre Kenntnisse in Mathematik oder Physik noch vor Studienbeginn festigen und ausbauen möchten. Neben diesem fachlichen Aspekt, beschreiben die Schüler:innen den Austausch von Erfahrungen aus der Studieneingangsphase der Tutor:innen sowie die Studienberatungsangebote als sehr gewinnbringend. Aus dem Feedback der Teilnehmenden und Fachlehrenden wurden hybride Formen entwickelt, bei denen einzelne Themen aus der Physik in die AG Mathematik und umgekehrt integriert wurden.

Die Bildung weiterer Kooperationspartnerschaften aus Schulen und Hochschulen für WiMINT-AGs ist wünschenswert und wird gern durch die Weitergabe der entwickelten Materialien sowie bisheriger Erfahrungen unterstützt.

### Literatur

Boin, M.; Schütter-Kerndl, B.; Oder, B.; Boger, A.; Lunde, K. (2022). Die WiMINT-AGs Mathematik und Physik. PhyDid B – Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung 2022. <https://ojs.dpg-physik.de/index.php/phydid-b/article/view/1275/1480>

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>

cosh, cooperation Schule–Hochschule. (2023). <https://cosh-bw.de>. zuletzt geprüft am 23.04.2023.

cosh, Mindestanforderungskatalog Mathematik 3.0. (2021). <https://cosh-mathe.de/materialien/>. zuletzt geprüft am 23.04.2023.

cosh, Mindestanforderungskatalog Physik 3.0. (2021). <https://cosh-physik.de/materialien/>. zuletzt geprüft am 23.04.2023.

destatis, Statistisches Bundesamt (2023). [https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2023/01/PD23\\_N004\\_213.html](https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2023/01/PD23_N004_213.html) zuletzt geprüft am 23.04.2023

FEST-BW, Hochschule Esslingen, Hochschule Karlsruhe, Hochschule für Technik Stuttgart, Technische Hochschule Ulm: Verbundantrag im Rahmen des Förderprogramms „Fonds Erfolgreich Studieren in Baden-Württemberg (FEST-BW)“. Ausschreibung „Eignung und Auswahl“ (Förderlinie 4), 2018.

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](https://www.dzhw.eu/pdf/21/BaWue_Bericht_gesamt.pdf)

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

Ludewig, Ulrich; Kleinkorres, Ruben; Schaufelberger, Rahim; Schlitter, Theresa; Lorenz, Ramona; König, Christoph et al. (2022): COVID-19 Pandemic and Student Reading Achievement: Findings From a School Panel Study. In: Frontiers in psychology 13 (876485). DOI: 10.3389/fpsyg.2022.876485.

MWK, Ministerium für Kultus, Jugend und Sport, Baden-Württemberg. (2023). Bildungsnavi. <https://www.bildungsnavi-bw.de/schulsystem>, zuletzt geprüft am 23.04.2023.

MWK2, Ministerium für Kultus, Jugend und Sport, Baden-Württemberg. (2023). 1-jähriges Berufskolleg zum Erwerb der Fachhochschulreife, <https://www.bildungsnavi-bw.de/schulsystem/27>, zuletzt geprüft am 28.04.2023.

Neugebauer, M.; Heublein, U.; Daniel, A. (2019). Studienabbruch in Deutschland. Ausmaß, Ursachen, Folgen, Präventionsmöglichkeiten. In: Z Erziehungswiss 22 (5), S. 1025–1046. DOI: 10.1007/s11618-019-00904-1.

Schult, J.; Wagner, S. (2022): VERA8–2022 in Baden-Württemberg. Monitoring-Report. Hg. v. Institut für Bildungsanalysen Baden-Württemberg. Stuttgart. [https://ibbw-bw.de/site/pbs-bw-km-root/get/documents\\_E2114417189/KULTUS.Dachmandant/KULTUS/Dienststellen/ibbw/Systemanalysen/Bildungsberichterstattung/Ergebnisberichte/VERA\\_8/Ergebnisse\\_VERA8\\_2022.pdf](https://ibbw-bw.de/site/pbs-bw-km-root/get/documents_E2114417189/KULTUS.Dachmandant/KULTUS/Dienststellen/ibbw/Systemanalysen/Bildungsberichterstattung/Ergebnisberichte/VERA_8/Ergebnisse_VERA8_2022.pdf), zuletzt geprüft am 23.04.2023.

Schütter-Kerndl, B.; Lunde, K.; Boin, M. (2020). cosh-vor-Ort-Projekt „WiMINT-AG Mathematik/Physik“. In: Wismarer Frege-Reihe, 2 (2020), Hrsg. Dieter Schott, ISBN 978-3-947929-14-6, S. 33–38, [https://www.hs-wismar.de/storages/hs-wismar/HSW\\_zentral/Vernetzung/Institute\\_und\\_Hochschulunternehmen/Gottlob-Frege-Zentrum/publikationen/Frege-Reihe-2002-Schott.pdf](https://www.hs-wismar.de/storages/hs-wismar/HSW_zentral/Vernetzung/Institute_und_Hochschulunternehmen/Gottlob-Frege-Zentrum/publikationen/Frege-Reihe-2002-Schott.pdf)

Stanat, P.; Schipolowski, St.; Schneider, R.; Sachse, K. A.; Weirich, S.; Henschel, S. (2022). IQB-Bildungstrend 2021. Kompetenzen in den Fächern Deutsch und Mathematik am Ende der 4. Jahrgangsstufe im dritten Ländervergleich: Waxmann Verlag GmbH, ISBN 978-3-8309-4606-9. <https://doi.org/10.31244/9783830996064>.

### Angaben zu den AutorInnen

#### Manuela Boin

Studium der Physik an der TU Chemnitz, Promotion Uni Hamburg. 15 Jahre leitende Positionen in der Automobilindustrie. Seit 2009 Professorin an der TH Ulm. Seit 2012 AG cosh, seit 2019 cosh-Kernteam Physik.

#### Kim Fujan

Studium der Physik an der Universität Ulm. Seit 2012 Lehrerin für Mathematik und Physik an der GBS Ehingen. Seit 2019 cosh-Kernteam Physik.

#### Karin Lunde

Studium der Angew. Mathematik/Informatik in Moskau, Promotion TU Kaiserslautern, Industrietätigkeit als SW-Entwicklerin und –Architektin. Seit 2003 Professorin an der TH Ulm. Seit 2012 cosh-Kernteam Mathematik.

#### Achim Boger

Fachberater für Mathematik und Physik am ZSL. Koordinator für Mathematik an der Regionalstelle Schwäbisch Gmünd. Seit 2015 cosh-Kernteam Mathematik.

# Einfluss von Testeinstellungen auf die Nutzung des MINTFIT-Physik-Onlinetests

Ute Carina Müller  
Technische Universität Hamburg, Arbeitsstelle MINTFIT Hamburg

## Zusammenfassung

Mit dem frei zugänglichen Physik-Onlinetest von MINTFIT Hamburg können Studieninteressierte Wissenslücken identifizieren, um diese vor Beginn eines MINT-Studiums schließen zu können. Für die Testauswertung stehen unterschiedliche Einstellungsmöglichkeiten zur Verfügung: Eine Antwort kann direkt noch während des Tests oder mit den anderen zusammen nach der Testabgabe überprüft werden. Standardmäßig gibt es bei MINTFIT ein Gesamtfeedback mit individuell generierter Lernempfehlung nach der Abgabe. Seit 2019 werden pro Jahr ca. 4000 Testteilnahmen registriert. Das erlaubt Learning Analytics zum Nutzendenverhalten durch die Variation der Testeinstellungen für jeweils einige Monate. Es zeigt sich dabei, dass der Anteil der abgebrochenen Tests von ca. 74% im Fall der Auswertung nach Testabgabe auf etwa 90% bei direkter Überprüfungsoption der Fragen steigt. Die beobachteten Unterschiede bei der Testbearbeitung lassen sich mit Hilfe von Selbstregulationsprozessen der Nutzenden beschreiben.

## 1. Einführung

Auf Grund der Heterogenität der Studierendenschaft stellen viele Hochschulen in Deutschland vorbereitende Onlineangebote für ein MINT-Studium zur Verfügung. Hierzu zählt das Kooperationsprojekt MINTFIT Hamburg ([www.mintfit.hamburg](http://www.mintfit.hamburg)), das kostenlose und frei verfügbare Onlinetests und -kurse für Schüler\*innen und Studieninteressierte zur Vorbereitung auf ein MINT-Studium bereits seit 2015 anbietet (Sitzmann, 2020). Ausgangspunkt ist jeweils ein Orientierungstest zur Selbsteinschätzung des eigenen Kenntnisstandes. Nach der Testabgabe wird den Nutzenden eine Auswertung bestehend aus Gesamtergebnis und Aufgabenbewertung samt Musterlösungen angezeigt. Zusätzlich wird eine individuelle Lernempfehlung generiert, die die effektive Nutzung der zugehörigen Onlinekurse, mit deren Bearbeitung identifizierte Wissenslücken geschlossen werden können, unterstützen soll.

Dies ist allerdings nur der Idealfall. Beim MINTFIT-Physiktest geben beispielsweise nur etwa 30% derjenigen, die einen Testversuch starten, diesen auch tatsächlich ab. Nur diese erhalten die individuelle Lernempfehlung, die direkt auf den zugehörigen Onlinekurs verweist. Da es sich bei MINTFIT Hamburg um ein Angebot handelt, das zwischen Schule und Studium angesiedelt ist und dessen Nutzung freiwillig ist,

entstand die Idee, dass durch geänderte Testeinstellungen die Abbruchquote, also der Anteil an begonnenen Testversuchen, bei denen der Test abgebrochen und nicht abgegeben wird, gesenkt werden könnte. Das Lernmanagementsystem (LMS) Moodle (<https://moodle.org>), auf dem die MINTFIT-Plattform aufgebaut ist, bietet verschiedene Einstellungsmöglichkeiten für einen Test an. Neben der bereits oben beschriebenen Auswertung nach Testabgabe, gibt es die Möglichkeit, eine Frage direkt nach der Beantwortung zu bewerten (Baumgartner & Bergner, 2016).

Betrachtet man die Bearbeitung eines Tests als Prozess der Selbstregulation, wie er von Zimmerman (2000) mit der Abfolge aus Planung, Durchführung und Selbstreflexion beschrieben wurde, so bedeutet der Einstellungstyp mit der Auswertung nach Testabgabe, dass der Test als Gesamtes betrachtet werden muss und die Selbstreflexion durch die Rückmeldung nach der Testabgabe gesteuert wird. Im Gegensatz dazu bedeutet die direkte Auswertung nach einer Aufgabe die Unterteilung des Tests in kleine, einzelne Einheiten. Der gesamte Selbstregulationsprozess wiederholt sich bei jeder Frage. Die Rückmeldung erfolgt schneller, ein einzelner Zyklus ist kürzer. Aufgrund des Zusammenhangs zwischen Motivation und Selbstregulation (Eom, 2019) könnten diese kurzen und direkten Selbstregulationszyklen die Motivation für die Aufgabebearbeitung steigern und dies wiederum zu einer häufigeren Testabgabe führen.

Die großen Teilnehmereinzahlen von etwa 4000 begonnenen Testversuchen pro Jahr im MINTFIT Physiktest ermöglichen hierzu eine statistische Untersuchung im Kontext von Learning Analytics (Ferguson, 2012)

## 2. Das Projekt MINTFIT Hamburg

Studienabbruchquoten von bis zu 50% sind typisch für viele MINT-Studiengänge an deutschen Universitäten und Hochschulen (Heublein et al., 2017). Hierbei sind fehlende Vorkenntnisse zu Beginn eines Studiums ein häufig genannter Grund. Um diesem Problem zu begegnen, haben sich Hamburger Hochschulen vor etwa 10 Jahren im Projekt MINTFIT (Schramm, 2015) zusammengeschlossen, um frei verfügbare Onlineangebote für die mathematisch-naturwissenschaftlichen Grundlagenfächer Mathematik, Physik, Chemie und Informatik zur Studienvorbereitung zur Verfügung zu stellen. Mit Hilfe von webbasierten Selbsteinschätzungstests können Schüler\*innen und Studieninteressierte ihre MINT-Kenntnisse dahingehend überprüfen, ob sie die in der Schule erworbenen Inhalte abrufen können bzw. ihr Wissen die typischen Erwartungen in einem MINT-Studium erfüllt. Mit zugehörigen Onlinekursen lassen sich im Anschluss identifizierte Wissenslücken schließen. Die Nutzung ist hierbei nicht an die Einschreibung an einer Hochschule gebunden, sie ist freiwillig und kann jederzeit, anonym und kostenlos erfolgen.

### Der MINTFIT-Physiktest

Der MINTFIT-Physiktest stellt seit Februar 2019 inhaltlich unverändert 40 Fragen mit Musterlösungen aus den Themengebieten Mechanik (12 Aufgaben), Elektrizitätslehre (11), Energie (9) und Optik (8) bereit (Müller & Sitzmann, 2019). Die Inhalte orientieren sich dabei am Schulwissen aus der Sekundarstufe I und mathematischen Methoden aus der Sekundarstufe II. Die Bearbeitung einer Aufgabe ist nicht zwingend, über ein seitliches Navigationsmenü kann außerdem jede beliebige Frage im Test erreicht werden. Die Standardeinstellung, wie

sie bis zum Beginn dieser Studie im November 2022 verwendet wurde, nutzt eine Auswertung aller Aufgaben und die Bereitstellung der Musterlösungen nach dem Test. Dafür muss der Teilnehmende den Testversuch abgeben. Darüber hinaus wird eine Rückmeldung über den Gesamtkenntnisstand sowie ein nach Themengebieten aufgeschlüsseltes Ergebnis mit zugehöriger Lernempfehlung für den zugehörigen Physikkurs generiert. Vorzugsweise sollten hierfür alle Fragen beantwortet werden, damit die Rückmeldung aussagekräftig ist und alle Themengebiete abdecken kann.

### 3. Untersuchung

Um zu überprüfen, ob eine direkte Rückmeldung nach jeder Frage die Abbruchquote tatsächlich reduzieren kann, werden die Testeinstellungen variiert. Für die Auswertung werden dabei ausschließlich die Testdaten selbst, d.h. die Bearbeitung und Bewertung der Fragen in einem Testversuch, verwendet. Persönliche Daten der Nutzenden gehen nicht ein.

Die Untersuchung gliedert sich in vier Phasen, die vier unterschiedlichen Testeinstellungen entsprechen. Die eigentlichen Testinhalte sowie die Reihenfolge der Aufgaben bleiben dabei unverändert. Die detaillierte Rückmeldung mit individueller Lernempfehlung nach der Testabgabe bleibt in allen Phasen ebenso erhalten. Für die ersten beiden Testphasen wurde die ursprüngliche Struktur des Tests, bei der alle Fragen eines Themengebiets auf einer Seite dargestellt wurden, beibehalten.

- Testphase 0 (TP 0): Bis zu Beginn der Untersuchung im November 2022 wurde die ursprüngliche Testeinstellung mit Auswertung und Rückmeldung ausschließlich nach der Testabgabe (vgl. Abschnitt 2) verwendet.

- Testphase 1 (TP 1): Von November 2022 bis Januar 2023 konnte jede Frage direkt nach ihrer Beantwortung mit einem einfachen „Prüfen“-Button am Ende der Aufgabe ausgewertet und die Musterlösung angezeigt werden.

Für Testphase 2 und 3 wurde die Teststruktur dahingehend geändert, dass auf jeder Testseite nur eine einzelne Aufgabe dargestellt wird, d.h. die nächste Frage wird durch einen Seitenwechsel erreicht. Da das LMS Moodle nur dann Antworten speichert, wenn eine Aktion wie Seitenumbruch oder Auswertung erfolgt, ermöglicht diese Änderung einen nachträglichen Zugriff auf gegebene Antworten bis vor die letzte Auswertung bzw. den letzten Seitenumbruch. Diese Information ist für Testphase 0 nur teilweise verfügbar, da hier bis zu 12 Aufgaben auf einer Seite dargestellt wurden und die Antworten deshalb häufig nicht verfügbar sind. Daher werden die Daten aus TP 0 nur für die Bestimmung der Abbruchquoten, nicht aber für die detaillierte Analyse des Nutzendenverhaltens verwendet.

- Testphase 2 (TP 2): Von Februar 2023 bis April 2023 erfolgte die Rückmeldung zum Test wie in TP 0 erst nach der Testabgabe.
- Testphase 3 (TP 3): In Testphase 3, die Ende April 2023 begann und derzeit noch läuft, können die Aufgaben wie in TP 1 direkt nach der Beantwortung ausgewertet werden.

Die Anzahl der begonnenen Tests und die zugehörigen Abbruchquoten sind in Tab. 1 für TP 0 - TP 2 zusammengefasst. Daten der derzeit noch laufenden TP 3 werden in Tab. 1 und in der folgenden Auswertung nicht berücksichtigt. Da die Anzahl der Testteilnahmen im Jahresverlauf schwankt, zeigen sich unterschiedliche Teilnehmendenzahlen in TP 1 und TP 2. Zahlen der Vergleichszeiträume aus den Vorjahren, wurden aus TP 0 extrahiert und ebenfalls aufgeführt.

Zeitraum	TP 0							TP 1 11/22-01/23	TP 2 02/23-04/23
	gesamt	Vergleichszeiträume zu							
		TP 1			TP 2				
	02/19 - 11/22	11/19 - 01/20	11/20 - 01/21	11/21 - 01/22	02/20 - 04/20	02/21 - 04/21	02/22 - 04/22		
<b>Anzahl begonnener Tests</b>	14 332	834	670	551	521	827	795	620	902
<b>Abbruchquote</b>	67 %	69 %	76 %	76 %	73 %	76 %	73 %	90 %	72 %

Tab. 1: Überblick über die Testphasen mit zugehörigen Testteilnahmen und Abbruchquoten

### 4. Ergebnisse und Diskussion

Beim Vergleich der Daten in Tab. 1 zeigt sich ein deutlicher Einfluss der Testeinstellungen auf das Nutzendenverhalten. Im Gegensatz zur Annahme, dass die Auswertung nach jeder Frage die Abbruchquote reduzieren könnte, stieg diese in TP 1 auf 90% im Vergleich zu 74%, dem Mittelwert aus den Vergleichszeiträumen in TP 0. Dass dieser Anstieg auf die Testeinstellungen zurückgeführt werden kann, zeigt sich durch den Vergleich mit TP 2. Hier liegt die Abbruchquote bei 72% vergleichbar mit dem Wert in TP 0. Erste Zahlen aus TP 3 mit etwa 100 begonnenen Tests bei einer Abbruchquote von 90%, bestätigen diese Abhängigkeit. Die Abweichung zwischen der Abbruchquote aus dem Gesamtzeitraum in TP 0 von 67% und dem Mittelwert von 74% für die Vergleichszeiträume zu TP 1 und TP 2 ergibt sich, da zwischen dem 15. August und dem 15. Oktober eines Jahres typischerweise Studienanfänger\*innen eines MINT-Fachs den Test absolvieren und im Mittel in diesem Zeitraum nur zu etwa 60% abrechnen.

Insgesamt zeigt sich, dass, wenn eine direkte Überprüfung nach einer einzelnen Aufgabe möglich ist, der Anteil derjenigen deutlich sinkt, die einen Test abgeben. Ein Effekt, ob alle Aufgaben eines Themengebiets oder nur eine einzelne Aufgabe auf einer Seite dargestellt wird, ist dabei nicht beobachtbar.

Worin unterscheidet sich das Verhalten der Nutzenden nun im Detail?

#### Anzahl der beantworteten Fragen

Zunächst wird die Anzahl der in einem Test beantworteten Fragen verglichen. Diese kann einen Hinweis auf die Motivation und das Durchhaltevermögen der Testteilnehmenden geben und lässt Rückschlüsse auf den Mechanismus der Selbstregulation im Testablauf zu. Berücksichtigt werden hier nur Testversuche mit mindestens einer beantworteten Aufgabe.

Der Mittelwert für die Anzahl der beantworteten Fragen in einem Test ist in TP 1 mit 8,8 Fragen und in TP 2 mit 10,4 ähnlich. Die Motivation für die Aufgabenbearbeitung konnte durch die direkte Auswertung nicht gesteigert werden.

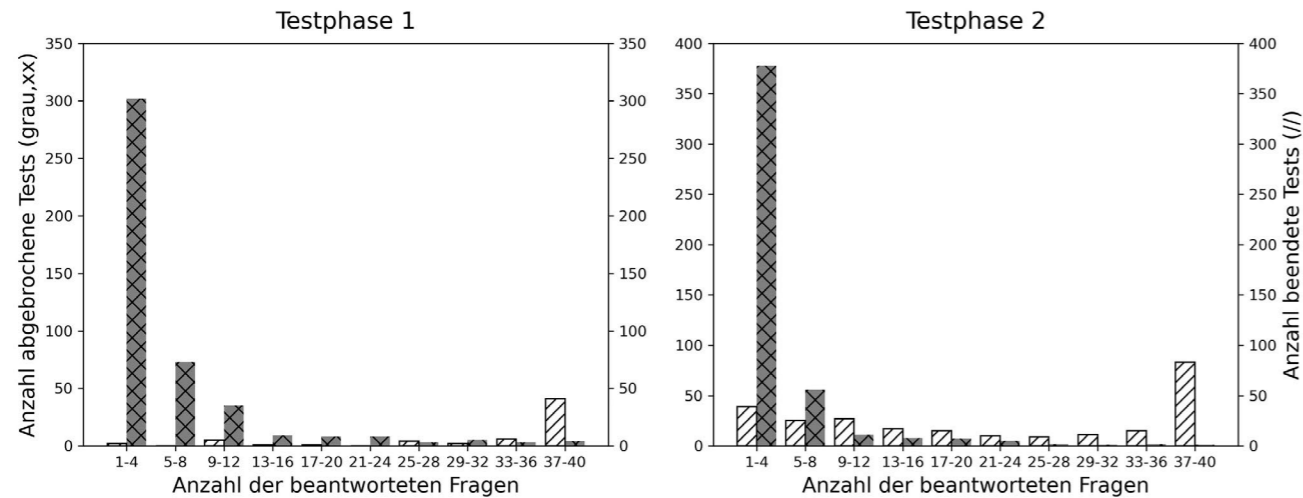


Abb. 1: Anzahl der beendeten (schraffiert) und abgebrochenen (grau, gekreuzt) Tests in Abhängigkeit von der Anzahl der beantworteten Fragen in TP 1 (links) und TP 2 (rechts)

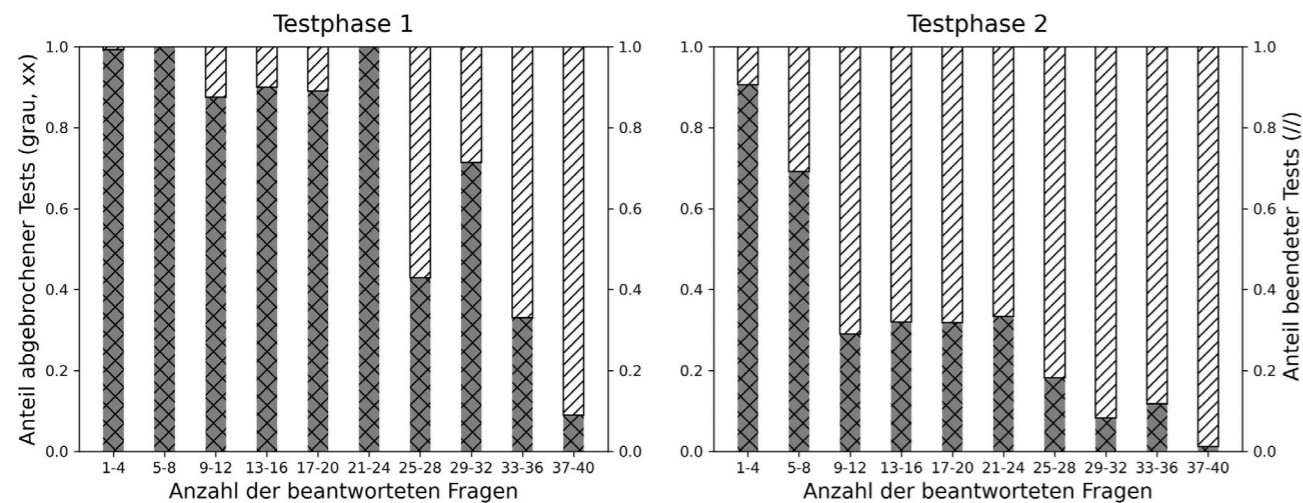


Abb. 2: Anteil der beendeten (schraffiert) und abgebrochenen (grau, gekreuzt) Testversuche in Abhängigkeit von der Anzahl der beantworteten Fragen in TP 1 (links) und TP 2 (rechts)

Betrachtet man in Abb. 1 die Verteilung der beendeten (schraffierte Balken) bzw. abgebrochenen Tests (grau, gekreuzte Balken) in Abhängigkeit von der Anzahl der beantworteten Fragen für TP 1 (links) und TP 2 (rechts) so zeigen sich deutliche Unterschiede. In Abb. 2, hier ist der Anteil der beendeten bzw. abgebrochenen Testversuche in Abhängigkeit von der Anzahl der beantworteten Fragen für TP 1 und TP 2 dargestellt, wird dies noch deutlicher. Während bei TP 2 ab 9 beantworteten Fragen der Anteil der beendeten Tests denjenigen der abgebrochenen Tests deutlich übersteigt, gilt dies in TP 1 erst ab 33 beantworteten Fragen. Diese Beobachtung legt die Vermutung nahe, dass die Teilnehmenden in TP 1 eine einzelne Frage tatsächlich als eigenständige Lerneinheit erleben und daher die Option, den Test jederzeit abbrechen zu können, wahrnehmen. Für ihren Selbstregulationsprozess scheinen die Nutzenden das Gesamtfeedback nach der Testabgabe nicht zu benötigen, da sie die Auswertung der Fragen bereits erhalten haben.

Wird TP 1 näher betrachtet, so zeigen sich typische Abbruchstellen nach den Aufgaben 2, 4 und 12. Den Aufgaben kann hierbei ein bei der Testerstellung bestimmter Schwierigkeitsgrad zugeordnet werden (Müller & Sitzmann, 2019). Aufgabe 1 ist einfach und als Einstiegsfrage gedacht. Sie wird zu etwa 75 % bearbeitet. Aufgabe 2 ist deutlich schwieriger, aber, da es sich um eine Multiple Choice Aufgabe handelt, wird sie trotzdem zu 62 % beantwortet. Werden nun diejenigen selektiert, die nach dieser Frage abbrechen, so liegt der Anteil der Teilnehmenden, die diese Frage falsch beantwortet haben, bei 75 %. Bei denjenigen, die den Test fortsetzen, haben 63 % eine falsche Antwort gegeben. Tendenziell wird ein Test nach einer falschen Antwort also etwas häufiger abgebrochen als nach einer Richtigen. Anders stellt sich die Situation bei den Fragen 4 und 12 dar. Hier ist die Folgefrage jeweils eine schwierige Rechenaufgabe mit Freitextfeld. In diesen Fällen wird vor der schwierigen Frage die Entscheidung getroffen, ob der Test abgebrochen oder fortgesetzt wird.

### Nummer der letzten beantworteten Frage

Um zu überprüfen, wie intensiv ein Test bearbeitet wurde und ob es bestimmte Aufgaben gibt, nach denen sich ein Abbruch häuft, wird die Nummer der letzten beantworteten Frage untersucht. Es zeigt sich, dass die Entscheidung in TP 2 bereits nach wenigen Fragen getroffen wird, ob ein Testversuch abgebrochen wird oder eine Testabgabe erfolgt. Im Gegensatz dazu scheint die Entscheidung für eine Testabgabe in TP 1 erst am Ende getroffen zu werden: Wird die letzte, also 40. Frage bearbeitet, brechen bei TP 1 etwa 18% den Test noch ab, während dies nur bei etwa 8% in TP 2 der Fall ist.

### Mittlere Punktzahl in einem Testversuch

Um zu überprüfen, inwiefern sich der Kenntnisstand eines Testteilnehmenden auf die Abbruchquote auswirkt, wird die über alle beantworteten Fragen gemittelte Punktzahl (erreichte Gesamtpunktzahl/Anzahl beantworteter Fragen) in einem Testversuch bestimmt. Da für jede Aufgabe maximal 1 Punkt vergeben wird, haben alle Aufgaben das gleiche Gewicht. Die Schwierigkeit einer Aufgabe wird bei dieser Analyse nicht berücksichtigt. Die Mittelwerte der gemittelten Punktzahlen aus allen Testversuchen stimmen für beide Testphasen TP 1 und TP 2 überein. Sie liegen bei 0,6 Punkten für die beendeten und bei 0,35 Punkten für abgebrochene Tests. Ein Einfluss der Testeinstellung kann hier nicht festgestellt werden.



## 5. Fazit und Ausblick

Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen, dass die Abbruchquote mit Hilfe der Testeinstellung der direkten Überprüfung im MINTFIT-Physiktest nicht reduziert werden kann. Im Gegenteil, die Abbruchquote steigt von 74% bei einer Auswertung nach der Testabgabe auf 90% bei direkter Rückmeldung. Dies sowie die weiteren Untersuchungsergebnisse zur Testnutzung lassen sich im Kontext von Selbstregulationsprozessen der Testteilnehmenden erklären, die Untersuchung schließt andere Erklärungsmöglichkeiten aber nicht aus. Da die Lernempfehlung, die den weiteren Lernprozess mit dem Physik-Onlinekurs unterstützen soll, in das Gesamtfeedback nach der Testabgabe integriert ist, müssen die hier dargestellten Ergebnisse für den MINTFIT-Physiktest berücksichtigt werden. Allgemein gibt das Ergebnis einen Einblick in das Nutzendenverhalten und die zugehörigen Selbstregulationsprozesse bei einem freiwilligen Onlinetest. Die Auswertung der Daten aus TP 3 sowie zusätzliche Untersuchungen können das Verständnis zum Verhalten der Nutzenden weiter vertiefen.

### Acknowledgement

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

### Literatur

Baumgartner, P.; Bergner, I. (2016). Einige Feedback-Arten für Online-Lernen: Taxonomie und Realisierung von Feedback-Mustern für Multiple-Choice-Tests in Moodle. In Wachtler, J.; Ebner, M.; Gröblinger, O.; Kopp, M.; Bratengeyer, E.; Steinbacher, H.-P.; Freisleben-Teutscher, C.; Kapper, C. (Hrsg.) *Digitale Medien: Zusammenarbeit in der Bildung*. Münster: New York: Waxmann, S. 201-210.

Eom, S. (2019). The Effects of Student Motivation and Self-regulated Learning Strategies on Student's Perceived E-learning Outcomes and Satisfaction. *Journal of Higher Education Theory and Practice*, 19(7), S. 29-42.

Ferguson, R. (2012). Learning analytics: drivers, developments and challenges. *International Journal of Technology Enhanced Learning*, 4(5/6), S. 304-317.

Heublein, U.; Ebert, J.; Hutzsch, C.; Isleib, S.; König, R.; Richter, J.; Woisch, A. (2017). Zwischen Studiererwartungen und Studienwirklichkeit, Ursachen des Studienabbruchs, beruflicher Verbleib der Studienabbrecherinnen und Studienabbrecher und Entwicklung der Studienabbruchquote an deutschen Hochschulen, *Forum Hochschule*, 1|2017, DZHW, Hannover.

Müller, U. C.; Sitzmann, D. (2019). MINTFIT Physik: Onlineangebot zur Vorbereitung auf ein MINT-Studium. *PhyDid B – Didaktik Der Physik – Beiträge Zur DPG-Frühjahrstagung*. Abgerufen von <https://ojs.dpg-physik.de/index.php/phydid-b/article/view/979>

Schramm, T. (2015), MINT-Studium Hamburg – Eine konzertierte Aktion. Proc. 12. Workshop Mathematik für Ingenieure, HCU Hamburg 2015, Frege-Reihe Hochschule Wismar.

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

Zimmerman, B. J. (2000). Attaining self-regulation: A social cognitive perspective. In Boekaerts, M.; Pintrich, P. R.; Zeidner, M. (Hrsg.) *Handbook of self-regulation*. San Diego, CA: Academic Press, S. 13-41.

### Angaben zu den AutorInnen

#### Dr. Ute Carina Müller

Physikstudium und Promotion an den Universitäten Tübingen, Heidelberg und Bonn; Postdoc bei DESY, Hamburg; E-Learning Projekte an der Universität Hamburg, hierbei seit 2016 Mitarbeiterin bei MINTFIT Hamburg; seit 2021 Mitarbeiterin bei der Arbeitsstelle MINTFIT Hamburg (AMH) an der Technischen Universität Hamburg, Fachliche Leitung Tests/Kurse Schwerpunkte der bisherigen Tätigkeit: E-Learning-Projekte und Forschung zu Testverfahren, Hochenergie- und Beschleunigerphysik, Lehrtätigkeit

Die hier dargestellte Untersuchung wurde im Rahmen des Masterstudiengangs Higher Education an der Universität Hamburg durchgeführt.

# Der MINTFIT-Chemiekurs – Entwicklung und Nutzung

Dr. Sina Meiling  
Technische Universität Hamburg

## Zusammenfassung

Das Verbundprojekt MINTFIT Hamburg bietet als hochschulübergreifende Initiative kostenfrei nutzbare E-Learning Angebote in Mathematik, Physik, Chemie und Informatik an, mit denen Schüler:innen und Studieninteressierte ihr Wissen prüfen, wiederholen und Grundlagen auffrischen können, um sich gezielt auf ein MINT-Studium bzw. ein Studium mit MINT-Anteilen vorzubereiten.

Die Entwicklung des MINTFIT-Chemiekurses sowie der Aufbau der Lerneinheiten mit anschließender Überprüfung des Lernerfolgs mit Hilfe von Wissenstests auf der Online-Plattform [www.mintfit.hamburg](http://www.mintfit.hamburg) werden in diesem Paper beschrieben. Individuell auswählbare Exkurse, die es den Nutzenden ermöglichen sollen, Inhalte nach eigenem Interesse und Motivation zu bearbeiten und zu festigen sowie eine Zuordnung der Lerninhalte zu Kompetenzbereichen, um für die interdisziplinären Zusammenhänge der MINT-Inhalte zu sensibilisieren, werden als Kurselemente vorgestellt. Eine erste Analyse des Nutzenden- und Lernverhaltens wird gezeigt.

## 1. Die MINTFIT-Plattform

Die MINTFIT-Plattform, ein Angebot der Hamburger Hochschulen, bietet seit 2015 Onlinetests und -kurse für MINT-Studieninteressierte in Mathematik (Barbas und Schramm 2018), Physik (Müller und Sitzmann 2019), Chemie (Meiling et al. 2019) und Informatik (Barbas et al. 2020) an. Das Angebot deckt das an Hochschulen in den entsprechenden Haupt- und Nebenfächern vorausgesetzte Schulwissen ab, sodass sich Studieninteressierte vor Studienbeginn auf ein MINT-Studium bzw. ein Studium mit MINT-Anteilen vorbereiten können. Nutzende können auf der Plattform zunächst einen Test ablegen und bekommen so Hinweise auf eventuelle Wissenslücken, die anschließend mithilfe der angebotenen Onlinekurse gezielt geschlossen werden können.

Nach Veröffentlichung des MINTFIT-Chemietests 2019 sollte die Entwicklung eines daran angegliederten Chemie Onlinekurses das MINT-Angebot der Plattform erweitern. Dessen Entwicklungsprozess sowie dessen Aufbau sind im Folgenden beschrieben.

## 2. Der MINTFIT-Chemiekurs

Da es während des Entwicklungsprozesses des MINTFIT-Chemiekurses, anders als für Mathematik und Physik (Braun, Schröder 2014), keine einheitlich geltenden Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife im Fach Chemie gab,

sind die im Kurs abgedeckten Themenbereiche an die des MINTFIT-Chemietests angelehnt. Ausführliche Informationen zur Themenauswahl finden sich bei Meiling et al. (2019). Inzwischen veröffentlichte die KMK ein Standardwerk (KMK 2020), dessen Themenauswahl mit den Inhalten des entwickelten Kurses in Deckung gebracht werden kann. Ein Anspruch auf Vollständigkeit besteht aufgrund der diversen Zielgruppen des Projektes nicht. Ziel ist es, die Nutzenden auf ein Studium vorzubereiten und für eventuelle Schwierigkeiten im Studium zu sensibilisieren, um den hohen Abbruchraten entgegenzuwirken (Heublein 2014). Die Diversität des Vorwissens sollte ebenso berücksichtigt werden, wie die unterschiedliche Motivation der Nutzenden, sich mit den grundlegenden Inhalten zu beschäftigen. Durch die Zuordnung von Lerninhalten zu Kompetenzbereichen (Abschnitt 2) soll zudem auf wesentliche naturwissenschaftliche Kompetenzen hingewiesen werden. Wie in den anderen MINTFIT-Bereichen Mathematik, Physik und Informatik, ist auch der Chemiekurs ein an den Test angeschlossenes Angebot. Nach Durchführung des Onlinetests erhalten die Teilnehmenden Lernempfehlungen, um aufgedeckte Wissenslücken durch den Kurs gezielt zu schließen. Ein Einstieg ohne vorherigen Test ist ebenfalls möglich.

### Designelemente des MINTFIT Chemie-Onlinekurses

Die Implementierung der Kursinhalte erfolgte basierend auf dem Lernmanagementsystem Moodle (<https://moodle.org/>). Plugins sowie Eigenentwicklungen ermöglichten, den Kurs in Layout und Workflow zugänglicher für die Zielgruppe zu gestalten. Diese betrafen die folgenden Features und Elemente:

- Eine **Navigationsleiste** erlaubt den Nutzenden jederzeit einen Überblick über ihre aktuelle Kursposition sowie ein schnelles Navigieren durch den gesamten Kurs über alle Hierarchieebenen hinweg.

- Eine **Suchfunktion** ermöglicht das gezielte Auffinden von beliebigen Begriffen im gesamten Kurs.
- Einen Überblick aller Hauptthemen bietet die Startseite. An den jeweiligen Themenkomplexen ist die Anzahl der darin zu bearbeitenden Kursseiten und Tests sowie der aktuelle **Bearbeitungsstand** zu erkennen.
- **Aufklappbare Zusatzelemente** (Exkurse) erweitern die Grundlagen um vertiefende Inhalte und interessante Nebenthemen. Auf diese Weise können interessierte Lernende nach Bedarf Themen in verschiedenen Tiefengraden behandeln, während Lernende, für die das Thema neu ist, nicht überfordert werden. Exkurse sind farblich entsprechend ihrer Kompetenzbereiche markiert.
- In Übungsaufgaben werden die Musterlösungen durch **verdeckte Elemente** präsentiert, sodass eine Kontrolle der eigenen Lösung möglich ist.
- Ein **Glossar** fasst die wichtigsten Begriffe zusammen. Diese sind zusätzlich im Text als Link hinterlegt, sodass sich beim MouseOver auf den Begriff eine kurze Erklärung in einem Overlay zeigt.
- Nach Bearbeitung des Kurses bzw. nach Abschluss einzelner Kursteile können sich Kursteilnehmende eine **Teilnahmebescheinigung** generieren lassen, die den Lernerfolg aufgeschlüsselt über die einzelnen Themengebiete zeigt.

Inhaltlich genutzte Elemente des MINTFIT-Chemiekurses sind:

- Zu Beginn eines jeden Themenkomplexes wird ein kurzer **Überblick** über das Kapitel gegeben.
- **Einführungsfragen** sollen Nutzende gezielt an die Bearbeitung eines Kapitels heranzuführen.
- Wichtige **Maßeinheiten** werden zu Beginn des Kapitels vorgestellt.
- **Beispiele und Beispielrechnungen** ergänzen, wo immer möglich, die Theorie.

- Zur Überprüfung des eigenen Lernerfolgs werden an vielen Stellen **Übungsaufgaben** platziert, die den Inhalt des Abschnitts resümieren.
- Jedes Kapitel wird durch einen **Zwischentest** im multiple-choice-Format abgeschlossen.
- Am Ende jeden Abschnitts erfolgt eine **Zusammenfassung** in Stichpunkten.

#### Darstellung von Inhalten durch ihre Zuordnung zu Kompetenzbereichen

Für einen erfolgreichen Studienstart ist z.B. die Befähigung Regeln und Gesetzmäßigkeiten zu erkennen, interdisziplinäre Zusammenhänge zu verstehen und naturwissenschaftliche Basiskonzepte auf andere Inhalte transferieren zu können von nachhaltiger Bedeutung. Für die Entwicklung des MINTFIT-Chemieangebots wurden fünf Kompetenzbereiche festgelegt, auf deren Basis eine Einteilung wichtiger ergänzender und weiterführender Inhalte erfolgte. Diese sind:

- Funktionales Wissen in der Chemie
- Naturwissenschaftliche Basiskonzepte in der Chemie
- Quantitative Betrachtung chemischer Phänomene
- Struktur-Eigenschaftsbeziehungen
- Verständnis von Naturwissenschaftstheorie

Diese Kompetenzbereiche stellen keinerlei Abstufung von Fähigkeiten und Fertigkeiten dar, sie dienen lediglich dazu, über naturwissenschaftliche Fähigkeiten des Nutzenden Aufschluss geben zu können. Ausführliche Informationen dazu finden sich bei Meiling et al. (2019).

#### Inhalte des MINTFIT-Chemiekurses

In diesem Abschnitt werden die einzelnen Themengebiete des MINTFIT-Chemiekurses kurz erläutert.

- 1.) **Einführung zum MINTFIT-Chemiekurs:** Im Eingangskapitel wird die Struktur des Kurses erläutert sowie Aspekte der gesellschaftlichen Relevanz dargestellt und über mögliche Berufschancen informiert.
- 2.) **Aufbau der Materie:** Dieses Kapitel stellt alle grundlegenden Definitionen und Regeln der allgemeinen Chemie vor, die die Basis für das tiefere Verständnis von strukturellen Merkmalen und der wechselseitigen Beeinflussung von Teilchen bis hin zum Ablauf komplexer Reaktionen bilden. Vom Teilchenaufbau, ihrer Ordnung nach bestimmten Eigenschaften bis zu ihrer mathematischen Beschreibung werden wichtige Grundlagen zum Verständnis des gesamten Kurses geschaffen.
- 3.) **Zustandsformen:** Verschiedene Erscheinungsformen von Stoffen sowie deren Umwandlungen in andere Phasen werden beschrieben, in dem die Nutzenden die Aggregatzustände und den Einfluss bestimmter Faktoren wie Temperatur und Druck auf die Zustände eines Stoffes kennenlernen.
- 4.) **Chemische Reaktionen:** Wechselwirkungen von Elementen mit sich selbst bzw. mit anderen Elementen sind Hauptthema des Kapitels. Es wird erläutert, welche Voraussetzungen erfüllt sein müssen, damit diese stattfinden können, und wie sich durch eine chemische Reaktion nicht nur die chemischen Eigenschaften von Stoffen, sondern auch deren chemische Energie verändert. Nutzende lernen verschiedene Arten von Reaktionen kennen, aus welcher Triebkraft heraus sie ablaufen und anhand welcher Gesetzmäßigkeiten sie als chemische Gleichungen beschrieben werden können.

- 5.) **Organische Moleküle:** Dieser Bereich beschäftigt sich mit dem Aufbau, der systematischen Klassifizierung sowie mit den typischen Reaktionsmechanismen organischer Moleküle. Wichtige Struktur-Eigenschaftsbeziehungen werden verdeutlicht.
- 6.) **Biomoleküle und Polymere:** Die enorme Wirkungsvielfalt organischer Moleküle in verschiedensten Bereichen der Biologie, Chemie und Medizin wird thematisiert, indem die wichtigsten Stoffklassen des Lebens sowie die der künstlich hergestellten Polymere vorgestellt und deren Funktionen und Bedeutung für die Medizin herausgestellt werden.
- 7.) **Glossar**

Die einzelnen Themengebiete sind so konzipiert, dass sie in der Wissensherleitung aufeinander aufbauen. Bei schon vorhandenen Grundlagenkenntnissen kann prinzipiell jedoch auch jedes Kapitel für sich bearbeitet werden.

### 3. Nutzungsanalyse

Seit Veröffentlichung des MINTFIT-Chemiekurses im September 2021 wurden Nutzendendaten unter Beachtung geltender Datenschutzrichtlinien gesammelt und zu Analyse Zwecken ausgewertet.

Abbildung 1 zeigt die Anzahl registrierter Teilnehmender pro Monat. Über die ersten 19 Monate erreichte der Kurs durchschnittlich ca. 150 registrierte aktive Nutzende pro Monat, insgesamt haben sich in diesem Zeitraum ca. 3000 Teilnehmende für den Kurs registriert.

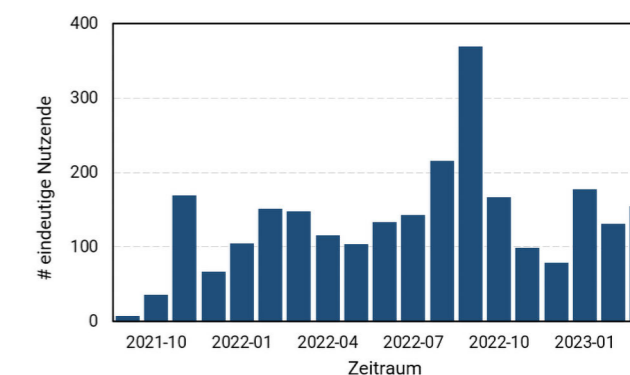
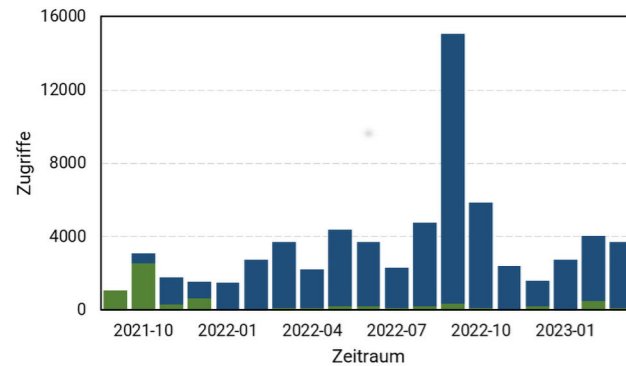


Abb. 1: Anzahl eindeutiger Besucherinnen des MINTFIT-Chemiekurses pro Monat.

Die Anzahl der registrierten Nutzenden zeigt einen deutlichen Peak im September 2022, was vermuten lässt, dass der MINTFIT-Chemiekurs speziell für die Vorbereitung auf ein Studium intensiv genutzt wird. Der Beginn des Wintersemesters an deutschen und speziell Hamburger Hochschulen zeigt sich auch allgemein im gesamten MINTFIT-Angebot anhand einer deutlichen Steigerung der Zugriffszahlen gegenüber anderen Monaten (Sitzmann et al. 2018, 2020). Zudem wird bei MINT-Studienanfänger:innen über die Zulassungsmail das Angebot durch die MINTFIT Kooperationspartner beworben. Lediglich im Februar/März ist ebenfalls ein periodischer Peak in den Nutzenden- und Zugriffszahlen zu erkennen, der sich sowohl durch den Studienstart zum Sommersemester, mehr wohl aber durch die Abiturvorbereitungen deuten lässt.

Auf der MINTFIT-Plattform gibt es sowohl die Möglichkeit Tests und Kurse anonym als auch durch Registrierung mit einem Nutzendenaccount zu bearbeiten, wobei dann die Ergebnisse und Bearbeitungsstände für fortlaufende Bearbeitungen

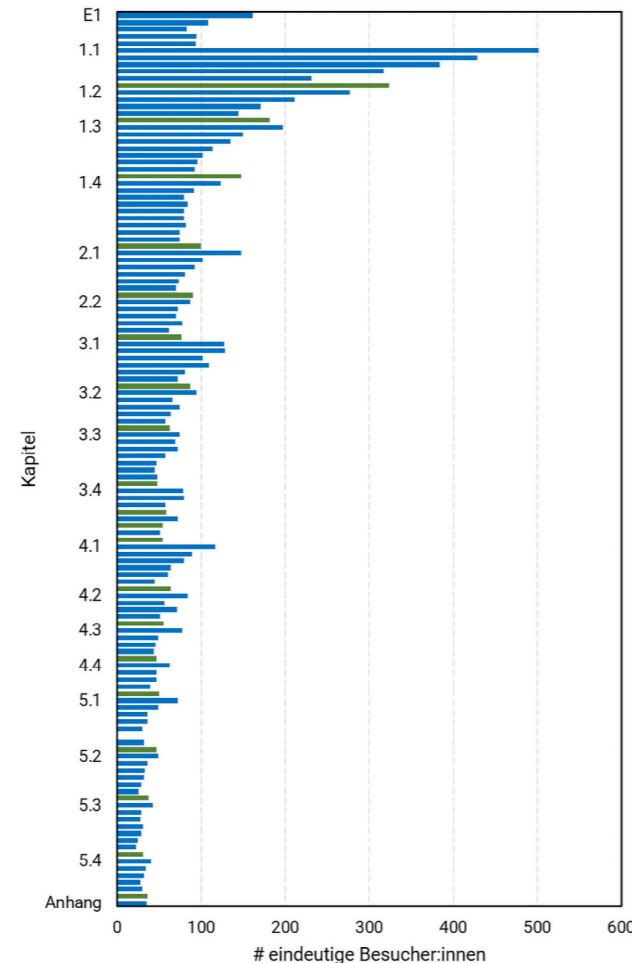


**Abb. 2:** Anzahl der Zugriffe durch anonyme (grün) sowie durch registrierte Teilnehmende (blau) auf den MINTFIT-Chemiekurs pro Monat.

gespeichert werden. Abbildung 2 zeigt die registrierten Zugriffszahlen (Pageviews) solcher anonymen (grün) bzw. registrierter Nutzenden (blau) auf den MINTFIT-Chemiekurs pro Monat.

Erfreulich ist, dass sehr schnell nach Erscheinen des Onlinekurses die meisten Nutzenden einen registrierten Account erworben haben und an das Angebot gebunden werden konnten. Der Anteil der Zugriffe durch nicht registrierter Gastnutzer:innen fällt nach wenigen Monaten auf unter 5 %. Die Zugriffszahlen korrelieren mit der in Abbildung 1 dargestellten Anzahl neu registrierter Nutzer:innen, sodass auch hier ein deutlicher Peak im Monat September zu erkennen ist.

Des Weiteren wurde untersucht, welche Abschnitte des Kurses am häufigsten von registrierten Teilnehmenden besucht wurden (Abbildung 3). Dabei wurden die Teilnehmendenzahlen (eindeutige Besucher:innen) bis zur Ebene Unterlektion



**Abb. 3:** Anzahl eindeutiger Besucher:innen pro Kapiteleinheit. Informationsseiten sind blau, Testseiten in grün markiert. Jeder Balken entspricht einer einzelnen Kurseinheit, die entlang der y-Achse gelistet sind.

(Bsp. 1.1.1, 2.2.3) erhoben. Blaue Balken der Grafik stellen dabei die Lernkapitel dar, in denen der Lerninhalt vermittelt und in Übungen gefestigt wird, grüne Balken markieren Testabschnitte, z.B. besuchten 502 eindeutige Nutzer:innen den Kapitelabschnitt 1.1.1, 118 Nutzende schlossen das dazugehörige Abschlussquizz 1.1.6 ab.

Abbildung 3 zeigt, dass obwohl es durch den idealerweise vorher absolvierten MINTFIT-Chemietest (mit fast 4000 Teilnahmen in 2022) eine Lernempfehlung für bestimmte Kurskapitel gibt, die meisten Nutzenden doch das erste Kapitel bearbeiten und vermutlich damit starten. So werden die ersten zwei Grundlagenkapitel (1.1 Der Atomaufbau und 1.2 Die Elemente und das Periodensystem) überdurchschnittlich oft bearbeitet, wohingegen die späteren Themengebiete weniger stark besucht sind. Dieser Effekt lässt sich auch bei anderen MINTFIT-Angeboten beobachten (Barbas et al. 2022). Dabei werden die vorangestellten Einführungskapitel (z.B. Wie dieser Kurs funktioniert) ebenfalls nur durchschnittlich genutzt. Auffällig ist zudem, dass jedes Einführungskapitel in einen größeren Themenkomplex (z.B. 1.1, 2.1, ...) häufiger bearbeitet wird, als deren Unterkapitel (z.B. 1.2, 1.3, ...). Im sehr umfangreichen ersten Themenkomplex (Aufbau der Materie) können durchschnittlich 3-4x mehr eindeutige Teilnehmende erfasst werden, als in den restlichen Kapiteln. Es ist nicht ersichtlich, dass bestimmte Themen zu einer erhöhten Absprungrate führen, wenngleich das letzte Kursthema (Biomoleküle und Polymere) eher unterdurchschnittlich bearbeitet wird. Dies könnte damit erklärt werden, dass Biomoleküle nur für einen kleinen Kreis an Studienbeginner:innen innerhalb des ersten Semesters von Bedeutung sind und diese für die meisten erst als Spezialisierung im fortschreitenden Studienverlauf relevant werden. Wurden jedoch die ersten drei Unterkapitel (1.1 – 1.3) vollständig bearbeitet, wurden auch die weiteren

Kapitel von nahezu allen Teilnehmenden (mit Ausnahme des Themenbereichs Biomoleküle und Polymere) abgeschlossen. Es ist anzunehmen, dass sowohl die knapp bemessene Zeit vor dem Studienstart als auch abnehmende Motivation und nicht die Themenwahl dazu führt, dass nicht der komplette Kurs bearbeitet wird.

#### 4. Ausblick

Bis dato konnten seit Veröffentlichung im September 2021 Daten von etwa 3000 Kursnutzenden gesammelt und ausgewertet werden, die Grundlage für weitere Untersuchungen und daraus resultierende Weiterentwicklungen bieten. Ziel ist es, den MINTFIT-Chemiekurs für Nutzende noch attraktiver und das Bearbeiten noch effektiver zu gestalten, um die relativ hohe Abbruchquoten nach den ersten Kapiteln zu reduzieren. Dazu könnten folgende Punkte beitragen:

- motivierende Elemente innerhalb des Kurses und speziell an Übergängen
- stärkere Bindung der Nutzenden an den Kurs durch intelligente Lernbegleitung
- Erinnerungsmails, wenn Nutzende nach gewisser Zeit abwesend waren

Als Ergebnis einer Wirksamkeitsanalyse (Müller et al. 2023) sollen die Teilnehmenden zukünftig abhängig von ihrer Motivation, Vorbildung oder den zeitlichen Rahmenbedingungen durch ein automatisiertes Tool eine individualisierte Lernbegleitung erhalten und durch Lernpläne, Lernpfade, eine Betreuung per E-Mail und weiteren Elemente unterstützt werden. So kann die große Heterogenität der Nutzenden berücksichtigt werden.

## 5. Fazit

Der MINTFIT-Chemiekurs wurde im Herbst 2021 veröffentlicht und wird seitdem mit bisher etwa 3000 Nutzenden sehr gut angenommen. Mit Hilfe von Exkursen, Übungsaufgaben und Abschlussquizzes geht der Kurs über die ausschließliche Vermittlung schulischer Grundlagen hinaus. Für die Zukunft ist eine individuelle Lernbegleitung geplant, um die Teilnehmenden in ihrem Lernprozess gezielter zu unterstützen.

### Acknowledgement

MINTFIT Hamburg ist ein Verbundprojekt der Hamburger MINT-Hochschulen HafenCity Universität Hamburg (HCU), Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg (HAW), Technische Universität Hamburg (TUHH), Universitätsklinikum Eppendorf (UKE) sowie der Universität Hamburg (UHH) und wird gefördert von der Hamburger Behörde für Wissenschaft, Forschung, Gleichstellung und Bezirke (BWF-GB).

### Literatur

Barbas, H.; Bender, E.; Hamann, F.; Sitzmann, D. & Soll, M. (2020): Fertigkeiten erkennen und Interesse für Informatik wecken: Der Informatiktest von MINTFIT Hamburg. In: Zender, R., Ifenthaler, D., Leonhardt, T. & Schumacher, C. (Hrsg.), DELFI 2020 – Die 18. Fachtagung Bildungstechnologien der Gesellschaft für Informatik e.V. Bonn: Gesellschaft für Informatik e.V., S. 313-318.

Barbas, H.; Schramm, T. (2018): The Hamburg Online Math Test MINTFIT for Prospective Students of STEM Degree Programs. MSOR Connections, Vol 16 (3), S. 43 - 51.

Barbas, H.; Soll, M.; Andersen, J.; Bender, E.; Hamann, F.; Haus-  
termann, M.; Sitzmann, D. (2022): The MINTFIT Computer Science Online Course. IEEE German Education Conference 2022 (GeCon).

Braun I.; Schröder, J. et al. (2014): cosh cooperation Schule:Hochschule – Mindestanforderungskatalog Mathematik (Version 2.0), [https://lehrerfortbildung-bw.de/u\\_matnatech/mathematik/bs/bk/cosh/katalog/index.html](https://lehrerfortbildung-bw.de/u_matnatech/mathematik/bs/bk/cosh/katalog/index.html)

Heublein, U. (2014): „Student drop-out from german higher education institutions“, European Journal of Education, vol. 49, 497-513.

KMK (2020): Bildungsstandards im Fach Chemie für die Allgemeine Hochschulreife, [https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2020/2020\\_06\\_18-BildungsstandardsAHR\\_Chemie.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2020/2020_06_18-BildungsstandardsAHR_Chemie.pdf)

KMK(2020):BildungsstandardsimFachPhysikfürdieAllgemeine Hochschulreife, [https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2020/2020\\_06\\_18-BildungsstandardsAHR\\_Physik.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2020/2020_06_18-BildungsstandardsAHR_Physik.pdf)

Meiling, S.; Kubick, N.; Eggers, R.; Sitzmann, D. (2019): MINTFIT: Chemie-Online-Test und -Kurs zur MINT-Studienvorbereitung am Übergang Schule-Hochschule. 4. Symposium zur Hochschullehre in den MINT-Fächern, TH Nürnberg, September 2019. Tagungsband S. 286-293.

Müller, U.C.; Barbas, H.; Huelmann, M.; Großmann, J. (2023): Learning Analytics im Projekt MINTFIT Hamburg. In: Tagungsband der JFMH-Tagung 2022, In: Buchreihe Blickpunkt Hochschuldidaktik.

Müller, U.C.; Sitzmann, D. (2019): MINTFIT Physik: Onlineangebot zur Vorbereitung auf ein MINT-Studium. In: Beiträge der DPG-Frühjahrstagung, Aachen, S. 287 - 290.

Müller, U.C.; Sitzmann, D. (2019): MINTFIT Physics Online Diagnostic Test and E-Learning Course for Preparation of Freshmen in STEM. Conference in Physics Teaching in Engineering Education, PTEE2019, Delft, Mai 2019.

Sitzmann, D. (2020): Fit ins Studium mit MINTFIT Hamburg – Unterstützungsangebote für ein erfolgreiches MINT-Studium und zur Senkung der Studienabbruchquote, In „So gelingt E-Learning – Reader zum Higher Education Summit 2019; Studienergebnisse und Praxisberichte zum Einsatz von E-Learning an deutschsprachigen Hochschulen“, Herausgeber: Stephan Kahmann, Prof. Dr. Stefan Ludwigs, Pearson, München.

Sitzmann, D.; Müller, U.C.; Hieke, F. (2018): MINTFIT Hamburg – Online-Selbsteinschätzungstests und E-Learning-Kurse in Mathematik und Physik für ein erfolgreiches MINT-Studium. Jahrestagung der „Gesellschaft für Medien in der Wissenschaft e.V.“ (GMW18) und „E-Learning NRW“ 2018, (ELEARN. NRW), 09/2018, Waxman Verlag.

### Angaben zu den AutorInnen

#### Dr. Sina Meiling

Diplombiochemikerin, Doktor der Naturwissenschaften in Biochemie, Postdoc und Lehrtätigkeiten am Biotechnologisch-Biomedizinischen Zentrum Leipzig, sowie am Institut für Biochemie und Molekularbiologie der Universität Hamburg, Leitung des Schülerlabors „Molecules & Schools“ der Universität Hamburg, MINT-Vorbereitungskurse, Aufbau eines Online Chemie-Angebots an UHH und TUHH für MINTFIT Hamburg, sowie Product-Owner-Tätigkeit zur Entwicklung einer Lernplattform für die Hamburg Open Online University (HOOU).

## Lernzuwachsanalyse zum mathematischen Vorkurs

Jonas Gleichmann, Hans Kubitschke, Jörg Schnauß  
Universität Leipzig, Institut für Didaktik der Physik

### Zusammenfassung

An der Universität Leipzig findet für die Studienanfänger:innen in physikgeprägten Studiengängen ein mathematischer Vorkurs statt. In diesem werden die wesentlichen Grundlagen aus der Schule, welche für das Studium wichtig sind, wiederholt und vertieft. Gleichzeitig werden bundesländerspezifische Lehrplanunterschiede adressiert. Zur Weiterentwicklung des Kurses erfolgte im Wintersemester 2022/2023 eine Beforschung. Mittels einer Leistungsstanderhebung vor und nach dem Vorkurs konnte der Lernzuwachs durch den Vorkurs untersucht werden. Hierbei wurde ein signifikanter Lernzuwachs durch den Vorkurs nachgewiesen. Dieser wird durch die Wissensreaktivierung von vorhandenem Wissen aus der Schule begünstigt.

### 1. Der Vorkurs der Fakultät für Physik und Geowissenschaften an der Universität Leipzig

Mathematische Vorkurse werden mittlerweile an vielen Fakultäten mit MINT-Studiengängen angeboten (Kallweit 2018). So findet auch seit über 30 Jahren an der Universität Leipzig ein mathematischer Vorkurs für die physikgeprägten Studiengänge statt. An dem aktuell einwöchigen Kurs nehmen etwa 50 % der Studienanfänger:innen aus den Studiengängen B. Sc. Physik, B. Sc. Meteorologie und dem Lehramt Physik teil. Der Kurs ist in Vorlesungen und anschließende Übungen unterteilt. In den Vorlesungen werden die theoretischen Grundlagen zu den mathematischen Inhalten behandelt und erste Beispiele aus der Physik betrachtet. In den Übungen liegt der Fokus auf der Anwendung von Rechentechniken an mathematischen und physikalischen Beispielen. Hierfür werden die Übungsgruppen anhand ihres Studiengangs separiert, um den ersten Austausch unter den Studierenden zu begünstigen und individuelles Üben zu ermöglichen. Die angehenden Studierenden sollen dabei die theoretischen Grundlagen und behandelten Rechenmethoden anwenden. Zur weiteren Förderung des Fähigkeitenerwerbs und der Wiederholung werden in den Übungen verschiedene Sozialformen, wie Gruppenarbeit und Partnerarbeit, angeboten, um die gestellten Aufgaben zu bearbeiten. Inhaltlich orientiert sich der Vorkurs entsprechend der Empfehlung der Konferenz der Fachbereiche Physik an den Lehrplänen des Mathematikunterrichts (Konferenz der

Fachbereiche Physik 2011). Im Vorkurs wurden die folgenden Themen behandelt: Grundlagen der Arithmetik, Exponential- und Logarithmengesetze, Geometrie, Trigonometrie, Vektorrechnung, Funktionen und deren Eigenschaften, Funktionstypen, Differenzialrechnung und Integration. So können zum einen Lehrplanunterschiede bzw. nicht behandelte Themen adressiert, zum anderen die Fähigkeiten aus der Schule reaktiviert werden.

Um den Kurs kontinuierlich weiterzuentwickeln haben wir diesen im Wintersemester 2022/2023 in einer Pre-Post-Testung beforst.

### 2. Methode

Die Leistungsstände der Teilnehmenden wurden zu Beginn des Vorkurses sowie eine Woche nach dem Vorkurs erfasst. Die Studierenden wurden hierbei auf eine freiwillige, anonyme Teilnahme hingewiesen, sowie das die Testergebnisse für Forschungszwecke verwendet werden. Der Test zur Erfassung der mathematischen Fähigkeiten wurde am großen Studieneingangstest Physik von 1978 (Krause und Reiners-Logothetidou 1981) orientiert (siehe Abb. 1). Entgegen dem Studieneingangstest wurden Themenbereiche wie Logik, komplexe Zahlen oder Gruppentheorie nicht abgefragt. Dies lässt sich mit der Empfehlung der Konferenz der Fachbereiche Physik (Konferenz der Fachbereiche Physik 2011) begründen, da diese Themen als nicht voraussetzbar gelten. Thematisch haben wir den Test durch ein Item zu den Logarithmengesetzen ergänzt. Die Inhalte der Testung wurden alle während des Vorkurses behandelt. Dabei deckt der Test alle Hauptinhalte des Vorkurses ab. Lediglich kleinere Themen, wie beispielsweise Sätze aus der Geometrie, kamen nicht vor. Die Items besitzen

a) Ermitteln Sie, für welche  $x \in \mathbb{R}$  die Gleichung  $4 = \ln(x) - \ln(2)$  gilt.

b) Berechnen Sie die Lösung des Integrals  $\int_{-1}^1 (2 \cdot x^2 - 2x + 1) dx$ .

c) Es sind die Vektoren  $\vec{a} = \begin{pmatrix} 1 \\ -1 \\ 3 \end{pmatrix}$  und  $\vec{b} = \begin{pmatrix} 2 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}$  gegeben.

Berechnen Sie das Skalarprodukt  $(\vec{a} \cdot \vec{b})$  und das Vektorprodukt  $(\vec{a} \times \vec{b})$ .

#### Abb. 1: Ausgewählte Items aus dem Posttest

ein offenes Antwortformat, wodurch eine differenzierte Auswertung möglich war. Um ein vergleichbares Ergebnis zu erzielen, wurden in beiden Testungen die gleichen Operationen abgefragt, aber die Zahlen und Funktionen ersetzt. Vor der Studie wurden die Tests mehreren Lehrkräften vorgelegt und anhand derer Kritikpunkte angepasst. Daraus resultierten eindeutigeren Formulierungen der Aufgabenstellungen und eine Einteilung der Achsen für die Skizzierung von Graphen.

Die Bewertung der Studierendenlösungen fand anhand eines Kodierungsmanuals statt. Dabei wurden zwei Punkte für eine komplett richtige Antwort, ein Punkt für eine teilweise richtige Lösung und null Punkte für eine falsche Lösung vergeben. Für die Verteilung der Punkte haben wir vor allem betrachtet, ob die in dem Item untersuchte Fähigkeit vorhanden war. So wurde bei der Bildung des Vektorprodukts, falls genau der negative Vektor berechnet wurde, ein Punkt vergeben. Die Studierenden hatten keine Zeitbeschränkung zur Bearbeitung. Aus diesem Grund findet keine Unterscheidung zwischen falschen Antworten und nicht beantworteten Items statt. Zur Bestimmung der Interrater-Reliabilität wurde zunächst ein Zehntel der Tests von zwei unabhängigen Personen bewertet. Eine

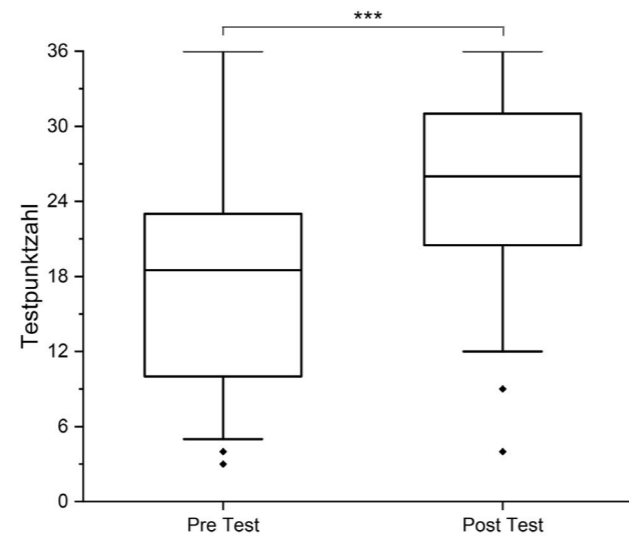
hohe Übereinstimmung der Bewertungen zeigte sich anhand des Kappa Cohens Wert von  $\kappa=0,99$  (Cohen 1960). Durch die Übereinstimmung wurde das Kodierungsmanual als geeignet angenommen. Die Testung bestand aus 18 Items, woraus sich eine maximale Punktzahl von 36 ergab.

Mit der Testung wurde die Fähigkeit der Studierenden Rechenaufgaben zu lösen erfasst. Dies ermöglicht Aussagen zu den Fähigkeiten und auch deren Zuwachs während des Vorkurses, aber nicht welcher Teil des Vorkurses den Zuwachs beeinflusst.

### 3. Ergebnisse und Diskussion

Für die Auswertung wurden nur Personen betrachtet, welche an beiden Testungen teilnahmen ( $N=56$ ). Dies entspricht 81% der Vorkursteilnehmenden. Die Studierenden, welche nicht an der zweiten Testung teilgenommen haben, zeigten in der ersten Testung gegenüber den zweimaligen Teilnehmenden vergleichbare Leistungen. Somit unterscheiden sich die betrachteten Studierenden nicht wesentlich von den anderen Vorkursteilnehmenden und sind repräsentativ. Anhand eines Anonymisierungscode war eine Zuordnung unter Wahrung der Anonymität der Teilnehmenden möglich.

Die gemessenen Daten sind nicht normalverteilt, weshalb sie als Boxplot mit Median und Antennen bei 5% und 95% dargestellt werden (siehe Abb. 2). Es zeigt sich ein signifikanter Unterschied zwischen Pre- und Posttest. Dies wird anhand der Veränderung des Medians von 18,5 zu 26 deutlich, aber ebenso an der Breite der Konfidenzintervalle. Im Pretest lag dieses zwischen 10 und 23 Punkten, wogegen es im Posttest im Bereich von 20 bis 31 Punkten war. Der Vorkurs trägt damit mindestens kurzfristig zu einer signifikanten Steigerung der



**Abb. 2: Darstellung der Ergebnisse des Pre- und Posttests zum Vorkurs 2022/23 an der Fakultät für Physik und Geowissenschaften der Universität Leipzig. Der Unterschied der Testungen ist signifikant ( $p < 0.001$ ). Die Signifikanz wurde mit einem Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test geprüft.**

mathematischen Fähigkeiten der angehenden Studierenden bei. Über langfristige Effekte kann in dieser Studie noch keine Aussage gefällt werden.

Die Vergleichbarkeit der erzielten Ergebnisse mit anderen Forschungen zu mathematischen Vorkursen ist nicht trivial. Dies liegt sowohl an den unterschiedlichen inhaltlichen Gestaltungen der Vorkurse als auch an dem nicht identischen Einsatz der Tests. So sind vergleichende Aussagen nur bedingt verwertbar.

Eine Möglichkeit zur Einordnung des Ergebnisses ist der Hake-Index (Hake 1998) als Maß für den Lernzuwachs durch den Vorkurs. Für die Testungen ergibt sich hier ein Hake-Index von  $h=0,40$ . Dieser Wert liegt deutlich höher als für traditionelle Lehrveranstaltungen mit  $h \approx 0,2$  (Coletta et al. 2007). Der hohe Wert für den Vorkurs wird dadurch begünstigt, dass nicht nur neue Fähigkeiten vermittelt wurden. Ein Teil der Fertigkeiten wurde durch den Vorkurs reaktiviert und ist bereits in der Schule gelehrt worden. Die aktuelle Untersuchung unterscheidet dabei nicht zwischen der Reaktivierung und dem neuen Fähigkeitenerwerb.

In einer Pre-Post-Studie der Dualen Hochschule Baden-Württemberg Mannheim, erzielten die Teilnehmenden des Vorkurses in der ersten Testung einen ähnlichen Wert von etwa der Hälfte der erreichbaren Punktzahl (Derr et al. 2015). In der Posttestung der Studie von Derr et al. lag die durchschnittliche Punktzahl bei 55%, wogegen diese in unserer Testung bei 70% ermittelt wurde. Da die Studie keine Inhalte des Vorkurses oder den Test auflistet, ist ein Vergleich jedoch nur eingeschränkt möglich. Die Steigerung der mathematischen Fähigkeiten durch Vorkurse, ist neben dieser ausgewählten Untersuchung auch in über 90% der Vorkursuntersuchungen festgestellt worden (Berndt et al. 2021).

Es zeigt sich allgemein ein positiver Effekt durch mathematische Vorkurse, welchen wir in unserer Untersuchung im speziellen nachweisen konnten. Ausgehend von diesem Ergebnis wollen wir zukünftig den Vorkurs auf eine Dauer von zwei Wochen erweitern. So können die Inhalte weiter vertieft und ein besserer Übergang von Schule zur Hochschule ermöglicht werden. Dies ist besonders in physik-geprägten Studiengängen mit traditionell hohen Abbrecherquoten von großer Bedeutung. Durch den Ausbau können vor allem die Inhalte intensiver aufgegriffen werden, welche in der Pre-Post-Studie

eine kleinere Verbesserung zeigten als andere. Dies betrifft insbesondere die Bereiche Logarithmen, Trigonometrie und Extremstellen. In weiteren Untersuchungen müssen die erhobenen Daten und daraus resultierende Aussagen weiter fundiert und durch genauere Analysen bestätigt werden. Dabei sollten mögliche Subgruppen, bezüglich ihres Lernzuwachses, identifiziert und auch eine Unterscheidung zwischen Lernzuwachs und reaktiviertem Wissen erfolgen. Die Umsetzung in zukünftigen Testungen kann mittels der Erfassung von weiteren demografischen Daten und der Abfrage, ob die Themen in der Schule bereits behandelten wurden, erfolgen.

#### Literatur

Berndt, Sarah; Felix, Annika; Anacker, Judit (2021): Die Wirkungen von MINT-Vorkursen – ein systematischer Literaturreview. Hg. v. Zeitschrift für Hochschulentwicklung. Online verfügbar unter <https://zfhe.at/index.php/zfhe/article/view/1468>.

Cohen, Jacob (1960): A Coefficient of Agreement for Nominal Scales. In: Educational and Psychological Measurement 20 (1), S. 37-46. DOI: 10.1177/001316446002000104.

Coletta, Vincent P.; Phillips, Jeffrey A.; Steinert, Jeffrey J. (2007): Interpreting force concept inventory scores: Normalized gain and SAT scores. In: Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res. 3 (1). DOI: 10.1103/PhysRevSTPER.3.010106.

Hake, Richard R. (1998): Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. In: American Journal of Physics 66 (1), S. 64-74. DOI: 10.1119/1.18809.

Konferenz der Fachbereiche Physik (2011): Empfehlung der Konferenz der Fachbereiche Physik zum Umgang mit den Mathematikkenntnissen von Studienanfängern der Physik. Online verfügbar unter <https://www.kfp-physik.de/dokument/KFP-Empfehlung-Mathematikkenntnisse.pdf>, zuletzt aktualisiert am 28.02.2012.

Krause, Friedrich; Reiners-Logothetidou, Anastasia (1981): Der Bundesweite Studieneingangstest Physik 1978. Zusammenfassung der Ergebnisse. In: Schriftenreihe Hochschule, 38.

Derr, K., Hübl, R., & Podgayetskaya, T. (2015). Formative Evaluation und Datenanalysen als Basis zur schrittweisen Optimierung eines Online-Vorkurses Mathematik. In N. Nistor & S. Schirlitz (Hrsg.), Medien in der Wissenschaft: Bd. 68. Digitale Medien und Interdisziplinarität. Herausforderungen, Erfahrungen, Perspektiven (S. 186-196). Waxmann.

Kallweit, M., Dehling, H., & Härterich, J. (2018). Einsatz von mathematischen Vorkursen. Vortrag im Rahmen der 43. Plenarversammlung der Konferenz der Mathematischen Fachbereiche. [http://kmathf.math.uni-bielefeld.de/plenum/Einsatz\\_von\\_mathematischen\\_Vorkursen.pdf](http://kmathf.math.uni-bielefeld.de/plenum/Einsatz_von_mathematischen_Vorkursen.pdf). Zugegriffen: 24.04.2023

#### **Angaben zu den AutorInnen**

##### **Jonas Gleichmann**

Studium Lehramt für Physik und Mathematik, seit 2022 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Didaktik der Physik an der Universität Leipzig und Doktorand

##### **Dr. rer. nat. Hans Kubitschke**

Seit 2013 wiss. Mitarbeiter an der Uni Leipzig im Bereich Biophysik und Didaktik der Physik

##### **PD Dr. Jörg Schnauß**

Institutsdirektor der Didaktik der Physik, forscht zur Studieneingangsphase in der Physik, Einsatz von Digitalisierung im Studium, Biophysik und STACK-Aufgaben





## LEHREN UND PRÜFEN NEU GEDACHT – Auf dem Weg zu einer studierenden- zentrierten Lernkultur

# Sind Studierende die besseren Dozierenden? Wie Mathematiklehramtsstudierende den Inverted Classroom mitgestalten können



Regula Krapf  
Universität Bonn

## Zusammenfassung

Seit dem Sommersemester 2022 wird an der Universität Bonn das Modul „eLearning-Praktikum“ als Wahlpflichtveranstaltung für Mathematiklehramtsstudierende angeboten. Im Sommersemester 2022 haben die Teilnehmenden des eLearning-Praktikums unter Betreuung der Autorin interaktive Videos, digitale Aufgaben und Lernmodule konzipiert und erstellt, welche seit dem Wintersemester 2022/23 im Erstsemester-Pflichtmodul „Grundzüge der Mathematik I“ für die Selbststudienphase eines Inverted Classroom Formats eingesetzt werden – ganz nach dem Motto „Lehre von Studierenden für Studierende“. Doch können Lehramtsstudierende nicht auch bei der Durchführung von Präsenzveranstaltungen mitwirken, beispielsweise durch die Erstellung und Moderation von Peer Instruction Aufgaben? Neben Erfahrungen aus dem eLearning-Praktikum und der Durchführung des Inverted Classroom diskutieren wir auch Ideen, wie Studierende im Rahmen von Praktikumsmodulen stärker in die Präsenzlehre eingebunden werden können.

## 1. Einleitung und theoretischer Hintergrund

Klassische Mathematikvorlesungen verlaufen üblicherweise immer nach demselben Schema: Ein:e Dozent:in schreibt abwechselnd Definitionen, Sätze und Beweise an die Tafel und die Studierenden halten die Formeln in ihren Notizen fest (Dreyfus, 1991). Dabei bleibt oft wenig Raum für Interaktionen (Yoon et al., 2011), insbesondere auch deswegen, weil viele Studierende primär mit Abschreiben beschäftigt sind (Freitag, 2020). Um diesem Szenario zu entkommen, kann die Vorlesung als Inverted Classroom gestaltet werden. Die Idee dabei ist, dass die eigentliche Wissensvermittlung ins Selbststudium verlagert wird, beispielsweise indem die Studierenden aufgefordert werden, zur Vorbereitung Videos zu schauen, um Zeit für aktive Lerngelegenheiten in der Vorlesung zu gewinnen (Bergmann & Sams, 2014). So kann der Frontalunterricht durch studierendenzentrierte Lehre ersetzt werden. Die meisten Umsetzungen des Inverted Classroom Formats haben allerdings eines gemeinsam: Die Materialien fürs Selbststudium werden fast immer von Dozierenden erstellt (Talley & Smith, 2018). Doch wieso eigentlich? Hier besteht ein bisher kaum ausgeschöpftes Potential an konstruktiven Lerngelegenheiten (Chi, 2009) durch das Kreieren von Lernmaterialien durch Studierende – eine Aktivität, deren Effektivität fürs Lernen durch die Meta-Studie von Ribosa und Duran (2022) bestätigt wird. Insbesondere die Erstellung audio-visueller Lernmittel erfordert oft eine Übersetzung text-basierter Wissensquellen in andere Repräsentationsformen, insbesondere

visueller und verbaler Natur (Ribosa & Duran, 2022) und wird damit mit einer erhöhten Transferleistung und Sinnstiftung verbunden (Jablonski et al., 2015).

Motiviert durch diese Befunde wurde an der Universität Bonn ein neues Modul für Mathematiklehramtsstudierende eingeführt: das eLearning-Praktikum. In diesem Modul generieren Studierende digitale Lernmaterialien wie Videos, Aufgaben oder Lernmodule. Kommen die Produkte – wie im vorliegenden Fall – auch tatsächlich in der Lehre zum Einsatz, so kann dies die Motivation sowohl derjenigen, die die Materialien erstellen (Pirhonen & Rasi, 2016) als auch derjenigen, die damit lernen (Vasilchenko et al., 2020) erhöhen. Im zweiten Fall wird dies darauf zurückgeführt, dass bei dieser asynchronen Form von Peer Teaching (Talley & Smith, 2018) Studierende als Role Model eine Vorbildfunktion übernehmen können (Colvin, 2015). Doch auch bei der Nutzung von durch Studierende erstellten Videos gilt es zu berücksichtigen, dass Lernende beim Videoschauen oft passiv bleiben; so schreiben Bersch et al. (2020): „Videos sind Frontalunterricht mit minimaler Interaktion“. Die Kritik lässt sich entkräften, wenn man das Videoschauen mit aktiven und konstruktiven Lernhandlungen, wie dem Anfertigen von Notizen, Lösen von eingebauten Fragen oder Zusammenfassen, verknüpft (Findeisen et al., 2019).

Dieser Beitrag dokumentiert die erstmalige Durchführung einer Vorlesung im Inverted Classroom, deren Materialien, insbesondere Videos mit integrierten Aufgaben, teilweise im Rahmen eines eLearning-Praktikums entstanden sind. Dabei soll die Konzeption beider Lehrveranstaltungen in den Blick genommen, durch Beispiele illustriert und Reaktionen der Teilnehmenden vorgestellt werden. Außerdem sollen forschungsbasierte Anregungen zur Weiterentwicklung studierendenzentrierter Lehre gegeben werden.

## 2. Das eLearning-Praktikum

### Rahmenbedingungen

Das eLearning-Praktikum ist ein Wahlpflichtmodul (6 ECTS-Punkte) für Studierende im Lehramt Mathematik (Bachelor), üblicherweise ab dem vierten Semester, an der Universität Bonn. Ziel der Durchführung im Sommersemester 2022 war, digitale Materialien für die Vorlesung „Rechen- und Argumentationstechniken“ (RAT), einer Teilvorlesung des Pflichtmoduls „Grundzüge der Mathematik I“ im ersten Semester des Lehramtsstudiums, zu erstellen. Diese Vorlesung wurde anschließend im Wintersemester 2022/23 als Inverted Classroom durchgeführt und die Ergebnisse des eLearning-Praktikums wurden im Selbststudium eingesetzt. Die Teilnehmenden des eLearning-Praktikums erhielten die Aufgabe, jeweils ein Lernmodul zu einem der Themen Logik und Mengenlehre, Relationen und Funktionen oder Kombinatorik zu erstellen. Als Basis für die Lernmodule wurde von der Dozentin vorab ein Lückenskript bereitgestellt, d.h. ein Skript, in welchem Definitionen und Sätze bereits ausgeführt waren, aber Lücken für Beweise und Beispiele gelassen wurden. Die Lücken im Skript wurden dann in interaktiven Videos handschriftlich gefüllt. Der Leistungsnachweis erfolgte in der Form eines digitalen Portfolios sowie eines Abschlussberichts, in welchem die eigene Tätigkeit reflektiert werden sollte.

### Ziele des eLearning-Praktikums

Das Erstellen von digitalen Lernmaterialien stellt eine konstruktive Lernaktivität dar (Chi, 2009), welche folgende Ziele verfolgt:

- **Erhöhtes Verständnis:** Das Erstellen von digitalen Lernmaterialien kann das Verständnis der aufbereiteten Inhalte erhöhen, insbesondere, wenn eine eigenständige Verarbeitung des inhaltlichen Materials erfolgt und verschiedene Repräsentationsformen eingesetzt werden (Ribosa & Duran, 2022).
- **Kommunikation:** Die Studierenden üben insbesondere durch die Erstellung von Videos den Umgang mit der mathematischen Fachsprache und verbessern somit ihre kommunikativen Skills (Coppola & Pontrello, 2020).
- **Medienkompetenz:** Die Studierenden lernen, geeignete digitale Tools einzusetzen, wie Audio- und Videotechnik, Software (z.B. Videoschnitt, Bildschirmaufzeichnung, h5p) und Learning Management Systeme.
- **Kreativität:** Die Entwicklung digitaler Lernmaterialien erfordert Kreativität, beispielsweise beim Generieren eigener Beispiele (Talley & Smith, 2018).

### Gestaltung der Lernmodule

Der Kernbestandteil der Lernmodule waren interaktive Videos. Für deren Gestaltung wurden zwei Medien eingesetzt: Insbesondere für kurze Videos wurde ein Lightboard, eine mit LEDs beleuchtete Glastafel, verwendet. Lightboards haben den Vorteil, dass Vortragende hinter der Tafel stehen und so, anders als bei einer herkömmlichen Tafel, das Publikum direkt anschauen können, ohne dabei Geschriebenes zu verdecken. So können Zuschauende immer der Blickrichtung

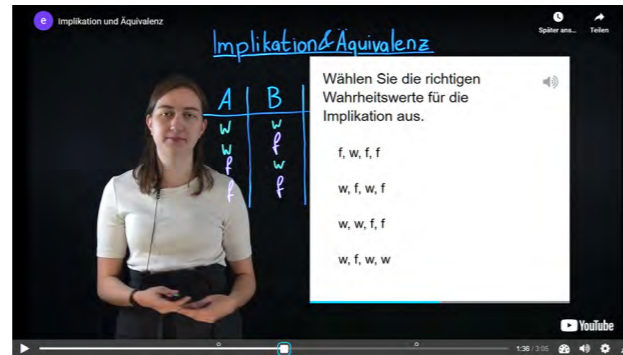


Abb. 1: Beispiel eines interaktiven Lightboardvideos.

des/der Sprecherin folgen und den Blickkontakt aufrechterhalten, was den Lerneffekt erhöhen kann (Mayer et al., 2020). Längere Videos wurden hingegen als Screencasts durch die Aufzeichnung eines Tabletbildschirms umgesetzt. Die Vor- und Nachteile verschiedener Videotypen wurden im Praktikum thematisiert. In Anbetracht der Erkenntnis von Guo et al. (2014), dass kürzere Videos öfters komplett geschaut werden und die Wahrscheinlichkeit, nach dem Videoschauen Aufgaben zu bearbeiten, bei kurzen Videos höher ist, wurde darauf geachtet, in jedem Video nur einen Begriff, Satz, Beweis oder Beispiel zu präsentieren. Vor der Aufnahme wurde jeweils ein Mustertafelbild erstellt und mit der Dozentin abgesprochen. Die Studierenden übernahmen auch die Postproduktion der Videos und bauten in alle Videos mit der Software h5p Fragen ein. Solche Aufgaben sollten im Idealfall maximal 1-2 Minuten in Anspruch nehmen und können beispielsweise Wissen auffrischen, nach dem nächsten Beweisschritt fragen, eine kurze Rechnung beinhalten oder Sätze auf konkrete Beispiele anwenden (Krapf, 2023).

### 3. Der Inverted Classroom

Im Folgenden beschreiben wir die Durchführung des Inverted Classroom in der Vorlesung RAT im Wintersemester 2022/23.

#### Umsetzung

Im Selbststudium bearbeiteten die Studierenden die Lernmodule aus dem eLearning-Praktikum sowie weitere, durch die Dozentin erstellte, Lernmodule. Parallel zum Videoschauen wurden die Studierenden aufgefordert, die Lücken in ihrer Kopie des Lückenskripts zu füllen. Die Verlagerung der Wissensvermittlung ins Selbststudium schafft genau das, was vielen Dozierenden notorisch fehlt: Zeit. In klassischen Vorlesungen fühlen sich manche Dozierende unter Zeitdruck, in kurzer Zeit möglichst viel Stoff zu behandeln (Harris & Pampaka, 2016). Die gewonnene Zeit wurde in der Vorlesung RAT für aktive Lernaktivitäten genutzt:

- **Klärung von Fragen:** Studierende konnten Fragen entweder vorab auf der Lernplattform oder direkt in der Vorlesung stellen.
- **Gruppenarbeit:** Jede Woche wurde ein Präsenzblatt mit Präsenzaufgaben bearbeitet; oftmals wurden Lösungsansätze in Gruppenarbeit gesucht und die Aufgabe im Anschluss im Plenum besprochen.
- **Methodische Inputs:** Die Vorlesungszeit kann auch genutzt werden, um Studierende an Arbeitsweisen der Hochschulmathematik heranzuführen, beispielsweise durch die explizite Behandlung der Themenfelder Lesen und Schreiben von Beweisen oder die Wahl geeigneter Beweismethoden und Problemlösestrategien; dies wurde aufbauend auf früheren Erfahrungen der Dozentin (Krapf, 2022) implementiert.

Bringen Sie die Beweisschritte in die richtige Reihenfolge, um

$$M \cap (N \cup P) = (M \cap N) \cup (M \cap P)$$

zu beweisen.

$\Leftrightarrow x \in M \cap N \vee x \in M \cap P$

$\Leftrightarrow x \in M \wedge x \in N \cup P$

$\Leftrightarrow (x \in M \wedge x \in N) \vee (x \in M \wedge x \in P)$

$\Leftrightarrow x \in M \wedge (x \in N \vee x \in P)$

$x \in M \cap (N \cup P)$

$\Leftrightarrow x \in (M \cap N) \cup (M \cap P)$

Auswerten

Abb. 2: Digitale Aufgabe zum Beweisen auf eCampus.

Die Videos wurden durch die Studierenden um die Definitionen und Sätze aus dem Skript sowie Übungsaufgaben angereichert und als Lernmodule auf der ILIAS-basierten Lernplattform eCampus bereitgestellt. Die Aufgaben wurden beispielsweise in den Formaten Lückentext, Multiple Choice, An- oder Zuordnung und Accordeon, d.h. zum schrittweisen Aufklappen der Lösung, umgesetzt. Abb. 2 zeigt exemplarisch eine Aufgabe, bei der die Beweisschritte in die richtige Reihenfolge gebracht werden müssen. Vor der Veröffentlichung der Lernmodule erfolgte eine Qualitätskontrolle und Nachjustierung durch die Dozentin.

Abb. 3: Ergebnis einer PI-Aufgabe nach dem zweiten Voting.



- **Peer Instruction (PI):** PI ist eine von Mazur (1997) entwickelte Lehrmethode, bei der eine verständnisorientierte Single oder Multiple Choice Aufgabe zunächst in Einzelarbeit bearbeitet wird, worauf eine erste (digitale) Abstimmung erfolgt. Liegt der Anteil korrekter Antworten zwischen 30% und 70%, so findet im Anschluss eine Peer Discussion statt, bei der die Studierenden ihre Kommiliton:innen von ihrer gewählten Option überzeugen sollen, gefolgt von einer zweiten Abstimmung. Im Idealfall setzt sich dann die korrekte Antwort durch.

Zusätzlich war eine Übung an die Vorlesung gekoppelt, in welcher die Studierenden ein wöchentliches Übungsblatt bearbeiten sollten.

Die Einbindung von Studierenden in die Lehre muss sich keineswegs auf die Materialkonzeption beschränken. Beispielsweise erstellte eine Lehramtsstudentin im Rahmen

ihrer Abschlussarbeit PI-Aufgaben zum Thema Kombinatorik, welche in der Vorlesung pilotiert wurden. Dabei moderierte die Studentin auch die Bearbeitung der Aufgaben in der Vorlesung. Abb. 3 zeigt das Ergebnis des zweiten Votings einer PI-Aufgabe.

Am Ende des Semesters wurde in der Vorlesung RAT eine Evaluation unter 39 Teilnehmenden durchgeführt. Dabei gaben 94% der Studierenden an, dass sie die Nutzung von durch Studierende erstellten Videos befürworteten und 71,8% der Befragten wünschte sich noch mehr solche Videos. Eine mögliche Interpretation besteht darin, dass Studierende in höheren Semestern in den Videos eine Vorbildrolle einnehmen (Colvin, 2015) und die Motivation der Lernenden erhöhen können (Vasilchenko et al., 2020). Außerdem bevorzugten 51,3% der Studierenden Lightboard-Videos gegenüber Screencasts und fast alle anderen (46,2%) hatten keine Präferenz.

In den Antworten auf Freitextfragen nach positiven und negativen Aspekten wurden die Vorzüge der Lightboard-Videos hervorgehoben: „Wenn Personen von vorne zu sehen sind, hilft es mir den Fokus zu behalten“ und „Anschreiben am Lightboard ist sehr anschaulich“. Auch die Interaktivität der Videos wurde betont: „Die Fragen in den Videos sind sehr hilfreich und fordern bzw. fördern aktives Mitdenken“. Die Segmentierung der Inhalte in kurze Videos fand ebenfalls Anklang: „Mir gefällt sehr, dass in jedem Video nur ein Problem/Beispiel bearbeitet wird und nicht mehr“. Die Erklärweise wurde von einigen positiv beurteilt: „Man kann den Gedankenaspekt Schritt für Schritt in einer guten Geschwindigkeit nachvollziehen“, während andere die Videos zu kleinschrittig empfanden: „Manchmal etwas sehr langsam, quasi „zu verständlich“ erklärt“. Insgesamt wurde die Gestaltung der Lernmodule von den meisten Studierenden sehr positiv bewertet.

#### 4. Ausblick: Vorlesungen von Studierenden für Studierende?

Möchte man diese Bestrebungen weiterführen, so drängt sich folgende Frage auf: Wieso werden eigentlich alle Vorlesungen ausschließlich von Dozierenden gehalten? Insbesondere Lehramtsstudierende könnten davon profitieren, selbst einmal eine Moderationsrolle in einer Vorlesung zu übernehmen. Während die Durchführung von Übungen durch Tutorierende in der Mathematik längst gängige Praxis ist, werden Vorlesungen weiterhin fast ausnahmslos von Dozierenden gehalten. Im Folgenden sollen Möglichkeiten aufgezeigt werden, wie Studierende eine aktive Rolle in der Gestaltung der Vorlesung einnehmen können:

- **Moderation einzelner Vorlesungsblöcke:** Wie bereits im Fall von PI-Aufgaben getestet, können Studierende (beispielsweise im Rahmen eines Praktikums) einzelne Vorlesungsblöcke wie PI-Aufgaben, methodische Inputs oder Präsenzaufgaben, die sie zuvor eigenständig vorbereitet haben, moderieren.
- **Klärung von Fragen bei der Gruppenarbeit:** Bearbeiten Studierende in einer Großveranstaltung Aufgaben in Gruppen, so kann die Dozentin nicht gleichzeitig mit allen Studierenden ins Gespräch kommen. Hier bietet es sich an, Studierende in höheren Semestern einzubinden, die Fragen klären und Hinweise geben können. Dies wurde von der Autorin bereits in Vorkursen umgesetzt (Krapf & Schneider, 2023).
- **Studierende als „Prosumer“:** In unserem Fall wurden die Lernmaterialien von Studierenden in höheren Semestern produziert. Es ist aber durchaus vorstellbar, dass auch Studierende Materialien erstellen, die in derselben Lehrveranstaltung zum Einsatz kommen, sodass Lernende gleichzeitig eine Rolle als „Producer“ und „Consumer“ (kurz „Prosumer“) einnehmen können (Vasilchenko et al., 2020).
- **Peer Review:** Bisher wurden die Materialien im eLearning-Praktikum primär durch die Dozentin begutachtet. Alternativ können Studierende ihre Lernmaterialien, insbesondere im Planungsprozess, im Sinne eines Peer Review gegenseitig evaluieren oder kollaborativ erstellen, was den Lerneffekt erhöhen kann (Ribosa & Duran, 2022). Peer Review kann auch im Übungsbetrieb eingesetzt werden.

Es gilt allerdings auch Vorsicht zu bewahren: Eine Qualitätssicherung kann nicht allein durch Studierende übernommen werden, da so oft Fehler übersehen werden (Vasilchenko et al., 2020). Außerdem sollten Studierende, die in einer Vorlesung mitwirken, vorher geschult werden, genau wie dies bei Tutorierenden in der Regel der Fall ist. Mitwirkende in Vorlesungen

sollten zudem immer entweder über einen Hilfskraftvertrag verfügen oder im Rahmen ihrer Tätigkeit ECTS-Punkte erwerben können (z.B. im Rahmen von Praktika).

Plädiert dieser Beitrag für die Abschaffung von Dozierenden? Keineswegs; vielmehr sollen hier Wege aufgezeigt werden, wie man die Rolle von Dozierenden neu denken und wie die Verantwortung für die Lehre umverteilt werden kann. Dozierende übernehmen statt einer reinen Instruktorrolle die Aufgabe, von Studierenden getroffene pädagogische Entscheidungen zu überprüfen und zu bewerten (Coppola & Pontrello, 2020) sowie situativ ins Unterrichtsgeschehen einzugreifen und natürlich auch weiterhin bei der Wissensvermittlung mitzuwirken. Dies setzt die Bereitschaft voraus, einen Teil der Verantwortung und Kontrolle abzugeben, was allerdings vielen Dozierenden schwerfällt (Ahn & Class, 2011). Mit diesem Artikel wollen wir einen Denkanstoß geben, wieso sich ein Umdenken lohnen kann.

#### Literatur

Ahn, R., & Class, M.V. (2011). Student-Centered Pedagogy: Co-Construction of Knowledge through Student-Generated Midterm Exams. *The International Journal of Teaching and Learning in Higher Education*, 23(2), 269-281.

Bergmann, J. & Sams, A. (2014). *Flipped learning: Gateway to student engagement*. Eugene, Oregon, USA: International Society for Technology in Education.

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.

Chi, M. (2009). Active – constructive – interactive: A conceptual framework for differentiating learning activities. *Topics in Cognitive Science*, 1(1), 73-105.

Colvin, J. W. (2015). Peer mentoring and tutoring in higher education. In M. Li & Y. Zhao (Hrsg.), *Exploring learning & teaching in higher education* (S. 207-229). Berlin, Heidelberg: Springer.

Coppola, B.P., Pontrello, J.K. (2020). Student-Generated Instructional Materials. In: Mintzes, J.J., Walter, E.M. (Hrsg.), *Active Learning in College Science* (S. 385-407). Cham: Springer.

Dreyfus, T. (1991). Advanced mathematical thinking processes. In: D. Tall (Hrsg.), *Advanced mathematical thinking* (S. 25-41). Dordrecht: Kluwer.

Findeisen, S., Horn, S. & Seifried, J. (2019). Lernen durch Videos – Empirische Befunde zur Gestaltung von Erklärvideos. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis Der Medienbildung (Occasional Papers)*, 16-36.

Freitag, M. A. (2020). Note-taking practices of students in college mathematics. *International Journal of Research in Undergraduate Mathematics Education*, 6(1), 65-89.

Guo, P. J., Kim, J. & Rubin, R. (2014). How video production affects student engagement: An empirical study of MOOC videos. In *Proceedings of the first ACM conference on Learning @ scale conference* (S. 41-50).

Harris, D. & Pampaka, M. (2016). 'They [the lecturers] have to get through a certain amount in an hour': First year students' problems with service mathematics lectures. *Teaching Mathematics and its Applications: An International Journal of the IMA*, 35(3), 144-158.

Jablonski, D., Hoban, G. F., Ransom, H. S. & Ward, K. S. (2015). Exploring the use of "slowmotion" as a pedagogical alternative in science teaching and learning. *Pacific-Asian Education* 27(1), 5-20.

Krapf, R. (2022). Die Koblenzer Methodenblätter - Ein Einstieg in wissenschaftliche Arbeitsweisen in der Hochschulmathematik für Lehramtsstudierende. In: Isaev, V., Eichler, A., Loose, F. (Hrsg.), *Professionsorientierte Fachwissenschaft. Konzepte und Studien zur Hochschuldidaktik und Lehrerbildung Mathematik*. Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg, 2022.

Krapf, R. (2023). Wie können Mathematikvideos aktivierend gestaltet werden? In: J. Härterich, M. Kallweit, K. Rolka & T. Skill (Hrsg.), *Hanse-Kolloquium zur Hochschuldidaktik der Mathematik 2021* (S. 123-137). WTM-Verlag, Münster, 2023.

Krapf, R. & Schneider, F. (2023). Konzeption und Wirkung eines Vorkurses zur Einführung in die Hochschulmathematik unter Einbezug aktivierender Lehrmethoden. In: Hochmuth, R., Biehler, R., Liebendörfer, M., Schaper, N. (Hrsg.), *Unterstützungsmaßnahmen in mathematikbezogenen Studiengängen. Konzepte und Studien zur Hochschuldidaktik und Lehrerbildung Mathematik*. Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg, 2023.

Lundin, M., Bergviken Rensfeldt, A., Hillman, T., Lantz-Andersson, A. & Peterson, L. (2018). Higher education dominance and siloed knowledge: a systematic review of flipped classroom research. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 15(20), 1-30.

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.

Mazur, E. (1997). Peer Instruction: Getting students to think in class. In E. F. Redish & J. S. Rigden (Hrsg.), *The Changing Role of Physics Departments in Modern Universities* (S. 981-988). AIP Conference Proceedings.

Pirhonen, J. & Rasi, P. (2016). Student-generated instructional videos facilitate learning through positive emotions. *Journal of Biological Education*, 51(3), 215-227.

Ribosa, J. & Duran, D. (2022). Do students learn what they teach when generating teaching materials for others? A meta-analysis through the lens of learning by teaching. *Educational Research Review*, 37, 1-16.

Ribosa, J. & Duran, D. (2023). Students' feelings of social presence when creating learning-by-teaching educational videos for a potential audience. *International Journal of Educational Research*, 117.

Talley, K. G. & Smith, S. (2018). Asynchronous peer-to-peer learning: Putting student projects to work in future classes. *Advances in Engineering Education*, 6(3), 1-25.

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.

Yoon, C., Kensington-Miller, B., Sneddon, J. & Bartholomew, H. (2011). It's not the done thing: Social norms governing students' passive behaviour in undergraduate mathematics lectures. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 42(8), 1107-1122.

#### Angaben zu den AutorInnen

##### Regula Krapf

Studium der Mathematik an der Universität Zürich und Promotion in mathematischer Logik an der Universität Bonn, danach wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Universität Koblenz-Landau und seit 2021 akademische Rätin an der Universität Bonn mit Schwerpunkt in der Lehre und Forschung im Bereich der Hochschulmathematikdidaktik.

## Ein spielebasierter Ansatz zur Verbesserung von Inverted Classroom Präsenzveranstaltungen

Alexander Kröner, Barbara Meissner, Alexander Monz, Christine Niebler, Felix Streitferdt, Technische Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm

### Zusammenfassung

In Lehrveranstaltungen, die Präsenz- und Distanzlehre im Sinne der Inverted Classroom Methode mischen, lässt sich beobachten, dass Studierende die Präsenzveranstaltungen nicht konsequent annehmen: Studierende gehen früher, kommen nicht, bearbeiten Aufgaben nur oberflächlich oder gar nicht. Als direkte Konsequenz gelingt der Lehransatz bei diesen Studierenden nur bedingt. Wir haben uns als fachübergreifende Learning Community zum Thema „Inverted Classroom“ zum Ziel gesetzt, diesem Phänomen mit einem Maßnahmenkatalog für Lehrende zu begegnen. Um den Maßnahmenkatalog zu entwickeln, wurden anhand von Erkenntnissen aus dem Bereich des Gesellschaftsspieldesigns motivationale Faktoren identifiziert, die die Teilnahme an der Präsenzveranstaltung beeinflussen könnten. Hieraus wurden Maßnahmen abgeleitet, die teilweise bereits in Fächern der Elektrotechnik und der Mathematik umgesetzt wurden. Der Artikel fasst die bisherigen Aktivitäten und Ergebnisse der Gruppe zusammen und stellt den Maßnahmenkatalog vor.

### 1. Lehrmethode Inverted Classroom

Die Lehrmethode Inverted Classroom (IC) kehrt die traditionelle Lernreihenfolge um. Den Studierenden wird im Vorfeld einer Veranstaltung Lernmaterial zur Verfügung gestellt, mittels dessen sie sich eigenständig Inhalte erarbeiten. In der Präsenzveranstaltung werden Problembereiche des erarbeiteten Stoffes näher betrachtet und die Studierenden erhalten weiteres Lernmaterial zur Vertiefung und Übung (Flipped Learning Network 2023).

Inverted Classroom wird an der Technischen Hochschule Nürnberg schon länger an verschiedenen Fakultäten umgesetzt. Allerdings zeigt sich, dass die Studierenden nach der Corona-Pandemie in immer geringerem Maße an Präsenzveranstaltungen teilnehmen. Hierdurch wird die Wirksamkeit der Methode geschwächt, da deren Mehrwert auch in der gemeinsamen Analyse und Diskussion in der Präsenzveranstaltung zu sehen ist (Strelan, Osborne & Palmer 2020). Weiterhin führt die geringe Teilnahme an Präsenzveranstaltungen dazu, dass wichtige soziale Kompetenzen wie Teamarbeit, Netzwerkbildung und Kommunikationsfähigkeit nicht im angestrebten Maße gefördert werden können.

Es stellt sich die Frage, wie Studierende zu einer stärkeren Teilnahme an IC-Präsenzveranstaltungen motiviert werden können. Um hierfür einen Maßnahmenkatalog zu entwickeln, wurden zunächst mittels einer Umfrage unter Studierenden Gründe für die geringe Teilnahme identifiziert. Anschließend wurde auf eine Innovationsmethode zurückgegriffen, um gemeinsam mit Studierenden Maßnahmen zu entwickeln. Diese wurden im Anschluss teilweise weiter ausdifferenziert und getestet. In diesem Beitrag wird der bisherige Prozess dargestellt, sowie der Maßnahmenkatalog vorgestellt.

## 2. Bedeutung der Präsenzphase

Die IC-Präsenzphase hat eine entscheidende Rolle für den Erfolg der Methode (Strelan, Osborne & Palmer 2020). Die vier zentralen Erfolgsfaktoren für Inverted Classroom (Synonym: Flipped Classroom), die das Flipped Learning Network (2023) als The Four Pillars of F-L-I-P™ veröffentlicht hat, umfassen alle auch Faktoren, die die Gestaltung der Präsenzphase aufgreifen: Eine flexible Lernumgebung soll Interaktion und Gruppenarbeit ermöglichen, durch Lernenden-Zentrierung sollen vertiefte Lernprozesse initiiert werden, die Lerninhalte sollen bewusst ausgewählt und gezielt der Distanz- bzw. Präsenzphase zugeordnet werden und die Lehrperson soll in Kontakt zu den Studierenden stehen und regelmäßig Feedback geben.

In mathematischen und technischen Fächern kann die Präsenzphase dazu dienen, dass Studierende geeignete Lern- und Problemlösestrategien entwickeln. Ince (2018) unterscheidet hier zwischen Novice Problem Solvers, die versuchen, mit Hilfe mathematischer Zusammenhänge ein fachliches Problem zu lösen, und Expert Problem Solvers, die zunächst das Problem umreißen, tiefergehende Konzepte identifizieren, einen Lösungsplan entwickeln und umsetzen, und schlussendlich

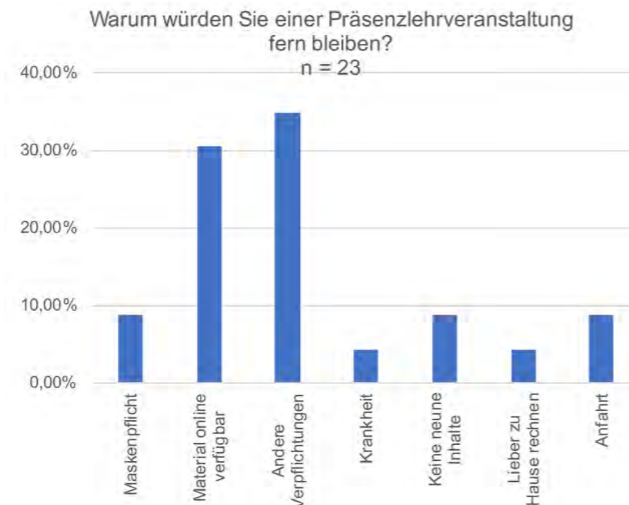


Abb. 1: Notenverteilung im Fach „International Financial Management“.

das Ergebnis überprüfen. Die IC-Präsenzphase bietet einen geeigneten Rahmen, um die erforderlichen vertieften Lernprozesse anzustoßen, die es Studierenden ermöglichen, sich dieses differenzierte Vorgehen bewusst zu machen und zu erlernen.

Jedoch beobachten Lehrende verschiedener Disziplinen, dass dieser Mehrwert der Präsenzphase von Studierenden gerade in der Studieneingangsphase oft nicht wahrgenommen wird. Anhand einer Auswertung im Fach „International Financial Management“ konnte ein statistisch signifikanter Einfluss des Besuchs der Präsenzveranstaltungen auf den Klausurerfolg der Studierenden nachgewiesen werden. So betrug die Durchschnittsnote der 16 regelmäßigen Teilnehmer\*innen

2,21, während die 40 der Präsenzveranstaltung fern gebliebenen Studierenden nur eine Durchschnittsnote von 3,47 erzielten (siehe Abb. 1).<sup>1</sup>

Auch wenn es für dieses Ergebnis andere Gründe als die reine Teilnahme an der Präsenzveranstaltung geben kann (z. B. adverse Selektion uninteressierter Studierender), so gibt die Beobachtung doch einen Hinweis, dass die Teilnahme an den Präsenzveranstaltungen für den Kompetenzerwerb der Studierenden hilfreich sein könnte.

## 3. Entwicklung von Maßnahmen zur Steigerung der Teilnahmequote

### 3.1. Gründe für eine geringe Präsenz

Um Gründe für die geringe Teilnahme an IC-Präsenzveranstaltungen zu ermitteln, wurde Ende des Sommersemester 2022 eine offene Umfrage unter den Studierenden der IC-Veranstaltungen „International Financial Management“ und „Finance, Investment & Capital Budgeting“ im 6. bzw. 4. Semester des Studiengangs International Business gemacht. Deren verdichtete Ergebnisse sind Abbildung 2 zu entnehmen.

<sup>1</sup> Ein t-Test ergab eine Signifikanz der Mittelwertunterschiede auf einem 1%igen Konfidenzniveau. Cohens d betrug 0,84. Diese statistische Signifikanz konnte ebenfalls auf Basis der Verteilung der erzielten Punkte nachgewiesen werden. Sowohl in der Grundgesamtheit als auch in den einzelnen Stichproben konnte auf Basis eines 5%igen Kolmogorov-Smirnov Tests die Normalverteilungshypothese nicht abgelehnt werden.

Die Rückmeldungen der Studierenden zeigen, dass neben anderen Verpflichtungen vor allem die leichte Materialverfügbarkeit zur Vorbereitung als wesentlicher Grund für die geringe Präsenzteilnahme genannt wird. Insgesamt ergibt sich aus den Antworten, dass die Studierenden den Eindruck haben, die reine Arbeit mit dem online zur Verfügung gestellten Material sei ausreichend und der Nutzen der Präsenzveranstaltung kompensiere nicht für den Aufwand des Veranstaltungsbesuchs durch zum Beispiel eine lange Anfahrt oder die Überschneidung mit anderen Terminen.

### 3.2. Maßnahmen zur Verbesserung der Präsenzveranstaltungen

Sailer & Sailer (2021) beobachten, dass spielerische Elemente in IC-Szenarien die Motivation der Anwesenden fördern können. Zur Erarbeitung entsprechender Lösungen für die Präsenzphase eines IC nutzten wir als Gruppe aus Lehrenden, Studierenden und Mitarbeitenden eine Methode aus dem EMPAMOS-Projekt (Voit, 2023), in dem tausende Spiele hinsichtlich Motivationskomponenten untersucht wurden, um zu ermitteln, welche dieser Komponenten in erfolgreichen Spielen wie zusammenwirken. Aus dieser Analyse wurden „Mis-Fits“ definiert, mit denen beschrieben werden kann, wieso ein Spiel nicht gern gespielt wird. Außerdem wurden spezifische Spielelemente gesammelt, die dazu beitragen, dass ein Spiel gern gespielt wird. Das Prinzip hinter der Innovationsmethode besteht darin, eine Problemstellung (z. B. fehlende Präsenzteilnahme) durch einen Wechsel in die Sprache der Spiele zu beschreiben und zu analysieren und die auf diese Weise gewonnenen Lösungsideen in die ursprüngliche Fachsprache (in unserem Fall in pädagogisch-didaktische Formulierungen) zurück zu „übersetzen“.

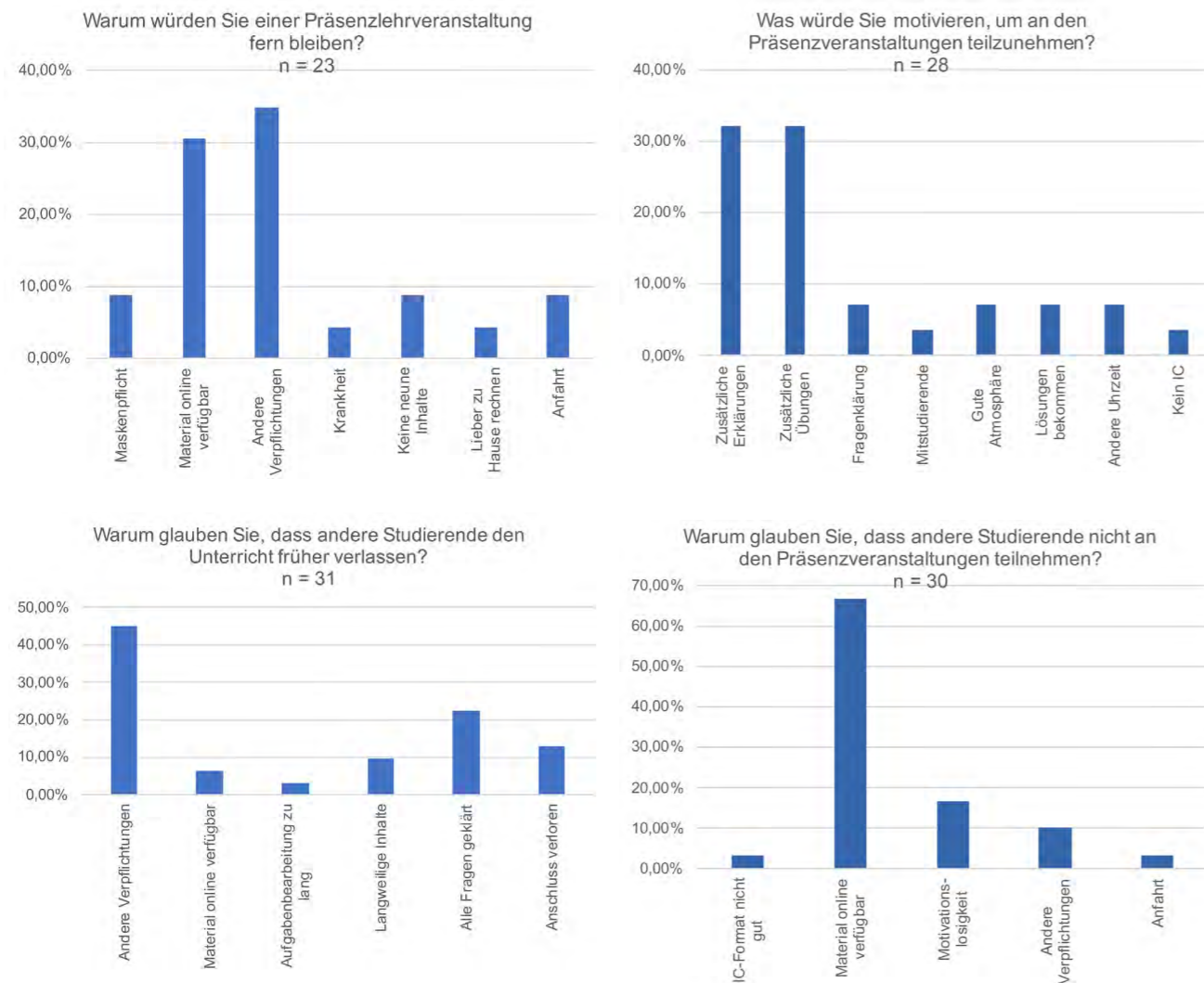


Abb. 2: Umfrageergebnisse

In einem Folgetreffen wurden Lehrveranstaltungen als Spiele interpretiert und mit Hilfe der EMPAMOS-Methode analysiert. Es resultierten mehrere mögliche „Mis-Fits“, also Gründe, warum von Studierenden der Nutzen der Präsenzphase als zu gering wahrgenommen werden könnte:

1. Die Vorbereitung hilft nicht dabei zu entscheiden, ob eine Teilnahme an der Präsenzveranstaltung sinnvoll ist.
2. Es ist unklar, wie die Vorbereitung erfolgen soll und ob an der Präsenzveranstaltung teilgenommen werden muss.
3. Ein erfolgreicher Lernprozess während der Präsenzphase hängt zu sehr davon ab, was man bereits an Kenntnissen und Fähigkeiten mitbringt.
4. Die vor Ort zu lösenden Aufgaben sind zu leicht/zu schwer da die Komplexität der Aufgaben zu niedrig/hoch ist.
5. Aus Sicht der Studierenden macht es keinen Unterschied, ob an der Präsenzveranstaltung teilgenommen wird oder nicht.
6. Den Studierenden ist nicht klar, was in der Präsenzveranstaltung gemacht und was damit bezweckt wird.
7. Der Workload für die Vorbereitung wird als zu hoch wahrgenommen, aber ohne Vorbereitung lohnt es sich nicht, an der Präsenzveranstaltung teilzunehmen.
8. Studierende arbeiten in der Präsenzphase alleine, statt sich einer Gruppe anzuschließen. Dies könnten sie auch zu Hause tun.

In nachfolgenden Schritt wurde ein Katalog entwickelt, der diesen Mis-Fits entgegenwirkende Spielelemente zuordnet. Im Folgenden übersetzen wir diese Spielelemente zurück in Maßnahmen A) bis K), die in der Präsenzphase eines IC umgesetzt werden können. In Abb. 3 ist die Zuordnung als Übersicht dargestellt.

**A) Ausführlichere Einführung:** In der Einführungsveranstaltung sollte die Lehrmethode sehr detailliert erklärt und motiviert werden (Lo, 2018), um die in Punkt 2 und 6 formulierte Unsicherheit bezüglich der Anforderungen und Erwartungen an die Studierenden zu mindern. Zudem sollte darauf hingewiesen werden, dass jede\*r Studierende, die den eigenen Fähigkeiten angemessene Lerngeschwindigkeit und -tiefe festlegen kann, um sich individuell den prüfungsrelevanten Stoff erarbeiten zu können (Punkt 3).

**B) Assessment:** Um die scheinbare Bedeutungslosigkeit zu reduzieren (Punkt 5), kann in der Präsenzveranstaltung mit Pre- und Post-Assessments gearbeitet werden, die den Studierenden ihren Lernerfolg verdeutlichen.

**C) Hilfestellungen:** Die Aufgaben, die während der Präsenzzeit bearbeitet werden, erscheinen vielen Studierenden als zu schwer (Punkt 4) oder sie zweifeln an ihren eigenen Fähigkeiten (Punkt 3). Hier kann beispielsweise das Konzept von Checklisten (Gawande, 2011) helfen, anhand derer Studierende nachschlagen können, welche Überlegungen oder Schritte zu absolvieren sind.

**D) Gruppen:** Im Rahmen der Präsenzveranstaltungen kann statt individueller Problembehandlung die Aufgabenbearbeitung in Gruppen erfolgen (Lo, 2018). Hierdurch wird



		Gegenmaßnahmen aus EMPAMOS										
		Ausführliche Einführung	Assessment	Hilfestellungen	Gruppen	Wettbewerbe	wählbare Schwierigk.	Punkte	zeitliche Segmente	Erfolgs-erlebnisse	Lernfortschritt zeigen	Erfolgsrelevanz zeigen
Gründe für geringen Nutzen	Teilnahme an Präsenzveranstaltung sinnvoll?				X							
	Vorbereitung notwendig und Präsenz als Pflicht?	X										
	Lernprozess abhängig von eigene Fähigkeiten	X		X	X							
	Schwierigkeitsniveau der Aufgaben unpassend			X			X			X		
	Teilnahme bedeutungslos		X		X	X		X			X	X
	Inhalt und Zweck der Präsenz unklar	X						X	X		X	
	Workload der Vorbereitung zu hoch								X			
Einzelarbeit in Präsenz				X								

Abb. 3: Überblick über den Maßnahmenkatalog

Kooperation gefördert (Punkt 8) und der Erfolg hängt nicht mehr so stark von den individuellen Fähigkeiten ab (Punkt 3). Die Zeit vor Ort kann als „Freundschaftszeit“ gestaltet werden, indem neben der reinen Bearbeitung auch Zeit für Austausch gegeben wird (Punkt 5).

**E) Wettbewerbe:** Um die Relevanz des vermittelten Stoffes zu erhöhen (Punkt 5), können Wettbewerbe veranstaltet werden, zum Beispiel mit Online-Abstimmungssystemen oder als „Mathefußball“<sup>2</sup>.

**F) Wählbare Schwierigkeit:** Wenn Aufgaben mit unterschiedlichem Schwierigkeitsgrad angeboten werden, verhindert dies, dass die Lehrveranstaltung für einzelne Studierende zu leicht oder zu schwer ist (Punkt 4). Damit diese Differenzierung insbesondere für schwächere Teilnehmer\*innen nicht frustrierend wirkt, können beispielsweise Tipps vorbereitet werden, die Studierende anfordern können.

**G) Punkte:** Um die Veranstaltungen übersichtlicher und relevanter zu gestalten (Punkt 5 und 6), können für korrekt gelöste Aufgaben individuell Punkte/Stempel mit entsprechender Belohnung gesammelt werden. Dabei sollte mit bedacht werden, ob ein Wettbewerbscharakter gewünscht und sinnvoll ist.

<sup>2</sup> Siehe bspw. <https://www.methodenkartei.uni-oldenburg.de/methode/tafelball/> abgerufen am 14.04.2023.

**H) Zeitliche Segmente:** Insbesondere bei Lehrveranstaltungen von mehr als 90 Minuten kann vorab an die Studierenden kommuniziert werden, was wann behandelt werden soll, um die Veranstaltung übersichtlicher zu gestalten (Punkt 6) und die Länge der Segmente zu begrenzen (Punkt 7).

**I) Erfolgserlebnisse:** Es können immer wieder Aufgaben eingestreut werden, die garantierte Erfolgserlebnisse ermöglichen (Punkt 4), indem zum Beispiel einfache Inhalte über ein anderes Medium aufbereitet werden (z. B. ein einfaches Quiz oder eine Mind-Map) oder die Studierenden über geeignete Aufgabenstellungen dazu angeregt werden, die Inhalte der Stunde zusammenzufassen.

**J) Lernfortschritt zeigen:** Der Mehrwert einer Teilnahme an der Präsenzveranstaltung kann sichtbar gemacht werden (Punkt 5 und 6), indem erreichte Lernziele oder Verknüpfungen zu weiteren Studieninhalten explizit benannt und Erfolgserlebnisse verdeutlicht werden. Hierfür eignen sich zum Beispiel „Retrieval Practices“ (Karpicke & Blunt 2011; Weinstein et al. 2018), die auf eine strukturierte Wiederholung von Lerninhalten abzielen. Es kann außerdem erläutert werden, wie angewendete Lerntechniken/-methoden zu diesem Lernfortschritt beitragen.

**K) Erfolgsrelevanz zeigen:** Der Zusammenhang zwischen Präsenzteilnahme und Prüfungserfolg kann aufgezeigt werden (Punkt 5), zum Beispiel über eine eigene Statistik oder Studien auf Basis früherer Veranstaltungen (bspw. wie in Abb. 1).

### 3.3. Umsetzung der Maßnahmen

Im Wintersemester 2022/23 wurden ausgewählte Maßnahmen im Rahmen von IC-Veranstaltungen umgesetzt.

#### Fach „Wirtschaftsmathematik“ (Prof. Dr. Felix Streitferdt)

Im Fach Wirtschaftsmathematik im 1. Semester des Studiengangs Betriebswirtschaftslehre erfolgte eine ausführliche Einführungsveranstaltung, in der insbesondere Relevanz und Ablauf der Vorbereitungsphase erläutert wurden (Maßnahme A). Weiterhin wurden Studierende zur Problemlösung in Gruppen eingeteilt (Maßnahme D) und Tipps für die Lösung von Aufgaben verfügbar gemacht (Maßnahme F).

Der Erfolg dieser Maßnahmen variierte. Die Teilnahmequote der Studierenden sowie deren eingereichte Lösungen waren in der ersten Hälfte des Semesters durchschnittlich um 10% höher als in vorangegangenen Veranstaltungen. Dieser Effekt nahm aber gegen Ende des Semesters wieder ab.

Die Gruppenbildung von Studierenden war ebenfalls nicht von großem Erfolg, da dies bei einer Veranstaltung mit 90 Teilnehmer\*innen sehr zeitintensiv war und viel Unruhe erzeugte, was wiederum Studierende dazu bewegte, die Lehrveranstaltung zu verlassen.

Bei der Umsetzung der Tipps zur Aufgabenlösung wurden diese verdeckt auf ein Flipchart geschrieben und die Studierenden konnten sich diese anschauen. Dies war allerdings nicht erfolgreich, da es – nicht zuletzt wohl wegen der klassischen Hörsaal-Architektur – wohl für die Studierenden ein zu großes Hindernis darstellte, von ihrem Platz aus zum Flipchart zu gehen. Deshalb sollen im kommenden Semester vorbereitete Karten verwendet werden, die der Dozent auf Wunsch den Studierenden zeigen kann.

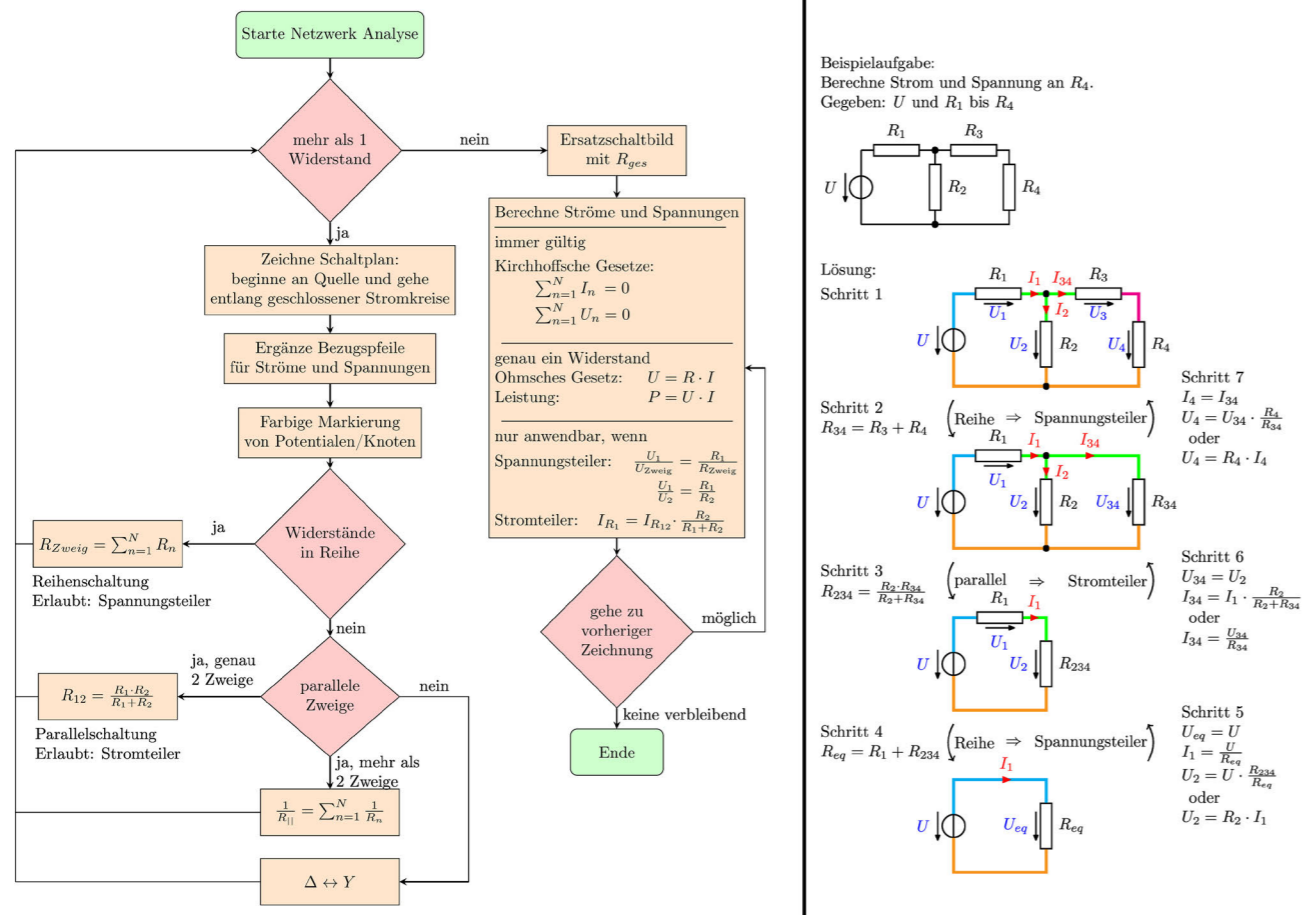


Abb. 4: Flussdiagramm zum Lösen von Netzwerkanalysen sowie dessen Anwendung an einer Beispielaufgabe.

Fach „Grundlagen der Elektrotechnik 1“ (Prof. Dr. Christine Niebler)

Im Fach Grundlagen der Elektrotechnik 1 im 1. Semester des Studiengangs Medizintechnik wurde der Einsatz eines Flussdiagramms untersucht, das auf dem Prinzip von Checklisten basiert (Maßnahme C). Es stellt eine mögliche Strategie zum Lösen von Netzwerkberechnungen vor, indem es eine Abfolge von Entscheidungen und Arbeitsschritten abbildet, durch deren Einhaltung Netzwerkberechnungen erfolgreich durchgeführt werden können (Niebler, in Druck).

Die Studierenden erhielten das Flussdiagramm mit einführenden Beispielen und durften es jederzeit nutzen. Es zeigte sich, dass Studierende in darauffolgenden Präsenzveranstaltungen wieder vor Aufgaben saßen, ohne deren Bearbeitung zu beginnen oder aber nach den ersten Schritten wieder stockten. Die Dozentin musste an die Verwendung des Flussdiagramms erinnern, wodurch die Studierenden dann in der Lage waren, Aufgaben (weiter) zu lösen. Eine Erkenntnis war, dass Strategien und Konzepte, selbst wenn sie sehr leicht zugänglich sind, von Studierenden in ihrem Mehrwert nicht erkannt werden und mehrfache Hinweise nötig sein können. In einer Befragung der Studierenden nach Ende des Semesters zeigte sich, dass die Studierenden das Flussdiagramm nach wenigen Wochen verinnerlicht hatten. Die Studierenden fanden die klare Gliederung der Vorgehensweise zum Erlernen sehr hilfreich und waren nach Einübung in der Lage, Aufgaben zu bearbeiten, ohne nötige Zwischenschritte niederzuschreiben.

4. Ausblick

In unserem Beitrag legen wir dar, wie aus Spiel-Elementen methodisch Maßnahmen entwickelt werden können, um die Motivation Studierender für eine Teilnahme an der Präsenzphase eines Inverted Classroom zu erhöhen. Erste Umsetzungen der so gewonnenen Maßnahmen deuten eine positive Wirkung auf die Teilnahme an. Unsere bislang gewonnenen Erkenntnisse sind aufgrund der Beschränkung auf zwei Fächer nicht als repräsentativ zu betrachten. Neben einer Verfeinerung und einer fundierten Evaluation soll in Zukunft überprüft werden, inwiefern die vorgeschlagenen Maßnahmen auch für andere Fachbereiche geeignet sind.

Literatur

Flipped Learning Network (2023, 13. April). Definition of Flipped Learning. <https://flippedlearning.org/definition-of-flipped-learning/>

Gawande, A. (2011). The checklist manifesto. London, England: Profile Books.

Ince, E. (2018). An Overview of Problem Solving Studies in Physics Education. Journal of Education and Learning, 7(4), 191-200. <https://doi.org/10.5539/jel.v7n4p191>

Karpicke, J. & Blunt, J. (2011). Retrieval practice produces more learning than elaborative studying with concept mapping. Science 331(6018), 772-775.

Lo, C. (2018). Grounding the flipped classroom approach in the foundations of educational technology. *Educational Technology Research and Development*, 66, 793–811. <https://doi.org/10.1007/s11423-018-9578-x>

Niebler, C. (2023). Overcome learning obstacles in circuit network analysis with flowcharts. 32nd Annual Conference of the European Association for Education in Electrical and Information Engineering: Conference Proceedings.

Sailer, M. & Sailer, M. (2021). Gamification of in-class activities in flipped classroom lectures. *British Journal of Educational Technology*, 52(1), 75–90. <https://doi.org/10.1111/bjet.12948>

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(6), 100314. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2020.100314>

Voit, T. (2023, 27. April). Projekt EMPAMOS – Empirische Analyse motivierender Spielelemente. <https://empamos.in.th-nuernberg.de/>

Weinstein, Y., Sumeracki, M., & Caviglioli, O. (2018). *Understanding how we learn: A visual guide*. Routledge.

#### Angaben zu den AutorInnen

**Prof. Dr. Felix Streitferdt** lehrt Internationales Finanzmanagement und Wirtschaftsmathematik an der Technischen Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm.

**Prof. Dr. Christine Niebler** lehrt vornehmlich die Grundlagen der Elektrotechnik im Studiengang Medizintechnik an der Ohm und hat 2021 den Lehrpreis des Bay. StMWK erhalten.

**Dr. Barbara Meissner** ist im Team Lehr- und Kompetenzentwicklung der Ohm im Fachbereich Didaktik tätig.

**Prof. Dr. Alexander Monz** lehrt Konstruktion und Maschinenelemente an der Ohm.

**Prof. Dr. Alexander Kröner** lehrt im Gebiet der Medieninformatik an der Fakultät Informatik der Ohm.

## Requirements Engineering lehren mit Just-In-Time-Teaching und Projekten

Ralf Reißing

Hochschule Coburg, Fakultät Maschinenbau und Automobiltechnik

### Zusammenfassung

Requirements Engineering (RE) beschäftigt sich mit der Ermittlung, Dokumentation, Validierung und Verwaltung von Anforderungen. Im MINT-Kontext geht es typischerweise um Anforderungen an technische Systeme oder an Prozesse. Die Lehre im RE sollte erfahrungsgemäß auf zwei Säulen beruhen: ein solides methodisches Fundament und praktische Erfahrung bei der Umsetzung. Der Beitrag beschreibt das Lehrkonzept eines Master-Moduls zum RE für Ingenieur:innen und die dabei eingesetzten Lehr- und Prüfungsformen. Wesentliche Bausteine des Lehrkonzepts sind Just-In-Time-Teaching (JiTT), Mini-Praktika in Kleingruppen und ein großes Projekt in größeren Teams. Das Modul wird in dieser Form seit vielen Jahren angeboten. Daher werden auch viele Erfahrungen berichtet, die zur Bestätigung oder Weiterentwicklung des Lehrkonzepts geführt haben.

### 1. Einführung

Der Masterstudiengang Entwicklung und Management im Maschinen- und Automobilbau (MM) hat ein flexibles Konzept zur individuellen Gestaltung der Studieninhalte. Studierende können sich durch die nahezu freie Wahl der Module je nach ihren eigenen Qualifikationszielen inhaltlich breit oder auch spezialisiert ausbilden lassen. Die Module sind jeweils einem von drei Schwerpunkten zugeordnet: Technik, Management und Querschnitt (Hochschule Coburg, 2023).

Das Modul Requirements Engineering und Management (REM) ist mit 5 ECTS (4 SWS) ein Wahlpflichtmodul für MM im Schwerpunkt Technik. Ziel des Moduls ist es, Studierende mit wenig Vorkenntnissen für das eigenständige Durchführen von Projekten im RE zu qualifizieren. Dabei steht das „klassische“ RE im Vordergrund, da dieses in stark regulierten Branchen wie der Automobilindustrie weiterhin überwiegend eingesetzt wird. Dabei erworbene Kompetenzen lassen sich anschließend leicht auf agile Projektformen übertragen.

Praktisches RE gut zu lehren ist eine Herausforderung. Inspiriert von Hagel et al. (2013) wurde das Modul im Jahr 2014 von Beginn an auf der Basis von JiTT und praktischen Aufgaben konzipiert (Reißing, 2015) und kontinuierlich weiterentwickelt (Reißing, 2022). Das Modul wurde bisher bereits zehn Mal durchgeführt.

In den folgenden Abschnitten werden die wichtigsten Bausteine des Lehrkonzepts vorgestellt: Just-in-time-Teaching in Abschnitt 2, Übungen und Mini-Praktika in Abschnitt 3 sowie das RE-Projekt in Abschnitt 4. Abschnitt 5 fasst die bisherigen Erfahrungen mit dem Modul zusammen.

## 2. Just-In-Time-Teaching

JiTT ist eine Variante von Flipped Classroom (alias Inverted Classroom). Ein Teil der Vermittlung der grundlegenden Kompetenzen findet in der Selbstlernzeit mit Hilfe bereitgestellter Lehrmaterialien (Videos, Texte, Aufgaben etc.) statt, und nicht durch Vorlesungen in den Präsenzzeit. Für die Vorbereitung orientieren sich die Studierenden an den vorab gegebenen Lernzielen. Die Präsenzzeit dient im Anschluss an die Selbstlernzeit zur Klärung offener Fragen, zur Übung und zur Vertiefung. Die besondere Stärke von JiTT ist dabei, dass anhand der Rückmeldungen der Studierenden zu den Lehrmaterialien (z.B. Verständnisschwierigkeiten) und häufiger Fehler in den Abgaben zu den Selbstlernaufgaben der Inhalt der Präsenzzeit kurzfristig an die Bedarfe der Studierenden angepasst wird (Novak et al., 1999).

Im Modul gibt es pro Woche zwei Präsenzveranstaltungen zu jeweils 90 min. Die Präsenzveranstaltungen liegen idealerweise am Stück im Stundenplan – so können vorgesehene Inhalte nach Bedarf flexibel auf die beiden Präsenzveranstaltungen verteilt werden (z.B. können Übungen dann auch länger als 90 min dauern). Der ersten Präsenzveranstaltung einer Woche geht eine Selbstlernphase voraus, die aus zwei Teilen besteht. Der erste Teil ist eine Leseaufgabe zu einem Kapitel aus dem RE-Buch der Sophisten in der jeweils neuesten

Auflage (Rupp et al., 2021). Zu jeder Leseaufgabe gibt es eine Liste von Fragestellungen, die helfen, die Aufmerksamkeit beim Durcharbeiten des Kapitels auf das Wichtige zu fokussieren.

### Beispiel Leseaufgabe

Lesen Sie Kapitel 3 intensiv, es enthält viele wichtige Aspekte! Die agilen Aspekte (Scrum, Epics, User-Stories, etc.) können Sie überspringen, es sei denn, sie sind für Ihre persönlichen Projekte relevant. Fragestellungen zu Kapitel 3:

- Welche Anforderungsarten werden unterschieden?
- Welche Formen der Verbindlichkeit mit welchen Signalwörtern gibt es?
- Was bedeutet es, eine Anforderung zu verfeinern?
- Was macht gute Anforderungen aus?
- Was sind Anforderungsquellen?

Der zweite Teil der Selbstlernphase besteht zunächst aus vier Verständnisfragen, die sich auf die Inhalte der Leseaufgabe beziehen. Die Verständnisfragen sind passend zu den höheren Kompetenzstufen der Lernziele überwiegend Freitextfragen. Freitextfragen sind zwar für den Lehrenden deutlich aufwendiger in der Korrektur, sind aber besser geeignet, Denkfehler und Verständnisschwierigkeiten der Studierenden aufzuzeigen. Ankreuzfragen oder Zuordnungsfragen kommen daher selten zum Einsatz, obwohl der Aufwand für die Korrektur dann deutlich geringer wäre. Bei großen Teilnehmerzahlen könnte es aber sinnvoll sein, bei niedrigeren Kompetenzstufen vermehrt auf solche Fragentypen zu setzen.

### Beispiele Verständnisfragen

- (1) Im Buch wird als ein Hauptproblem des RE genannt: Kommunikationsprobleme. Welche Kompetenzen eines Requirements Engineer sind hilfreich, um dieses Hauptproblem angehen zu können? Nennen Sie mindestens drei Beispiele. (Typ: inhaltsorientiert, Ergebnis: Text)
- (2) Geben Sie ein Beispiel für eine funktionale Anforderung an die Aufzugsteuerung an, die ein bis drei Qualitätskriterien aus Abschnitt 3.1.3 nicht erfüllt, benennen Sie die Mängel und geben Sie eine korrigierte Anforderung an, die diese Mängel nicht mehr aufweist. (Typ: praktisch, Ergebnis: Text)
- (3) Zeichnen Sie ein Use-Case-Diagramm für das System Mensa, das drei wichtige System-Anwendungsfälle (Use Cases) mit den zugehörigen Akteuren enthält. (Typ: praktisch, Ergebnis: Modell)

Außerdem gibt es zwei Fragen, die jede Woche gleich sind. Die erste fragt nach Verständnisschwierigkeiten und offenen Fragen bei den Studierenden. Die zweite Frage regt zur Reflexion der Inhalte an (bspw. Anknüpfungspunkte zu eigenen bisherigen Erfahrungen, mögliche Anwendungen im Beruf, weiterführende inhaltliche Fragen).

Die abschließende siebte Frage bittet um die Einreichung einer selbst erstellten Quiz-Frage passend zum Inhalt, mit vier Antwortmöglichkeiten. Für hinreichend sinnvolle Abgaben zu den vier Verständnisfragen und der Quiz-Frage können Bonuspunkte für die Prüfung erworben werden, die bis zu 10% der maximal möglichen Gesamtpunktzahl ausmachen können. Diese Bonuspunkte können die Note verbessern, wenn die Prüfung bereits ohne sie bestanden ist.

### Beispiel eingereichte Quiz-Frage

Welche der unten genannten Anforderungen ist eine funktionale Anforderung?

1. Die Losgröße der im Pflichtenheft definierten Teile ist um plus/minus 20 % anpassbar.
2. Die Antwortzeit des Systems beträgt max. 1 s.
3. Der Fensterheber muss eine Schnittstelle zum Mobiltelefon haben.
4. Der Fensterheber muss eine automatische Schließfunktion haben.

Die Aufgabe des Lehrenden ist es nun, die über das Lernmanagementsystem Moodle eingereichten Abgaben der Studierenden durchzusehen und auf deren Basis die erste Präsenzveranstaltung der Woche zu konzipieren. Die Präsenzveranstaltung beginnt mit einer Auswahl der eingereichten Quiz-Fragen als wiederholender Einstieg. Daran schließen sich Impulse zu den eingereichten Schwierigkeiten beim Verständnis und zu offenen Fragen an. Diese Impulse sind kombiniert mit Feedback zu den eingereichten Lösungen zu den vier Verständnisfragen. Dabei werden aus den Abgaben sowohl Beispiele guter Lösungen als auch Beispiele typischer Fehler ausgewählt, vorgestellt und mit den Studierenden diskutiert. Sofern danach noch Zeit bleibt, werden weiterführende Beispiele oder Inhalte vermittelt.

## 3. Übungen und Mini-Praktika

Die zweite Präsenzveranstaltung einer Woche dient der praktischen Anwendung der vermittelten Kompetenzen. Die Studierenden bekommen Aufgaben, an denen sie in Kleingruppen von 2-4 Personen arbeiten und die Ergebnisse dann im

Plenum vorstellen. Zu Beginn geht es vor allem darum, eine kleine Menge von Anforderungen zu bekannten Anwendungen wie dem bargeldlosen Bezahlen in der Mensa mittels Etherpad in Moodle aufzuschreiben. Später kommen praktische Anwendungen von Ermittlungstechniken in Kleingruppen dazu, bspw. Feldbeobachtung (Nutzer:innen beobachten) und Apprenticing (selbst Ausprobieren) beim Bedienen der Aufzüge in den Hochschulgebäuden. Dann dokumentieren die Gruppen eigene Anforderungen an die Aufzugssteuerung und diskutieren diese abschließend im Plenum.

Ein Beispiel für ein Mini-Praktikum ist das Review einer Anforderungsspezifikation mit der Methode formale Inspektion. In der Selbstlernphase begutachten die Studierenden individuell die Spezifikation anhand einer bereitgestellten Checkliste. In der Präsenzübung findet dann die Review-Sitzung statt: moderiert, protokolliert und kommentiert vom Lehrenden. Ein weiteres Mini-Praktikum nutzt Peer Assessment. Von den Studierenden individuell erstellte kleine Spezifikationen zur Notruf-funktion eines Aufzugs werden jeweils von zwei anderen Studierenden begutachtet und kommentiert.

#### 4. RE-Projekt

In der zweiten Hälfte der Vorlesungszeit des Semesters wird die zweite Präsenzveranstaltung (bisher mit Übungen) für das RE-Projekt verwendet. Die Vermittlung von Inhalten mit JiTT in der ersten Präsenzveranstaltung läuft hingegen weiter. Im RE-Projekt bearbeiten die Studierenden in Teams zu 4-6 Personen selbstorganisiert und ganz praktisch eine große Projektaufgabe. Der Projektgegenstand wird gemeinsam mit den Studierenden festgelegt. Alle Teams bekommen dieselbe Aufgabe, dürfen sie aber in Absprache mit dem Lehrenden individuell anpassen, indem sie bspw. Schwerpunkte setzen.

Der Lehrende unterstützt in der Präsenzzeit oder in separat vereinbarten Sprechstunden die einzelnen Teams als Coach, sowohl zum Vorgehen beim RE als auch zur Beurteilung der Qualität der Zwischenergebnisse.

Wichtigstes Lernziel des RE-Projekt ist es, die erworbenen Kompetenzen möglichst selbstständig auf eine größere Aufgabe anzuwenden. Dabei müssen sowohl eine zum Projekt passende RE-Vorgehensweise entwickelt als auch die nötigen Anforderungen an den Projektgegenstand erarbeitet und dokumentiert werden. Als Prüfungsleistungen werden ein wissenschaftlicher Bericht zum Projektablauf und die erarbeitete Anforderungsspezifikation abgegeben. Der Bericht beschreibt die Organisation des Teams, die Entscheidungen zum RE-Vorgehen (mit Begründungen), die Zwischenergebnisse und das Endergebnis des Projekts. Die Studierenden sollen im Bericht dies alles aber auch bewerten und reflektieren (Lessons Learned).

Um den Praxisbezug und die Relevanz der Ergebnisse zu erhöhen, war in den ersten drei Jahren die Projektaufgabe in Kooperation mit einem Partner entstanden. Der Partner fungierte gleichzeitig im RE-Projekt als Stakeholder. Im ersten Jahr wurde für das Formula Student Team der Hochschule die Anforderungen an das neue Aerodynamik-Paket entwickelt und dokumentiert. In den folgenden zwei Jahren war der Partner einmal eine Kommune, einmal aus der Industrie. Der Ansatz mit dem Partner hat sich aber nicht bewährt, weil die Studierenden mit den speziellen Themen der Partner fachlich überfordert waren, was den Lernerfolg für die eigentlichen Lernziele zum RE/RM gefährdete. Außerdem war der Partner für den Austausch oft zeitlich nicht hinreichend verfügbar. Daher sind die Projektgegenstände nun immer im Kontext der Hochschule verortet, so dass auch Studierende als Stakeholder herangezogen werden können. Beispielsweise ging es

beim zuletzt durchgeführten Projekt um die Neuentwicklung einer Anwendung zur Recherche nach Rabattangeboten für Studierende auf Basis einer Angebotsdatenbank. Das Thema hatten die Studierenden unter Anwendung der zuvor gelernten Kreativitätstechnik „Methode 6-3-5“ in der Präsenzveranstaltung selbst entwickelt.

Als Werkzeug für die Dokumentation der Anforderungen des RE-Projekts wurde für das Requirements Management (RM) in den ersten Jahren das Werkzeug DOORS (Wikipedia, 2023) verwendet, das inzwischen von Anbieter IBM durch DOORS Next abgelöst wurde, aber in der Praxis immer noch in Gebrauch ist. DOORS kann wegen technischer Einschränkungen nur an der Hochschule, nicht aber zuhause verwendet werden. Außerdem waren Schulung und Support für DOORS durch den Lehrenden notwendig. Weil das Feedback der Studierenden zu DOORS überwiegend negativ war, wurde den Studierenden in späteren Projekten nahegelegt, stattdessen Excel auf dem Sharepoint-Server der Hochschule zu verwenden. Diese Werkzeugkombination ist zwar für RM weniger gut geeignet, aber für das Team überall und von mehreren Personen gleichzeitig nutzbar. Verschiedene Informationsarten (z.B. Ziele, Systemkontext, Anforderungen, Glossar) lassen sich auf unterschiedliche Reiter verteilen und miteinander verknüpfen. Bestimmte Attribute, die ein RM-Werkzeug automatisch erfasst (z.B. Version, Autor, Änderungsdatum) oder von sich aus unterstützt (z.B. bidirektionale Links, Baselines) müssen in Excel aber von Hand nachgebildet werden. Die bisherigen Erfahrungen zeigen, dass Excel für die eher überschaubaren Projektumfänge der Teams noch ausreichend ist und eine hohe Akzeptanz aufweist.

#### 5. Erfahrungen

Im Schnitt nehmen an dem Modul REM jedes Jahr 10-15 Studierende teil, aufgeteilt auf 2-3 Teams (vgl. Tabelle 1). Einen Ausreißer nach oben gab es im Sommersemester 2020, als 28 Studierende in 5 Teams teilnahmen. Der Grund dafür war der von der Landesregierung angeordnete sehr spontane Übergang zur reinen Online-Lehre wegen der einsetzenden Covid-19-Pandemie. Während andere Module deutliche Startschwierigkeiten über Wochen hatten, ließ sich das bestehende Lehrkonzept im Modul REM nahezu 1:1 in ein Online-Format überführen. Deshalb entschieden sich viele Studierende für REM. Die beiden Präsenzveranstaltungen wurden gekürzt in nur eine wöchentliche Videokonferenz in Zoom überführt. In der Projektphase wurde ein zweiter regelmäßiger Termin für das Coaching, ebenfalls über Zoom, angeboten. Im Sommersemester 2022 wurde wieder zur reinen Präsenzlehre zurückgekehrt, da in Präsenz die gemeinsame Diskussion und die Arbeit in Kleingruppen deutlich besser funktionieren.

Jahr	Teilnehmende	Teams
2014	4	1
2015	5	1
2016	7	1
2017	8	1
2018	15	3
2019	11	2
2020	28	5
2021	12	2
2022	10	2
2023	13	3

Tab. 1: Anzahl Teilnehmende und Teams im RE-Projekt pro Jahr.

In den Lehrveranstaltungsevaluationen loben die Studierenden, dass sie viel über RE und RM gelernt haben – einschließlich richtigem und gutem Deutsch, um sich korrekt und präzise ausdrücken zu können. Die Bonuspunkte motivieren sie, sich jede Woche vorzubereiten. Die Bonuspunkte wurden im vierten Jahr eingeführt, da davor immer kritisiert wurde, dass der Aufwand für die Selbstlernphase nicht in die Prüfungsnote eingeht. Immer noch kritisiert wird aber der hohe Aufwand für die Selbstlernphase, die in der Tat im Gegensatz zu manch anderem Modul den Rahmen der 6 Stunden pro Woche für die Vor- und Nachbereitung der Präsenzlehre zumindest ansatzweise ausschöpft. Da fast alle Studierenden neben dem Studium halbtags arbeiten müssen, um ihr Studium zu finanzieren, wären sie zeitlich überfordert, wenn alle Module in dieser Lehrform durchgeführt würden.

Für den Lehrenden ist das Modul ebenfalls sehr zeitaufwendig. Für den JiTT-Anteil müssen 12 Wochen lang pro Studierender 7 Freitext-Antworten durchgesehen und ggf. kommentiert werden. Aus dem Feedback muss ein passender Ablaufplan für die erste Präsenzveranstaltung abgeleitet werden, und die nötigen Vorbereitungen wie das Beschaffen von Lehrmaterialien müssen erfolgen. Die Korrektur der Abgaben für die Prüfung ist ebenfalls sehr aufwendig. Pro Team muss im Prüfungszeitraum ein Tag eingeplant werden, um den Bericht, die Anforderungsspezifikation und ggf. zusätzlich abgegebene mitgeltende Unterlagen durchzusehen, zu kommentieren und jedes Teammitglied individuell zu bewerten. Über Moodle bekommen die Studierenden dann ein qualifiziertes Feedback. Auch hier wäre es überfordernd, alle Module in dieser Lehrform anzubieten.

Insgesamt hat sich gezeigt, dass das Selbstlernen, JiTT, Übungen, Mini-Praktika und das abschließende große RE-Projekt sich gut ergänzen und damit ein geeignetes Lehr-/Lernkonzept ergeben. Das RE-Projekt ermöglicht es den Studierenden, die erworbenen Einzelkompetenzen aus den Selbstlernphasen sowie den Übungen und Mini-Praktika zu verknüpfen, zu vertiefen, und die Tauglichkeit von Organisationsformen, Methoden, Prozessmodellen, und Dokumentationsarten für eine praktische Problemstellung mit technischem Bezug zu erproben. Aus dem, was dabei schief geht, lernen sie oft am meisten.

#### Literatur

Hagel, G.; Mottok, J.; Müller-Amthor, M. (2013): Drei Feedback-Zyklen in der Software Engineering-Ausbildung durch erweitertes Just-in-Time-Teaching. In: Spillner, A.; Lichter, H. (Hrsg.): Software Engineering im Unterricht der Hochschulen (SEUH) 2013, Aachen, S. 17-26.

Hochschule Coburg (2023): Master Entwicklung und Management im Maschinen- und Automobilbau. Online: <https://www.hs-coburg.de/studium/master/technik-informatik/entwicklung-und-management-im-maschinen-und-automobilbau.html>, abgerufen am 11.07.2023.

Novak, G.; Gavrin, A.; Christian, W.; Patterson, E. (1999): Just-In-Time Teaching: Blending Active Learning with Web Technology. Prentice Hall.

ReiBing, R. (2015): Lehren und Prüfen im Requirements Engineering am Beispiel eines Master-Kurses für Ingenieure. Workshop Studentische Ausbildung und Weiterbildung in Anforderungsspezifikationen (SAGWAS), Oktober 2015, Cottbus. In: Cunningham, D.; Hofstedt, P.; Meer, K.; Schmitt, I. (Hrsg.): Informatik 2015. LNI 246, Bonn, S. 623-624.

ReiBing, R. (2022): Einsatz von Just-In-Time-Teaching und Projektarbeit in der Requirements-Engineering-Ausbildung. Softwaretechnik-Trends 42(3), S. 18-20.

Rupp, C.; die Sophisten (2021): Requirements Engineering und -Management. 7. Auflage, Hanser Verlag.

Wikipedia (2023): DOORS. Online: <https://de.wikipedia.org/wiki/DOORS>, abgerufen am 11.07.2023.

#### Angaben zu den AutorInnen

##### Prof. Dr. Ralf ReiBing

1996 bis 2002 Studium und Promotion in Informatik mit Schwerpunkt Software Engineering an der Universität Stuttgart. 2002 bis 2010 Mitarbeiter in Forschung und Entwicklung der Mercedes-Benz AG, Bereich Softwaretechnologie, mit den Schwerpunkten Test, Requirements Engineering und funktionale Sicherheit. Seit 2010 Professor für Automobilinformatik an der Hochschule Coburg, Fakultät Maschinenbau und Automobiltechnik; seit 2013 Studiendekan der Fakultät.

# Informatik-Grundlagenmodul mit den Methoden Inverted Classroom und Scrum

Karsten Morisse, Christian Heidemann, Sebastian Möller  
Hochschule Osnabrück

## Zusammenfassung

Im Modul Algorithmen und Datenstrukturen ist das Inverted Classroom Modell mit der Scrum-Methodik kombiniert. Die Studierenden erarbeiten die Inhalte des Moduls im Lernmanagementsystem mithilfe von Videoaufzeichnungen, digitalem Skript und interaktiven Übungseinheiten. Der Wegfall der klassischen Vorlesung ermöglicht mehr Zeit zur Beantwortung von Fragen, Diskussionen sowie der Reflexion des Erlernten durch Hörsaal-Quizze. Die Themen der Veranstaltung werden vorgegeben, aber die Bearbeitung erfolgt individuell und die Studierenden gestalten ihre eigenen Lernprozesse.

Theorie und Praxis der Veranstaltung werden analog zur Scrum-Methodik in mehrwöchigen Sprints im Team bearbeitet. Die Aufgaben sind in den Kontext einer virtuellen Betriebssystemumgebung eingebettet und bauen aufeinander auf. Das Softwareprojekt wird hierzu als GitLab-Repository zur Verfügung gestellt. Die Verwendung von Git und integrierten Test-Routinen entsprechen einer realitätsnahen Vorgehensweise, wie sie in der Softwareentwicklung allgemein gängige Praxis ist.

## 1. Einleitung und Veranstaltungskontext

Das Inverted Classroom Modell (ICM) (Lage, Platt, und Treglia 2000), (Bergmann und Sams 2012) erfreut sich seit einiger Zeit großer Beliebtheit in der Hochschullehre. Hierbei werden die Phasen der Wissensvermittlung und der individuellen Vertiefung umgekehrt: Was bisher während der gemeinsamen Veranstaltungszeit präsentiert wurde, wird nun in eine vorgelagerte Selbstlernphase ausgelagert. Die Präsenzzeit zwischen Studierenden und Lehrenden wird für vertiefende Gruppenarbeitsphasen, Diskussion oder andere aktivierende Formate genutzt. Das ICM-Konzept wird disziplin- und veranstaltungsübergreifend in der Lehre eingesetzt. Zahlreiche Einsatzbeispiele sind in den Tagungsbänden der jährlich stattfindenden Konferenz ICM Beyond (<https://www.icmbeyond.net>) beschrieben.

Aus Studierendensicht ist die Teilnahme an einer ICM-Veranstaltung eine Herausforderung. Für ein erfolgreiches Lernen sind insbesondere personale Kompetenzen wie Selbstmotivation, Durchhaltevermögen und Selbstregulationskompetenz erforderlich (Pöpel & Morisse, 2019). Die Vorbereitung der Präsenztermine, also die individuelle Wissensaneignung vor dem gemeinsamen Termin mit der Lehrperson, wird oftmals nicht mit der Konsequenz durchgeführt, wie es für den idealtypischen Einsatz des ICM wünschenswert wäre. Um diesem Umstand entgegenzuwirken, wurde für das Modul Algorithmen & Datenstrukturen das ICM mit Ideen aus Scrum kombiniert (siehe auch Morisse & Heidemann, 2021).

Das Modul Algorithmen & Datenstrukturen ist ein Pflichtmodul im zweiten Fachsemester zweier Informatik-Studiengänge an der Hochschule Osnabrück und besteht aus einer Plenumsveranstaltung (3 SWS) und einem Praktikumstermin (1 SWS) in Kleingruppen. Die Modulinhalte sind Effiziente Algorithmen, Algorithmisches Denken, Elementare Datenstrukturen sowie das Zusammenspiel von Algorithmen und Datenstrukturen und haben in einer zunehmend von Algorithmen durchsetzten Welt hohe berufspraktische Relevanz. Aus Sicht der Informatik sind dies klassische Inhalte, die auf Bachelorniveau nur geringen Änderungen unterworfen sind. Der theoretische, wie auch der praktische Teil stellt für die Studierenden mit noch wenig Programmierkenntnissen regelmäßig eine Schwierigkeit dar. Das Modul schließt gemäß Prüfungsordnung mit einer Klausur und einem unbenoteten Leistungsnachweis für das Praktikum ab.

## 2. Scrum

Die u.a. von Sutherland und Schwaber (2021) entwickelte Scrum-Methodik ist ein etabliertes Vorgehensmodell in der Software-Entwicklung, bei dem eine iterative Produktentwicklung durch ein kleines Entwicklungsteam in Arbeitszyklen (Sprints) betrieben wird. Scrum basiert auf den Haltungen Commitment, respektvoller Umgang, Mut, Offenheit sowie Fokus und es gibt klar definierte Rollen: Das Scrum-Team ist das Entwicklungsteam, welches im Kontext der Lehre von einer Studierendengruppe gebildet wird. Die Leitung des Teams erfolgt durch den Scrum-Master. Diese Rolle sorgt dafür, dass die Teammitglieder die Prinzipien und Praktiken von Scrum einhalten. Aufgabe des Product Owners wiederum ist die Festlegung der Produktziele und -anforderungen mit dem Ziel, das bestmögliche Produkt zu erstellen. Die spezifischen

Produktfunktionen werden im sogenannten Produkt-Backlog festgehalten. Hierin ist der Gesamtumfang des zu erstellenden Produktes beschrieben und es wird eine Priorisierung der zu erstellenden Funktionen festgelegt.

Die Arbeit des Scrum-Teams an dem Produkt erfolgt in kurzen Arbeitszyklen, den sogenannten Sprints. Ein Sprint startet mit einer Planung (Sprint Planning), bei der festgelegt wird, welche Elemente aus dem Produkt Backlog in diesem Sprint bearbeitet werden sollen. Das Ergebnis der Planung wird im Sprint-Backlog dokumentiert und am Ende eines Sprints sollte als Ergebnis ein Zwischenprodukt (Product Increment) erstellt sein. Für die enge Abstimmung des Scrum-Teams dienen kurze tägliche Arbeitstreffen (Daily Standup). Am Ende eines Sprints, der typischerweise ein bis vier Wochen dauert, steht das Review. Hierin wird das erstellte Ergebnis des Sprints begutachtet. Was sollte erreicht werden und was wurde erreicht? Aus dem Sprint-Backlog offen gebliebene Elemente werden im Rahmen der Planung des nächsten Sprints neu priorisiert. Den Abschluss des Sprints bildet die Retrospektive. Hierin wird die Zusammenarbeit im Team in den Blick genommen: Was hat gut funktioniert und was sollte im nächsten Sprint besser gemacht werden? Dieser reflektierende Blick auf das Team stellt die Verbesserung der Zusammenarbeit im Team in den Fokus.

Scrum definiert damit den Rahmen für eine inkrementelle Arbeitsweise, bei der die permanente Verbesserung sowohl des Produktes als insbesondere auch der Zusammenarbeit im Team im Fokus stehen. Die in einem Sprint gesammelten Erfahrungen werden in der Retrospektive kritisch beleuchtet und es werden Verbesserungen für den nächsten Arbeitszyklus entwickelt.

Mit eduScrum (Wijnands & Stolze, 2019) oder Scrum4Schools (Gloger, o. J.) werden die Ideen von Scrum in die Schule übertragen. Bei beiden werden die zentralen Scrum-Elemente beibehalten, jedoch mit anderen Namen und mit kindgerechten Werkzeugen für den Einsatz an Schulen versehen. In den Arbeiten von Lutter (2019) und Sturm und Rundnagel (2021) sind Einsätze von eduScrum in der Hochschullehre beschrieben. Zwei Aspekte erschweren diesen Einsatz jedoch: Einerseits die Durchführung der Daily StandUp-Meetings und andererseits die fehlende Anwesenheitspflicht. Das Daily StandUp-Meeting ist ein wichtiges Element der Methodik, es erfolgt hier in sehr enger Taktung eine Abstimmung der Arbeit innerhalb des Teams. Da es in der Hochschule in der Regel wöchentliche Veranstaltungstermine gibt, muss die Abstimmung im Kontext der Veranstaltung als Weekly Standup durchgeführt werden und die tägliche Abstimmung führt das Team eigenverantwortlich durch. Die fehlende Anwesenheitspflicht in Modulen kann dazu führen, dass die studentischen Teams im Laufe eines Semesters auseinanderfallen. Wenn sich Studierende im Laufe eines Semesters dazu entschließen, ein Modul doch nicht zu absolvieren und ihr Team verlassen, müssen die Teams möglicherweise reorganisiert werden.

In der Regel sind die Abläufe und Elemente von Scrum den Studierenden nicht bekannt, so dass mit der Nutzung im Lehrkontext die Gefahr der Überforderung droht, da neben dem Erlernen der Fachinhalte auch der Scrum-Prozess organisiert werden muss. Obwohl die eigenverantwortliche und selbstständige Arbeit des Teams eines der Paradigmen von Scrum ist, ist bei der Einführung von Scrum im Lehrkontext eine anfängliche Begleitung der Scrum-Teams durch die Lehrperson ratsam. Weniger im Sinne einer Kontrolle und Überwachung, sondern in beratender, ermutigender und unterstützender Funktion.

### 3. ICM + Scrum = ICMScrum

Beim Inverted Classroom entfällt die Phase der Wissensvermittlung durch eine klassische Vorlesung und wird durch eine selbstgesteuerte Lernphase ersetzt. Ein bekanntes Phänomen im ICM ist die fehlende oder gering ausgeprägte Selbstregulationskompetenz, die eine defizitäre Vorbereitung der Präsenztermine zur vertieften Zusammenarbeit zur Folge hat. Aus diesem Grund wurde ein an Scrum angelehnter stützender organisatorischer Rahmen eingeführt, der als eine Möglichkeit der in Fallmann und Reinthaler (2016) sowie Pöpel und Morisse (2019) beschriebenen Scaffolding-Maßnahmen zu verstehen ist. Hier fließen ICM und Scrum also konkret zusammen. Zu Beginn des Semesters teilen sich die Studierenden in Lernteams ein, um die Lernsprints gemeinsam zu bearbeiten. Bei der Bildung der Teams kann es hilfreich sein, Studierenden mit unterschiedlichen Lern-Charakteristika oder Stärken in einem Team zu vereinen, so dass sich die Studierenden im Sinne eines Peer Learning gegenseitig unterstützen können (Fallmann & Reinthaler, 2016). Im ersten Termin wird der Scrum-Zyklus bestehend aus Planung, Produktion, Review und Retrospektive in Form eines agilen Spiels erlebt. Hierfür bietet sich beispielsweise das Ball Point Game oder das Taschenrechner-Spiel an (Böhmer, 2022). Dabei werden alle Elemente von Scrum in einem engen Time-Boxing durchlaufen, um die Wirkung der empirischen Prozesskontrolle erlebbar zu machen.

Die Lehrperson gestaltet als Product Owner den inhaltlichen Rahmen der einzelnen Sprints und gibt die zu erlernenden Inhalte vor. Im Sinne von Scrum bleibt die interne Organisation der Arbeit vollständig dem Team überlassen. Eine Person aus dem Scrum-Team übernimmt zusätzlich die Rolle des Scrum-Masters, um den Scrum-Prozess im Blick zu haben. Als Scaffolding-Maßnahme kann die Lehrperson hier anfänglich

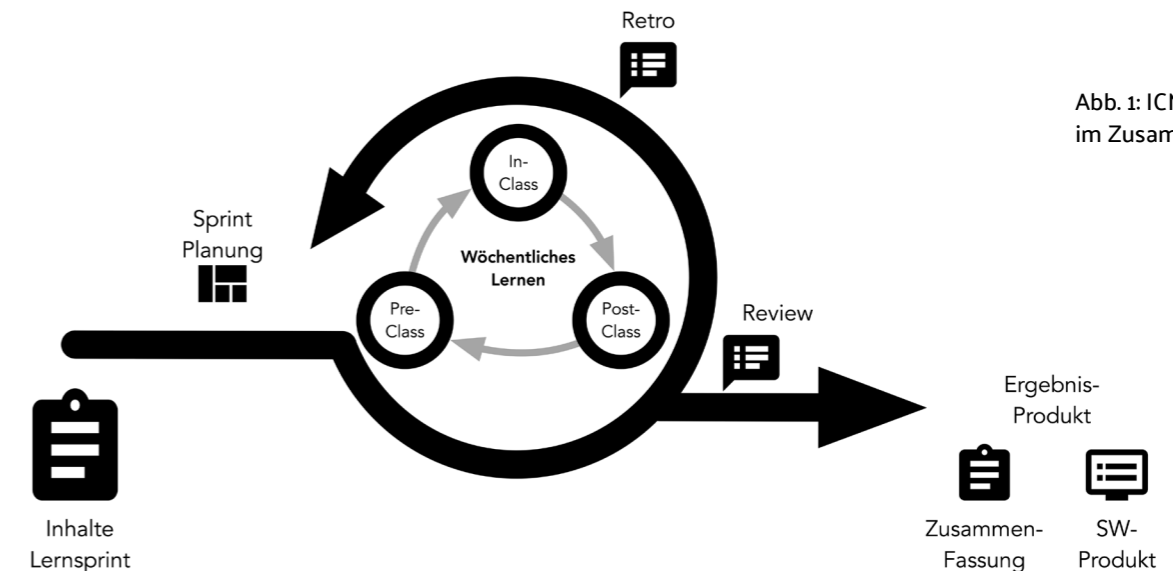


Abb. 1: ICM und Scrum im Zusammenhang

unterstützend mitwirken, diese Unterstützung aber im Laufe der Bearbeitung zurücknehmen. Die Verantwortung für das erfolgreiche eigenständige Lernen geht also schrittweise auf die Studierenden über. Die Erarbeitung der Theorie wird im Sinne des Inverted Classroom anhand der bereitgestellten Materialien von den Studierenden selbstständig vollzogen. Als Material werden im zentralen LMS Ilias (<https://lms.hs-osnabrueck.de>) Texte, Videos und Übungen bereitgestellt. Die laut Stundenplanung regelmäßigen (wöchentlichen) Lehrveranstaltungstermine werden wie beim regulären ICM genutzt, um Fragen zu klären und die Möglichkeit zur Diskussion zu geben. Die Termine werden aber auch für das wöchentliche StandUp-Meeting und für ein regelmäßiges Review des Lernstands genutzt, welches als kurzes Hörsaal-Quiz angeboten wird. Die ICM-Methodik ist also in die Scrum-Zyklen eingebettet. In Abb. 1 ist das Zusammenspiel der einzelnen Elemente im Zusammenhang dargestellt.

Die Wirkung von Scrum kann sich nur entfalten, wenn die Arbeit in einzelne Sprints aufgeteilt wird und bei der Bearbeitung der Sprints auch die Team-Zusammenarbeit im Rahmen einer Retrospektive kritisch reflektiert wird. Zu diesem Zweck wird der gesamte Inhalt der Lehrveranstaltung in drei thematische Blöcke aufgeteilt und für jeden Themenblock wird ein zu entwickelndes Produkt definiert. Im Kontext einer Informatik-Veranstaltung bietet sich hierbei die Entwicklung eines Software-Produktes an. Dies birgt jedoch die Gefahr der Vernachlässigung der Theorie durch die Studierenden. Daher werden je Sprint zwei Produkte festgelegt: eine kurze Zusammenfassung der Theorie, die als Hilfsmittel für die Klausur verwendet werden darf, sowie ein Programmierprojekt. Die Durchführung des Reviews und der Retrospektive schließen bei Scrum einen Sprint ab. Genau dies lässt sich auch im Hochschulkontext sehr gut als Feedback-Instrument nutzen. Das Review der theoretischen Inhalte wird neben



wöchentlicher Quizze im Hörsaal auf der elektronischen Lernplattform als freiwilliges Assessment angeboten. Im Review des praktischen Anteils stellt das Team die entwickelte Software vor und diskutiert diese sowie aufgetretene Schwierigkeiten bei der Erstellung mit der Lehrperson. Mit der Retrospektive wird die Zusammenarbeit im Team kritisch reflektiert. Für die konkrete Durchführung gibt es vielfältige Methoden (Derby, Larsen & Köster, 2018). In der einfachsten Form führen die Studierenden ein Brainwriting an einem Whiteboard durch anhand der Fragen: Was ist gut gelaufen? Was ist nicht gut gelaufen? Was wollen wir im nächsten Sprint besser machen?

#### 4. Praxisnahe Werkzeuge im Praktikum

Für den praktischen Teil der Veranstaltung wird wie oben beschrieben ein Software-Produkt definiert, welches von den Studierenden in den Lernsprints begleitend zur Erlernung der Theorie entwickelt wird. Die üblicherweise in einem Grundlagenmodul behandelten Algorithmen lassen sich schnell in gängigen Foren finden oder sind durch generative KI erzeugbar. Daher sind die Aufgaben in den komplexeren, aber praxisnahen Projektkontext hsOS eingebettet, eine virtuelle Betriebssystemumgebung mit einer Konsole als Bedienschnittstelle. Die Umsetzung erfolgt mittels professioneller Werkzeuge, die im ersten Fachsemester noch nicht behandelt wurden, für die spätere Berufspraxis aber hohe Relevanz besitzen. Als Entwicklungsumgebung wird IntelliJ (<https://www.jetbrains.com/de-de/idea/>) im Zusammenspiel mit dem Build-Tool Maven (<https://maven.apache.org>) verwendet. Für die Unterstützung der kollaborativen Software-Entwicklung im Team kommt das Versionierungssystem GitLab (<https://about.gitlab.com>) zum Einsatz. Für alle Lernsprints werden über GitLab die zu bearbeitenden Entwicklungsprojekte bereitgestellt und

müssen von den Studierenden nach Fertigstellung wieder in GitLab zurückgespielt werden. Die Aufgaben sind erfolgreich bearbeitet, wenn die in GitLab hinterlegten Tests erfolgreich durchlaufen wurden. Die Aufgabenplanung der Studierenden und Hilfestellungen werden über das Issue-Tracking-System von GitLab abgebildet. Neben den klassischen Informatik-Inhalten des Moduls werden somit auch relevante praktische Kompetenzen im Tool-Umgang vermittelt, die sowohl im weiteren Verlauf des Studiums als auch für die spätere Berufspraxis sehr hilfreich sind.

#### 5. Fazit

Die selbstständige Ausgestaltung des eigenen Lernprozesses ist für die Studierenden im zweiten Fachsemester der Informatik-Studiengänge eine neue Erfahrung und zugleich auch eine Herausforderung. Die Veranstaltungen im ersten Semester sind in der Regel sehr stark instruktionsorientiert, so dass die eingesetzte und für die Studierenden neuartige Methodik intensiv kommunikativ begleitet werden muss. Insbesondere der Einsatz von GitLab zur Unterstützung der kollaborativen Software-Entwicklung ist eine zusätzliche Herausforderung und der Sinn und Zweck der im Zusammenspiel eingesetzten Methoden und Werkzeuge muss wiederholt deutlich gemacht werden. Wenn dieser Transfer aber gelingt, erkennen die Studierenden einen deutlichen Mehrwert, insbesondere auch für die Arbeit in späteren Semestern. Dies ist ein Ergebnis regelmäßiger informeller Feedback-Gespräche. Da die Phase der Wissensvermittlung in Form der klassischen Vorlesung entfällt, gewinnt man in der Präsenzphase Zeit für den Dialog mit den Studierenden. Diese bessere Ansprechbarkeit der Lehrenden, sowohl für die theoretischen Inhalte wie auch für den Praxisteil der Veranstaltung wurde positiv hervorgehoben. Gelobt wurden die hervorragende Organisation und

die Abstimmung zwischen dem Theorie- und dem Praxisteil der Veranstaltung. Da der Lehrende die freigewordene Zeit während des regulären Vorlesungstermins in den individuellen Lernsupport investieren konnte, haben die Studierenden eine sehr gute Betreuung wahrgenommen und dies auch entsprechend zurückgespiegelt. Ein besonderes Augenmerk verdient auch der kommunikative Stil zwischen Lehrenden und Studierenden. Bei einem Veranstaltungskonzept, welches getragen wird von der Interaktion und der Diskussion, kommt einer empathischen und wertschätzenden Kommunikation eine besondere Bedeutung zu. Wenn der Lehrende den Rollenwandel vom Wissensvermittler zum Lernbegleiter vollzieht, ist eine offene und wertschätzende Kommunikationskultur unabdingbare Voraussetzung.

Eine weitere Erkenntnis aus den Feedback-Gesprächen ist die Länge der Sprints. Hier erscheinen vier Wochen sehr lang und die Studierenden wünschen sich eine kürzere Taktung. Dies wurde mit Blick auf die Theorie dadurch abgefangen, dass eine wöchentliche Themenplanung eingeführt wurde. In den wöchentlichen Präsenzterminen wurde dann jeweils ein Hörsaal-Quiz mit einem Audience Response System zum entsprechenden Thema durchgeführt.

Die zuvor erwähnten auseinanderbröckelnden Teams lassen sich systembedingt nicht verhindern. Die fehlende Anwesenheitspflicht und die individuelle Studiensituation führen dazu, dass Studierende sich anfänglich zu einem Modul anmelden, dieses aber nicht vollständig absolvieren und dann im Laufe des Semesters nicht weiter teilnehmen. Hier muss mit dem verbliebenem Team überlegt werden, ob es das Modul mit reduzierter Teamstärke durchführen möchte oder ob man Teams zusammenlegt.

Die intensive Zusammenarbeit der Studierenden im Rahmen der Lernsprints mit der regelmäßigen Durchführung von Retrospektiven zur Reflexion adressiert personale Kompetenzen, so dass der Methodenmix in besondere Weise fachliche wie auch personale Kompetenzen fördern kann. Studierende mit anfänglichen Schwierigkeiten können durch Scaffolding-Maßnahmen auf den richtigen Weg gebracht werden bzw. können innerhalb des Teams durch Peer-Learning mitgenommen werden. Eine im Sommersemester 2023 begleitende Befragung der Studierenden zur Entwicklung personaler Kompetenzen auf Basis einer Selbsteinschätzung konnte diese Wirkung des eingesetzten Methodenmixes noch nicht bestätigen. Hier ist noch genauer zu untersuchen, ob die zahlreichen Angebote der Reflexion über das eigene Arbeitsverhalten eher hinderlich wirken, da sich die Studierenden häufiger über ihre eigene Unkenntnis Gedanken machen. Ein zweiter hinderlicher Punkt kann die Koexistenz des neuen Lernformates mit den anderen klassischen Lernformaten sein.

Beide Seiten – Studierende wie auch Lehrende – sollten sich also immer wieder die erforderlichen Grundhaltungen Offenheit, Mut und respektvoller Umgang für den erfolgreichen Einsatz von Scrum in Erinnerung rufen. Das dies in der vorgestellten Veranstaltung scheinbar gelungen ist, zeigt das Zitat eines der teilnehmenden Studierenden „Ich freue mich immer auf die Review-Termine“. Zur Erinnerung: Das Review ist der Termin zur Vorstellung des erreichten Ergebnisses, also eher ein Prüfungs-Setting, bei dem Studierende ihre Arbeit präsentieren. Weitere positive Resonanzmerkmale durch die Studierenden waren die hoffnungsvollen Fragen, ob denn die Veranstaltungen im kommenden Semester auch nach ICM-Scrum organisiert sind.

**Literatur**

Bergmann, J. & Sams, A. (2012). Flip your Classroom. International Society for Technology in Education.

Böhmer, C. (2022). Agile Games. Göttingen: BusinessVillage GmbH.

Derby, E., Larsen, D. & Köster, L. (2018). Agile Retrospektiven. München: Verlag Franz Vahlen GmbH.

Fallmann, I., & Reinthaler, P. (2016). „Bedeutung und Förderung von selbstreguliertem Lernen im Inverted Classroom“. In J. Haag & C. Freisleben-Teutscher (Hrsg.), Das Inverted Classroom Modell. Begleitband zur 5. Konferenz Inverted Classroom and Beyond 2016 (S. 45-54). FH St. Pölten: ikon Verlagsgesellschaft.

Gloger, B. (o. J.). „Scrum4Schools I borisgloger consulting“. Abgerufen am 24. November 2021 von: <https://www.borisgloger.com/ueber-uns/csr/scrum-4-schools>

Lage, M., Platt, G., & Treglia, M. (2000). „Inverting the Classroom: A Gateway to Creating an Inclusive Learning Environment“. Journal of Economic Education 31(1), 30-43. DOI: <https://doi.org/10.2307/1183338>.

Lutter, A. (2019). „Eduscrum - Eduscrum“. EduScrum. Abgerufen am 25. November 2021 von: <https://www.eduscrum.hs-mannheim.de/>

Morisse, K. & Heidemann, C. (2021). „Inverted Classroom kombiniert mit Scrum für die Informatik-Lehre“. 9. Fachtagung Hochschuldidaktik Informatik (HDI) 2021, 133-138.

Pöpel, N. & Morisse, K. (2019). „Inverted Classroom: Wer profitiert – wer verliert? Die Rolle der Selbstregulationskompetenzen beim Lernen im umgedrehten MINT-Klassenraum“. die hochschullehre 5, 55-74.

Schwaber, K. & Sutherland, J. (2021). „Scrum Guides“. Scrum Guides. Abgerufen am 24. November 2021 von: <https://scrumguides.org/>.

Sturm, N., und 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.

Wijnands, W. & Stolze, A. (2019). „Transforming Education with EduScrum“. In D. Parsons & K. MacCallum (Hrsg.). Agile and Lean Concepts for Teaching and Learning: Bringing Methodologies from Industry to the Classroom (S. 95-114). Singapore: Springer.

**Angaben zu den AutorInnen****Karsten Morisse**

Studium der Informatik und Promotion in Mathematik an der Universität Paderborn, industrielle Tätigkeiten als Entwicklungsleiter im Bereich von Streaming Media Technologie. Nach einer Professur für Multimedia-Technologie an der Fachhochschule Trier seit 2000 Professor für Medieninformatik an der Hochschule Osnabrück.

**Christian Heidemann**

Bachelorstudium der Medieninformatik an der Hochschule Osnabrück mit anschließender Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter in einem Forschungsprojekt zur Eutergesundheit bei Milchvieh.

**Sebastian Möller**

Ausbildung zum Fachinformatiker und Studium Medieninformatik an der Hochschule Osnabrück. Danach verschiedene Tätigkeiten an der Hochschule Osnabrück und Fachhochschule Münster. Derzeitig Projektmitarbeiter und eingeschrieben im Masterstudiengang.

# Hybrides Team-basiertes Kursformat: Aktives Lernen mit örtlicher und zeitlicher Flexibilität

Michael Wendlandt  
Hochschule Albstadt-Sigmaringen

## Zusammenfassung

Präsenzlehre mit synchroner Online-Videoübertragung, hier „hybride Lehre“ (HY) genannt, ist an vielen Hochschulen gelebte Praxis, um dem Wunsch nach örtlicher und zeitlicher Flexibilität nachzukommen. Um aktive Teilnahme besonders der Online-Studierenden zu fördern, durch z. B. aktive Teilnahme an Diskussionen oder Gruppenarbeiten, wird ein teambasiertes hybrides Lehrkonzept (TBHY) vorgestellt: Durch kontinuierliche selbstständige Zusammenarbeit in festen Teams und individuelle, zeitlich flexible Teamdiskussionen mit den Lehrenden (online und Präsenz) werden insbesondere auch die Online-Studierenden „automatisch“ zu aktiven Lernenden. Erste Ergebnisse zeigen einen deutlich verbesserten Lernerfolg im Vergleich zum HY-Konzept, ohne zeitliche und örtliche Flexibilität zu verlieren. Durch individuelle Betreuung der festen Teams und regelmäßiger Rückmeldung während des Semesters entsteht bei einem Kurs von 40 Studierenden ein zusätzlicher Zeitaufwand von ca. 30 min pro Werktag.

## 1. Der Wunsch nach zeitlicher und örtlicher Flexibilität von Lehrveranstaltungen

Örtliche und zeitliche Flexibilisierung in der Arbeitswelt, aber besonders auch in der akademischen Ausbildung bietet viele attraktive Möglichkeiten, wie zum Beispiel die Vereinbarkeit von Familie, Beruf und Studium und wurde bereits vor der Corona-Pandemie ausgiebig diskutiert (Meissner, Weichbrodt & Hübscher, 2016; Buß, 2019).

Angestoßen durch die pandemiebedingten „Lockdowns“ ab dem Sommersemester 2020 wurde örtliche Flexibilität innerhalb weniger Wochen zu einer Notwendigkeit, um den Studienbetrieb trotz geschlossener Hochschulgebäude aufrecht erhalten zu können. In Studiengängen mit vielen internationalen Studierenden, die aufgrund der Corona-Pandemie in Ihrer Mobilität stark eingeschränkt waren und sich zeitweise sogar in verschiedenen Zeitzonen aufhalten mussten, war zeitliche Flexibilität von ähnlicher Bedeutung für die Aufrechterhaltung der Studierbarkeit (Mazur, 2022).

Befragungen unter Lehrenden und Studierenden vieler Hochschulen haben ergeben, dass eine Rückkehr zur reinen Präsenzlehre mehrheitlich nicht favorisiert wird (Dittler & Kreidl, 2021; Hochschule Albstadt-Sigmaringen, 2020). Vielmehr besteht der Wunsch, die Vorteile verbesserter zeitlicher und örtlicher Flexibilität zu erhalten und auszubauen.

Um dem Rechnung zu tragen, bietet sich als einfaches und leicht umsetzbares Konzept eine synchrone „Live“-Übertragung der Präsenzveranstaltung mit optionaler digitaler Bereitstellung einer Videoaufzeichnung an. Die dafür notwendigen digitalen und technischen Voraussetzungen sind als Folge der Corona-Pandemie an den meisten Hochschulen vorhanden. Solche Lehrkonzepte werden oftmals als „hybride Lehre“ (HY) bezeichnet, da eine Teilnahme in Präsenz als auch online ermöglicht wird. Hier sei angemerkt, dass der Begriff „hybrid“ nicht eindeutig definiert ist (Reinmann, 2022) und auch solche Konzepte bezeichnet, die sowohl synchrone als auch asynchrone Elemente enthalten (auch bekannt als „blended learning“).

Allerdings zeigt sich bei dem oben beschriebenen hybriden Konzept (HY) eine für den Lernerfolg nicht unerhebliche Problematik (Dittler & Kreidl, 2021; Albrecht, Jantos, & Böhm, 2023; Hochschule Albstadt-Sigmaringen, 2020): eine „aktive“ Teilnahme am online Format, wie sie bei dem oben beschriebenen HY-Konzept angeboten wird, fällt deutlich schwerer als im Präsenzunterricht. Aktive Teilnahme im Vergleich zu passiv konsumierender Teilnahme ist jedoch ein wesentlicher Faktor für den Lernerfolg (siehe z. B. Freeman et al., 2014 oder Hake, 1998). Viele Studierende berichten, dass die Online-Teilnahme ein erhöhtes Maß an Aufmerksamkeit und Eigenmotivation erfordert (Hochschule Albstadt-Sigmaringen, 2020), da weniger Kontrolle durch Mitstudierende oder Lehrende im Vergleich zur Präsenzveranstaltung stattfindet. Als Folge ist ein erheblicher Anteil der Online-Studierenden nur zeitweise aktiv anwesend. Selbst zur Verfügung gestellte Break-Out Räume bringen selten den erhofften Effekt einer aktiven

Diskussion. Erschwerend kommt hinzu, dass viele Studierende keine Kamera nutzen und daher Face-to-Face-Diskussionen oft nicht stattfinden. Dadurch lassen sich Problemstellungen in Peer-Diskussionen mit Online-Teilnehmenden nur unzureichend bearbeiten (wie zum Beispiel beim Peer-instructed-learning (PIL) (Mazur, 1997) und Gruppenarbeit wird erheblich behindert.

Ein Grundproblem des HY-Konzepts besteht darin, dass Lehrende zwei verschiedene Gruppen mit verschiedenen Rahmenbedingungen adressieren müssen (Albrecht, Jantos, & Böhm, 2023). Zum einen ist dies die oben beschriebene „Online“-Gruppe, zum anderen die Präsenzgruppe, die unter günstigeren Rahmenbedingungen, z. B. in Peer-Diskussionen und Gruppenarbeiten mit den Nachbarn, einfacher aktiv teilnehmen kann. Außerdem können passive Studierende in Präsenz leicht erkannt und aktiv eingebunden werden.

Dieser Beitrag stellt ein Team-basiertes hybrides Lehrkonzept (TBHY) vor, das aktive Teilnahme mit örtlicher und zeitlicher Flexibilität fördert und fordert. Die synchrone Kontaktzeit mit den Lehrenden wird für die Studierenden deutlich reduziert und flexibilisiert.

Als Vorlage dient der AP50 Physik-Kurs von Prof. Mazur an der Harvard University, USA, der jedoch in seiner originalen Form einen hohen personellen Aufwand erfordert (Mazur, 2023). Die Anpassung des AP50 Konzeptes an geringere personelle Ressourcen war notwendig, denn oftmals stehen an Hochschulen in Deutschland zu wenig personelle Ressourcen für Lehrzwecke zur Verfügung.

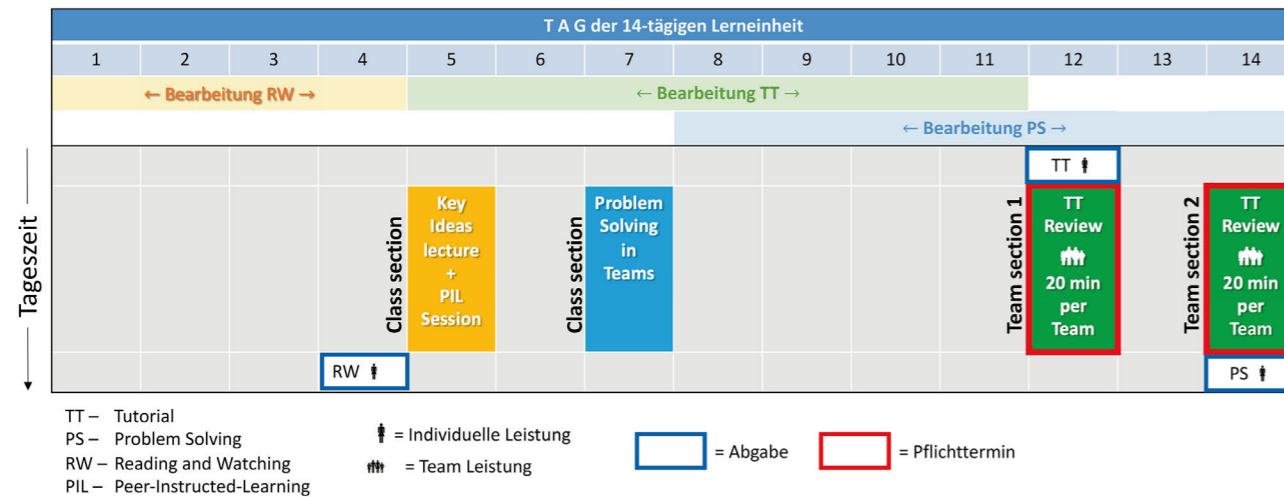


Abb. 1: Organisation der 14-tägigen Lerneinheiten

## 2. Ein Team-basiertes Lehrkonzept für aktive Teilnahme mit örtlicher und zeitlicher Flexibilität

Das grundlegende Ziel des Lehrkonzeptes besteht darin, unabhängig davon, ob die Teilnahme vorwiegend in Präsenz oder online stattfindet, den Lernerfolg durch kontinuierliche aktive Mitarbeit der Studierenden während des gesamten Semesters zu verbessern. In diesem Konzept wird die Kontaktzeit mit den Lehrenden, die in „klassischen Vorlesungen“ vorwiegend für die Vermittlung von Fachwissen genutzt wird, für aktivierende Diskussionen und Gruppenarbeiten in festen Teams genutzt. Das Fachwissen erarbeiten sich die Studierenden selbstorganisiert gemäß dem Just-in-Time-Teaching

(JiTT) Konzept (Novak, 2011) in sogenannten „Reading and Watching“-Einheiten (siehe unten), d.h. zeitlich und örtlich flexibel außerhalb der Kontaktzeit.

Der Kurs ist in sechs 14-tägige Lerneinheiten unterteilt (siehe Abb. 1), die sich jeweils mit einem bestimmten Themenbereich befassen, z.B. „1. Hauptsatz der Thermodynamik“. Das wichtigste aktivierende Element jeder Lerneinheit ist dabei die vertiefte Diskussion von Konzeptfragen, die die Lehrenden mit jedem einzelnen Team online oder in Präsenz durchführt (siehe unten „Tutorials“), wodurch auch die online Studierenden „automatisch“ zu aktiven Teilnehmenden werden. Die Bearbeitung der anderen Elemente (RW und PS, siehe unten) ist mit regelmäßiger Rückmeldung durch die lehrende Person verbunden.

Im Wintersemester 2022/2023 wurde das Konzept an der Hochschule Albstadt-Sigmaringen im Kurs „Physik-Grundlagen“ für Wirtschaftsingenieure im 3. Semester (Umfang 4 Semesterwochenstunden (SWS)) erstmals umgesetzt. Insgesamt haben an dem Kurs 39 Studierende teilgenommen, die zu Beginn des Kurses in 10 feste Teams mit je 4 Personen eingeteilt wurden. Um den Effekt des neuen Konzeptes besser beurteilen zu können, wurden die Lerneinheiten Nr. 3 und 4 von insgesamt sechs nach dem neuen teambasierten hybriden Konzept (TBHY) gestaltet, die anderen nach dem einfachen hybriden Konzept (HY).

### Die Lerneinheiten

In jeder 14-tägigen Lerneinheit müssen die unten aufgeführten Elemente entweder in Teams oder als Individuum asynchron, also zeitlich und räumlich flexibel, bearbeitet werden (siehe Abb. 1).

#### Reading and Watching (RW):

- Lernziel: Selbstständiges Erarbeiten von Fachwissen als Einstieg in ein neues Thema entsprechend dem Just-in-time-Teaching Konzept (JiTt)
- Format: Dokument (z. B. Buchkapitel) und Lehrvideo
- Bearbeitungszeit und Form:
  - Tag 1–5: Selbststudium der Dokumente und individuelle Beantwortung von Online-Multiple-Choice Tests durch jeden Studierenden und Einreichung von Verständnisfragen.

#### Tutorials (TT):

- Lernziel: Vertiefung des Verständnisses
- Format: Tutorium mit Konzeptfragen (siehe z.B. McDermott & Shaffer, 2011; Kautz, 2014),

#### Bearbeitungszeit und Form:

- Tag 6–11: Individuelle handschriftliche Abgabe durch jeden Studierenden.
- Tag 12 oder 14: Diskussion jedes Teams mit der lehrenden Person in Präsenz oder online (freie Wahl), wobei keine gemischten (online und Präsenz) Teams zugelassen sind. Die Diskussionen finden in einem flexibel wählbaren 20-minütigen Zeitslot statt. Grundlage ist die zuvor im Team eigenverantwortlich erarbeitete „Teamlösung“. Der Lehrende gibt während der Diskussion Hinweise, um den Studierenden die Möglichkeit zu geben, eigenständig zur richtigen Lösung zu kommen.

- Erwartung und Bewertung: Bewertet wird direkt nach Ende der Teamdiskussion nur die (eventuell) korrigierte „Endversion“ der Teamlösung. Erwartet wird, dass alle Antworten korrekt beantwortet wurden. Die vorherige individuelle Abgabe wird nicht bewertet, jedoch müssen bei der individuellen Abgabe alle Fragen des Tutorials gut überlegt (aber nicht notwendigerweise korrekt) beantwortet werden, damit die Teamlösung für das Individuum gewertet wird.

#### Problem Solving (PS):

- Lernziel: Trainieren von Problemlösungsstrategien
- Format: Physikalische Problemstellung
- Bearbeitungszeit und Form:
  - Tag 6–14. Individuelle handschriftliche Abgabe durch die Studierenden.
- Erwartung und Bewertung: Die Studierenden müssen eine 4-Stufige Problemlösungsstrategie (Start-Plan-Execute-Check), kurz SPEC, siehe z. B. (Mazur, 2022a), zur Lösung von Problemstellungen aus dem jeweiligen Thema anwenden und gut überlegte Antworten geben (nicht notwendigerweise korrekt).

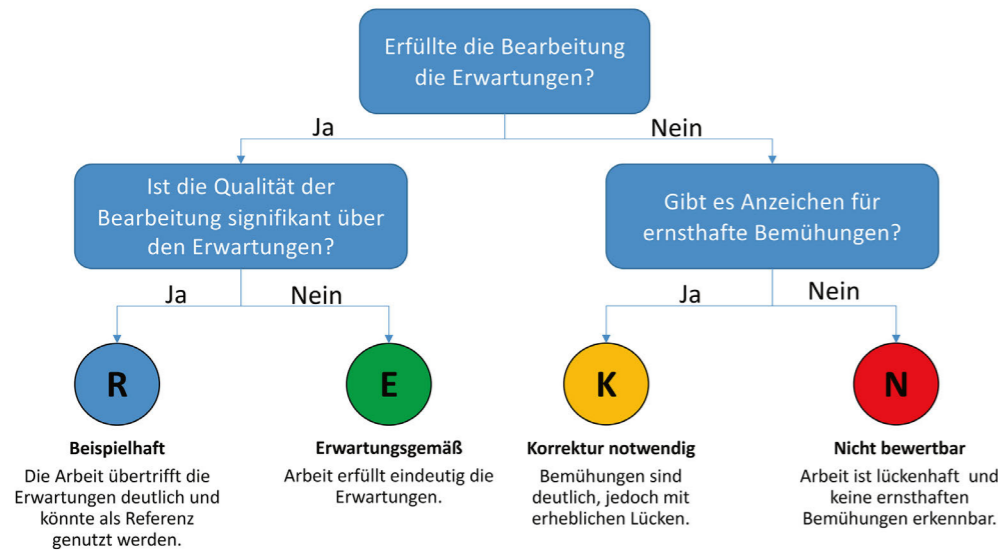


Abb. 2: Bewertungsschema für die Elemente der Lerneinheiten (außer RW).

Zusätzlich finden jeweils in der ersten Woche der Lerneinheit zwei Fixtermine (Class Sections) für alle Studierenden statt:

- Tag 5: Review und Peer-Diskussion. Hier werden die Schlüsseliideen der Lerneinheit prägnant zusammengefasst und die eingereichten Verständnisfragen aus der RW Exercise mittels Peer-instructed-Learning diskutiert.
- Tag 7: In den bestehenden Teams wird an geeigneten Aufgaben die Problemlösungsstrategie nach dem 4-Schritt SPEC Verfahren (siehe oben „PS“) eingeübt.

### Bewertung des Kurses

Die Bewertung (außer bei den Multiple Choice Test des RW) erfolgt nach einem qualitativen Schema, bei dem die Erfüllung von Erwartungen im Vordergrund steht (siehe Abb. 2). Die 4 Stufen des Bewertungsschemas N, K, E, und R werden dabei in 0, 2, 4 und 6 Punkte übersetzt, wobei auch Zwischenpunkte möglich sind.

Während des gesamten Semesters können insgesamt 100 Punkte erworben werden, die in ungefähr gleichen Teilen auf die Elemente RW, TT und PS aufgeteilt sind. Zusätzlich gibt es Bonuspunkte für das Einreichen von „gut überlegten“ Verständnisfragen zu den Lerneinheiten (siehe oben „RW“). Die Übersetzung der 100 Punkte in eine Notenskala wird zu Beginn des Kurses transparent kommuniziert.

Element	Überprüfung der Erwartung	Zeitinvestment/Studierendem
RW	Die eingereichten Verständnisfrage belegt, dass eine eingehende Beschäftigung mit dem Lernstoff stattgefunden hat	2 min
TT	Alle Fragen der individuellen Abgabe sind durchdacht beantwortet	3 min
PS	Die 4-Schritt SPEC Problemlösungsstrategie wurde umgesetzt und durchdachte Lösungen erarbeitet	3 min
<b>Insgesamt</b>		<b>8 min</b>

Abb. 3: Zeitinvestment pro Studierendem und Element zusätzlich zu den 4 SWS der Lehrveranstaltung.

Die Gesamtnote des Kurses setzt sich zu 50% aus der Bewertung der Lerneinheiten und zu 50% aus einer Klausur am Ende des Semesters zusammen. Die Klausur besteht aus Konzeptfragen zu den einzelnen Lerneinheiten und einer Problem-Solving Aufgabe aus jedem Themengebiet, wobei nur eine davon ausgewählt und bearbeitet werden muss.

### Zeitinvestment der Lehrenden

Das Zeitinvestment für die lehrende Person je 14-tägiger Lerneinheit pro Studierendem, zusätzlich zu den 4 SWS der Lehrveranstaltung gemäß Stundenplan (siehe Abb. 3), ergibt sich aus den regelmäßig notwendigen Bewertungen und Rückmeldungen zu den Elementen RW, TT und PS.

Die relativ knappen Bewertungszeiten werden dadurch ermöglicht, dass nur eine grobe Differenzierung der Leistung nach dem in Abb. 2 gezeigten Bewertungsschema stattfindet. Bei einem Kurs mit ca. 40 Studierenden ergibt sich daher ein zusätzliches Zeitinvestment von ca. einer halben Stunde pro Werktag bei einer 5-Tage-Woche. Die Durchführung ist daher auch im Falle eines einzelnen Lehrenden ohne zusätzliche Unterstützung umsetzbar.

Um das Zeitinvestment bei größeren Kursen zu verringern, kann z.B. bei den PS-Elementen nur eine Teamabgabe anstatt der individuellen Abgabe vereinbart werden. Allerdings erhöht sich dadurch die Wahrscheinlichkeit, dass vorwiegend die stärkeren Teammitglieder die PS-Aufgaben bearbeiten und

## 3. Ergebnisse und Diskussion

### Örtliche und zeitliche Flexibilität

Da eine reine Online-Teilnahme möglich ist, wird dem Wunsch nach örtlicher Flexibilität mit dem vorgestellten Konzept Rechnung getragen. Die zeitliche Flexibilität ist gegenüber einer reinen Präsenzvorlesung deutlich verbessert. Die Studierenden haben innerhalb einer 14-tägigen Lerneinheit nur 200 min Kontaktzeit mit der Lehrperson (vgl. 360 min/14 Tage bei einer reinen 4 SWS Präsenzveranstaltung), von denen 20 min als Team innerhalb der Team Sections (siehe Abb. 1) frei gewählt werden. Die restliche Zeit kann zur Bearbeitung der oben aufgeführten Elemente (RW, TT, PS) verwendet werden.

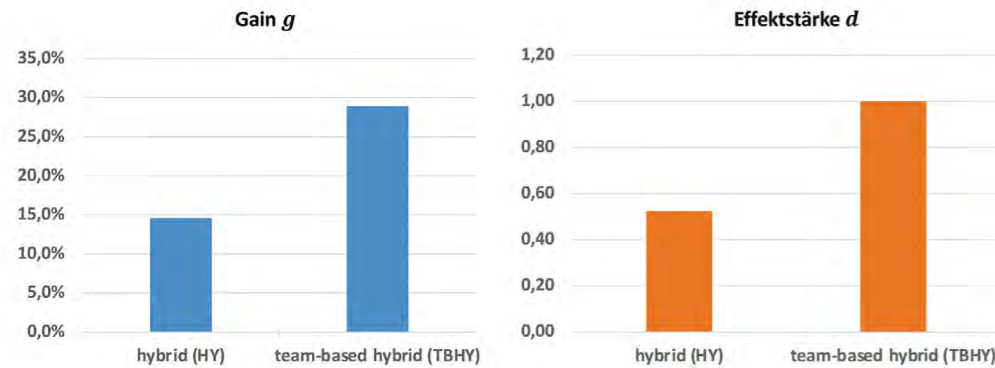


Abb. 4: Lernerfolg der beiden Lehrkonzepte TBHY und HY im Vergleich bezüglich Gain und Effektstärke.

die Schwächeren im Team umso weniger üben. Außerdem kann die Teamgröße nach oben angepasst werden, wenn die verfügbaren Slots in den Team-Sections nicht ausreichen.

**Lernerfolg**

Um den Lernerfolg zu messen, wurden in einem „One-Group Pre-Post Design“ 18 konzeptionelle Multiple-Choice Fragen aus sogenannten Concept Inventories (Kautz, Neubersch, & Direnga, 2023) zu Beginn und am Ende des Semesters gestellt. Dabei bezogen sich 6 Fragen auf die Lernziele des TBHY-Konzeptes und 12 Fragen auf die des HY-Konzeptes. Am Pre-Test haben  $N_{pre} = 39$ , am Post-Test  $N_{post} = 23$  Studierende teilgenommen. Als Messgröße für den Lernerfolg wurde der Mittelwert des Anteils korrekter Antworten  $\bar{c}_{pre}$  im Pre- und  $\bar{c}_{post}$  im Post-Test definiert und dessen „gain“ *g* nach Hake (1998) und Effektstärke *d* nach Cohen (1988) bestimmt.

$$g = \frac{\bar{c}_{post} - \bar{c}_{pre}}{1 - \bar{c}_{pre}}$$

$$d = \frac{\bar{c}_{post} - \bar{c}_{pre}}{\sigma_{pre}}$$

Der Unterschied in den beiden Größen liegt in der Normierung: Für die Berechnung von *g* wird auf die maximal erreichbare Veränderung normiert, für die Berechnung von *d* auf die Standardabweichung  $\sigma_{pre}$  des Pre-Tests.

Da keine Zuordnung der Antworten zu den individuellen Studierenden möglich war, wurden die Mittelwerte  $\bar{c}_{pre}$  und  $\bar{c}_{post}$  jeweils als Mittelwerte über alle Studierenden und Fragen des Tests ermittelt. Dadurch kann das Ergebnis verzerrt werden, da auch Antworten von Studierenden eingehen, die entweder nur den Pre- oder nur den Post-Test durchgeführt haben.

Wie in Abb. 4 gezeigt, ist bei den Lerneinheiten, die mit dem neuen TBHY-Konzept durchgeführt wurden, ein deutlich erhöhter Lernerfolg zu erkennen im Vergleich zu den Lerneinheiten, die mit dem einfachen hybriden Konzept (HY) durchgeführt wurden. Bemerkenswert ist, dass das Thema des TBHY-Konzeptes (Thermodynamik) von den Studierenden generell als schwieriger im Vergleich zu den Themen des HY-Konzeptes (Energie und Fluidodynamik) eingeschätzt wurde.

Gemäß Hake (1998) liegt der Wert von *g*  $\approx 29\%$  über dem mittleren Wert von *g*  $\approx 23\%$ , der in Kursen mit keinen oder nur wenigen aktivierenden Elementen erreicht wird. Eine Effektstärke in der Größenordnung von *d*  $\approx 1$  wird von Cohen als „stark“ eingeschätzt (Cohen, 1988; Maier-Riehle & Zwingmann, 2000).

**Fazit**

Zusammengefasst zeigen diese ersten Ergebnisse, dass das neue teambasierte hybride Konzept räumliche und zeitliche Flexibilität ermöglicht, ohne dabei den Lernerfolg zu verringern. Im Gegenteil, es gibt Anzeichen, dass der Lernerfolg deutlich steigt, auch wenn dies statistisch noch nicht gesichert ist. Das notwendige zusätzliche Zeitinvestment ist sogar für Lehrende ohne zusätzliche personelle Ressourcen leistbar und kann für größere Gruppen optimiert werden. Um eine bessere Interpretation des Lernerfolges zu ermöglichen, werden die Testergebnisse in den folgenden Semestern nicht anonym, sondern individualisiert für jeden Studierenden erhoben und die Auswertung über mehrere Semester ausgedehnt.

**Literatur**

Albrecht, C., Jantos, A., & Böhm, C. (2023). Hybride Lehrveranstaltungen – Spannungsfeld zwischen technischer Praktikabilität und didaktischem Anspruch. *Perspektiven auf Lehre. Journal for Higher Education and Academic Development*, 1(1), 10.55310/jfhead.31

Hochschule Albstadt-Sigmaringen. (2020). Interne Umfrage Studierende zum digitalen Sommersemester 2020.

Buß, I. (2019). *Flexibel studieren – Vereinbarkeit ermöglichen. Studienstrukturen für eine diverse Studierendenschaft*. Wiesbaden: Springer VS.

Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. L. Erlbaum Associates.

Dittler, U. & Kreidl, C. (Hrsg.). (2021). *Wie Corona die Hochschullehre verändert*. Wiesbaden: Springer Fachmedien. 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>

Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American journal of Physics*, 66(1), 64-74.

Kautz, C. H. (2014). *Tutorien zur Elektrotechnik*. Pearson Deutschland GmbH.

Kautz, C.; Neubersch, D. & Direnga, J. (2023). *Concept Inventories*. Abgerufen von <https://cgi.tu-harburg.de/zllwww/fachdidaktik/ci/> abgerufen am 05.05.2023

Maier-Riehle, B. & Zwingmann, C. (2000). Effektstärkevarianten beim Eingruppen-Prä-Post-Design: Eine kritische Betrachtung. *Die Rehabilitation*, 39(04), 189-199. 10.1055/s-2000-12042

Mazur, E. (1997). *Peer Instruction: A User's Manual*. Prentice-Hall.

Mazur, E. (2022). How the Pandemic Changed My Teaching – The Moral Dilemma of Going Back. Abgerufen von <https://youtu.be/B69fLBvM9No> abgerufen am 05.05.2023

Mazur, E. (2022a). Principles and Practice of Physics, Chapter 1.8, Global Edition. Pearson Education, Limited.

Mazur, E. (2023). AP50: Project and Team-based Introductory Physics, Harvard University, USA. Abgerufen von <https://canvas.harvard.edu/courses/88146> abgerufen am 05.05.2023

McDermott, L. C. & Shaffer, P. S. (2011). Tutorien zur Physik. Pearson Deutschland GmbH.

Meissner, J. O.; Weichbrodt, J. & Hübscher, B. (2016). Flexible neue Arbeitswelt – Eine Bestandsaufnahme auf gesellschaftlicher und volkswirtschaftlicher Ebene. Zürich: VDF Hochschulverlag AG.

Nissen, J. M., Talbot, R. M., Thompson, A. N. & Van Dusen, B. (2018). Comparison of normalized gain and Cohen's d for analyzing gains on concept inventories. *Physical Review Physics Education Research*, 14(1), 010115. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.14.010115>

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>

Reinmann, G. (2022). Präsenz-, Online- oder Hybrid-Lehre? Auf dem Weg zum post-pandemischen-“Teaching as Design“. In *Doing Higher Education* (S. 1–16). Wiesbaden: Springer Fachmedien.

#### Angaben zu den AutorInnen

##### Michael Wendlandt

Studium der Physik an der TU München, Universität Konstanz und dem Weizmann Institute of Science (Rehovot, Israel). Danach Promotion und Postdoc an der ETH (Zürich, Schweiz) und anschließend leitende Forschungstätigkeit bei W.L. Gore & Associates GmbH in München im Bereich der angewandten Polymerwissenschaften. Seit 2018 Professor für naturwissenschaftliche Grundlagen und Materialwissenschaften an der Hochschule Albstadt-Sigmaringen und dort Mitglied des Instituts für zukunftsfähiges Lehren und Lernen (IZL<sup>2</sup>).

## Lernzuwächse und aktivierende Lehre – Eine Bilanz nach einer Dekade der Messungen und Anwendung

Andreas Modler  
Berliner Hochschule für Technik

### Zusammenfassung

Im Zeitraum zwischen 2012 und 2022 wurde der Lernzuwachs in Mechanik in 13 Physik-Kursen in technischen Studiengängen mit insgesamt 495 Studierenden an zwei verschiedenen Hochschulen in Deutschland und der Schweiz mittels des Force Concept Inventory (FCI) gemessen.

In den Lehrveranstaltungen wurden aktivierende Lehrformen in unterschiedlicher Ausprägung eingesetzt (Peer Instruction (PI), spezielle Tutorials (T), Just-in-Time-Teaching (JiTT)).

Dabei wurde ein über alle Kurse gemittelter Lernzuwachs von 0,36, eine mittlere individuelle Änderung von  $(0,37 \pm 0,07)$  und eine Effektstärke von 1,15 bestimmt.

Die Daten bestätigen den positiven Effekt der Lehrmethoden auf den studentischen Lernzuwachs und waren auch Anlass, diese Methoden noch weiter auszubauen und anzuwenden.

### 1. Einleitung

Die hier beschriebenen Lernzuwächse wurden ab dem Jahr 2012 in einführenden Kursen zur Physik in Ingenieurstudiengängen gemessen, welche die Newtonschen Mechanik zum Gegenstand haben. Als Messinstrument wurde der Force Concept Inventory (FCI) eingesetzt (Hestenes et al., 1992), ein aus 30 Multiple-Choice-Fragen bestehender Test, der das Verständnis der Newtonschen Mechanik und der zugrundeliegenden Konzepte misst. Die Ergebnisse in den ersten Vortests zu Kursbeginn im Herbstsemester (HS) 2012 waren Anlass Ausschau nach Konzeptverständnis fördernden Lernmethoden zu halten. Mit interaktiven Lehrmethoden, welche das studentische Engagement befördern und die Studierenden aktiv in den Unterricht einbeziehen, wurden wirksame didaktische Konzepte gefunden (Freeman et al., 2014). Aus diesem Grund wurden die Lehrveranstaltungen auf Basis neuer Lehrmethoden wie JiTT, PI und Tutorials umgestaltet.

### 2. Methodik, Daten und Metriken

Die Lernzuwächse wurden mit dem FCI (Hestenes et al., 1992) gemessen. Der Vortest wurde in allen Kursen in der zweiten oder dritten Veranstaltung im Unterrichtsraum nach der initialen Auftaktveranstaltung durchgeführt. In den Kursen vom HS 2012 bis zum Sommersemester (SS) 2017 wurden der Vortest und der Nachtest mit einem Antwortbogen auf Papier durchgeführt. Ab dem Wintersemester (WS) 2017/18 wurden

1. Studiengang	MT	MV	MTt	ST	MTt	PTM	PTM	PTM	PTM	PTM	PTM	PTM	PTM
2. Kurszeitraum	HS12	HS12	HS13	HS14	HS15	WS16/17	SS17	WS17/18	WS18/19	WS19/20	WS20/21	WS21/22	WS22/23
3. Aktivierende Lehrmethoden	PI, T	PI, T	PI, T	PI, T	PI, T	PI, T	PI, T	PI, T	PI, T, JiTT	PI, T, JiTT	PI, T, JiTT	PI, T, JiTT	PI, T, JiTT
4. Eingeschriebene Kursteilnehmer	24	14	21	27	33	58	36	62	41	58	58	35	28
5. Abitur (Matura)	2	0	0	1	0	40	11	25	24	34	26	18	15
6. Berufsausbildung	21	14	21	24	33	13	10	4	10	4	6	4	5
7. Teilnehmer Vortest $N_V$	23	14	21	25	32	48	23	39	41	44	43	25	18
8. Mittlere Punktzahl Vortest $\langle X_V \rangle$	13,35	13,29	17,19	15,92	15,88	9,27	9,13	8,74	9,2	8,6	12,02	8,2	10,17
9. Standardabweichung Vortest $SD_V$	5,14	3,26	5,78	4,99	4,65	5,39	5,07	4,3	4,99	5,44	5,71	5,33	5,65
10. Paarige mittlere Punktzahl Vortest $\langle P_V \rangle$	13,76	13,29	17,55	16,13	15,82	10,72	10,36	9	9,53	7,88	12,91	9,75	10,45
11. Paarige Standardabweichung Vortest $SD_{V,p}$	5,17	3,26	5,69	4,99	4,51	5,42	4,5	4,11	4,19	5,28	5,62	5,8	2,66
12. Teilnehmer Nachtest $N_N$	22	14	20	24	28	31	16	12	19	20	25	20	13
13. Mittlere Punktzahl Nachtest $\langle X_N \rangle$	20,32	21	22,6	22,21	20,86	18,84	15,63	13,92	18,47	15,95	18	13,7	16,62
14. Standardabweichung Nachtest $SD_N$	4,91	4,38	5,07	6	5,19	6,13	6,57	6,14	6,37	5,23	8,07	7,46	6,61
15. Teilnehmer an Vor- und Nachtest $N_p$	21	14	20	24	28	29	11	10	19	16	23	17	11
16. Paarige mittlere Punktzahl Nachtest $\langle P_N \rangle$	20,62	21	22,6	22,21	20,86	19,21	15,91	12,9	18,47	15,81	17,78	15,31	15,73
17. Paarige Standardabweichung Nachtest $SD_{N,p}$	4,82	4,38	5,07	6	5,19	6,07	6,67	5,32	6,37	5,08	8,39	7,34	6,2
18. Korrelation r zwischen Vor- und Nachtest	0,61	0,7	0,64	0,6	0,65	0,73	0,82	0,68	0,52	0,84	0,7	0,76	0,43
19. Lernzuwachs nach Hake g	0,42	0,46	0,41	0,44	0,36	0,44	0,28	0,19	0,44	0,36	0,28	0,27	0,27
20. Mittlere individuelle Änderungen c	0,43	0,48	0,42	0,47	0,37	0,47	0,3	0,18	0,45	0,37	0,33	0,28	0,26
21. Standardunsicherheit $u_c$ von c	0,05	0,06	0,06	0,07	0,05	0,04	0,07	0,07	0,07	0,04	0,09	0,07	0,1
22. Unabhängige Effektstärke nach Cohen $d_{un}$	1,37	2	0,94	1,1	1,04	1,47	0,97	0,82	1,66	1,53	0,68	0,84	1,11
23. Korrelierte Effektstärke nach Cohen $d_{kor}$	1,37	1,91	0,93	1,09	1,03	1,46	0,85	0,79	1,59	1,53	0,63	0,81	1,01

Tab. 1: Kurse, verwendete aktivierende Lehrmethoden und deren Ergebnisse im Vor- und Nachtest beim FCI. Es handelt sich um die Bachelorstudiengänge Maschinenteknik Vollzeit (MT) oder berufsbegleitend in Teilzeit (MTt), Maschinenverfahrenstechnik (MV) und Systemtechnik (ST) an der ZHAW in grauer Farbe hinterlegt sowie Physikalische Technik – Medizinphysik (PTM) an der BHT in blauer Farbe hinterlegt. Die paarigen mittleren Punktzahlen  $\langle P_V \rangle$  in Zeile 9 und  $\langle P_N \rangle$  in Zeile 15 geben die Mittelwerte über die Ergebnisse der Teilnehmer an, die sowohl an Vor- und Nachtest teilgenommen haben.  $SD_{V,p}$  in Zeile 10 und  $SD_{N,p}$  in Zeile 16 sind die zugehörigen Standardabweichungen. In Zeile 17 ist die Korrelation r zwischen Vor- und Nachtest für die Teilnehmer an beiden Tests gegeben.

beide Tests im Lernmanagementsystem (LMS) Moodle in digitaler Form in Präsenz durchgeführt. Die Tests wurden direkt nach Abgabe und Beendigung für die Studierenden unsichtbar geschaltet, um die Integrität des Diagnoseinstruments nicht zu gefährden. Zusätzlich wurden Informationen über die Bildungsbiografien und die Hochschulzugangsberechtigung erfasst. In den an der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW) durchgeführten Kursen (HS 2012 – HS 2015) erfolgte der Nachtest in der vorletzten Unterrichtswoche nach 13 Wochen. An der Berliner Hochschule für Technik (BHT) erfolgte in den Kursen seit 2016 der Nachtest innerhalb der 13. bis 14. Unterrichtswoche im darauf aufbauenden Kurs, der in der zweiten Semesterhälfte desselben Semesters üblicherweise nach 9 Semesterwochen (SW) begann. Die Tabelle 1 fasst die erhobenen Daten zusammen.

Als Maß für den Lernzuwachs wird hier der normierte Punktezugewinn nach Hake (Hake, 1998) verwendet. Dieser ist durch  $g = \frac{\langle P_N \rangle - \langle P_V \rangle}{P_{Max} - \langle P_V \rangle}$  gegeben, wobei  $P_V$  und  $P_N$  die paarigen mittleren Punktzahlen im Vor- bzw. Nachtest bezeichnen (s. h. Zeile 18 in Tab. 1).  $P_{Max}$  ist die im Test maximal erreichbare Punktzahl, die beim aus 30 Fragen bestehenden FCI 30 beträgt. Darüber hinaus wird die normierte Änderung c verwendet (Marx & Cummings, 2007), die durch Berechnung der individuellen

$$\text{Änderungen } c_i = \begin{cases} \frac{P_N - P_V}{P_{Max} - P_V} \geq 0 & (P_N \geq P_V) \\ \frac{P_N - P_V}{P_V} < 0 & (P_N < P_V) \end{cases} \text{ berücksichtigt, dass}$$

bei individuellen Ergebnissen im Nach- und Vortest negative Differenzen auftreten können, für die eine Normierung auf den maximal möglichen Punktezugewinn nicht sinnvoll ist und besser durch die Normierung durch das Vortestergebnis als maximal möglichen Punktverlust zu ersetzen ist. Die Mittelung erfolgt nach Berechnung der individuellen Änderungen aller Teilnehmer  $N_p$  am Vor- und Nachtest und ergibt die

mittlere individuelle Änderung  $c = \frac{1}{N_p} \sum_{i=1}^{N_p} c_i$ . Die mittleren individuellen Änderungen der Kurse können der Zeile 19 in Tabelle 1 entnommen werden. Die zugehörige Standardunsicherheit  $u_c$  von c ist gegeben durch  $u_c = \sqrt{\frac{1}{N_p(N_p-1)} \sum_{i=1}^{N_p} (c - c_i)^2}$ .

Für einzelne Kurse ist eine entsprechende Unsicherheit für g nicht direkt bestimmbar.

Als weitere Metriken zur Bewertung der Lernzuwächse wurden auch die Effektstärken nach Cohen berechnet (Nissen et al., 2018). Cohens  $d_{un}$  ist für die Annahme des Vor- und Nachtests als unabhängige Stichprobe durch  $d_{un} = \frac{\langle P_N \rangle - \langle P_V \rangle}{\sqrt{\frac{1}{2}(SD_{N,p}^2 + SD_{V,p}^2)}}$

gegeben und in Zeile 22 der Tab.1 für die Kurse aufgeführt. Für die Annahme korrelierter Stichproben kann die Effektstärke

$$d_{kor} \text{ durch } d_{kor} = \frac{\sqrt{2(1-r)}(\langle P_N \rangle - \langle P_V \rangle)}{\sqrt{SD_{N,p}^2 + SD_{V,p}^2 - 2 \cdot r \cdot SD_{N,p} \cdot SD_{V,p}}}$$

wobei r der Korrelationskoeffizient in Zeile 17 der Tab. 1 ist. Die Werte für die korrelierten Effektstärken  $d_{kor}$  sind in Zeile 23 der Tab.1 für die Kurse gegeben.

### 3. Ergebnisse

In den 13 Kursen hatten sich insgesamt 495 Studierende eingeschrieben, wovon 396 am Vortest und 264 am Nachtest teilnahmen (siehe Tab. 1). Die Mittelwerte im Vortest von 15,3 bzw. 9,5 Punkten für die Kurse an der ZHAW bzw. der BHT unterscheiden sich hochsignifikant voneinander ( $p < 10^{-15}$  beim zweiseitigen Welch-Test). An beiden Tests nahmen 243 Studierende teil, was bezogen auf die Einschreibungen einer Quote von 49% und bezogen auf die Teilnehmer des Vortests einer Quote von 61% entspricht. Die auf die



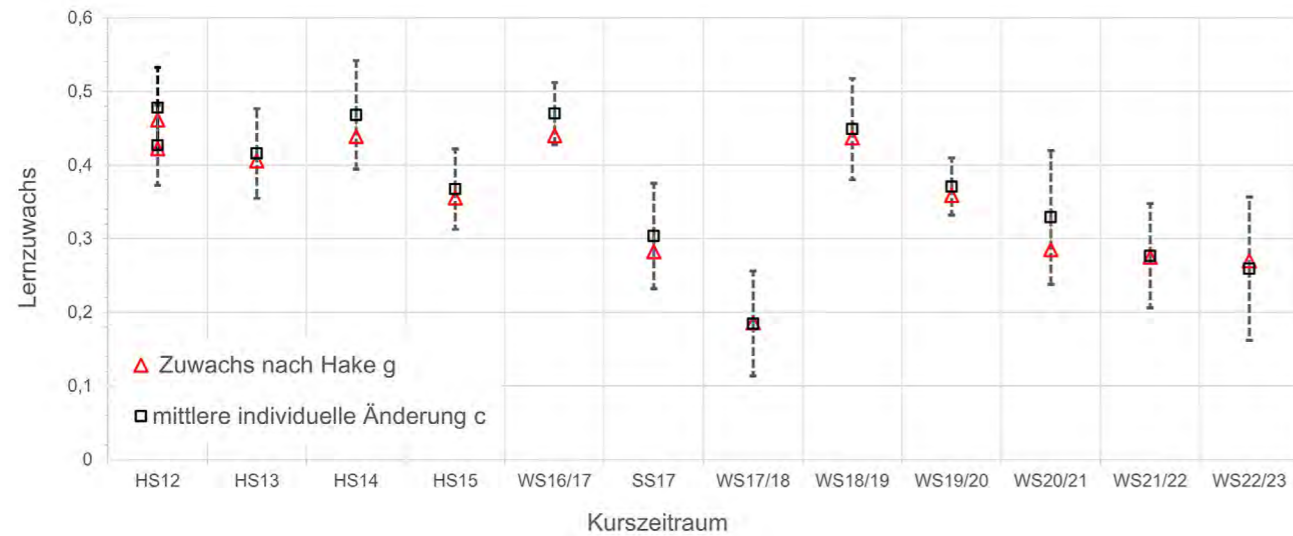


Abb. 1: Lernzuwachs für die verschiedenen Kurse in den Kurszeiträumen vom HS12 bis zum WS22/23. Als Maß für den Lernzuwachs wurde der Zuwachs nach Hake g (Δ) und die mittlere individuelle Änderungen c (□) verwendet. Die gestrichelten Balken geben die Standardunsicherheit  $u_c$  der mittleren individuellen Änderung (in der Statistik auch als Standardfehler des Mittelwerts bezeichnet) des Kurses in dem jeweiligen Kurszeitraum an. Im HS12 wurden zwei Kurse parallel durchgeführt, die höheren Werte für den Lernzuwachs gehören zu dem Kurs im Studiengang MV. Die genauen Werte der dargestellten Daten können der Tab. 1 entnommen werden.

Kurseinschreibungen bezogene Teilnahmequote an beiden Tests beträgt für die im HS12 bis HS15 an der ZHAW durchgeführten Kurse 90%. In den an der BHT vom WS16/17 bis WS22/23 durchgeführten Kursen beträgt diese Quote 34%. Über alle Kurse gemittelt ergibt sich ein Zuwachs nach Hake von  $g=0,36$  und eine mittlere individuelle Änderung von  $c = (0,37 \pm 0,07)$ . Über die an der ZHAW durchgeführten Kurse ergeben sich mittlere Werte von  $g=0,42$  und  $c=(0,43 \pm 0,06)$ , über jene an der BHT Werte von  $g=0,32$  und  $c=(0,33 \pm 0,07)$ .

In Abb. 1 sind die Metriken g und c zur Quantifizierung des Lernzuwachses für die untersuchten Kurse als Zeitreihe über die Kurszeiträume vom HS12 bis WS22/23 aufgetragen. Die Werte für g und c in Abb. 1 sind sehr ähnlich. Es können aber auch Abweichungen im zweistelligen Prozentbereich auftreten (Bao, 2006), wie die Werte für den Kurs im WS20/21 mit einer Diskrepanz von 15% zwischen g und c zeigen.

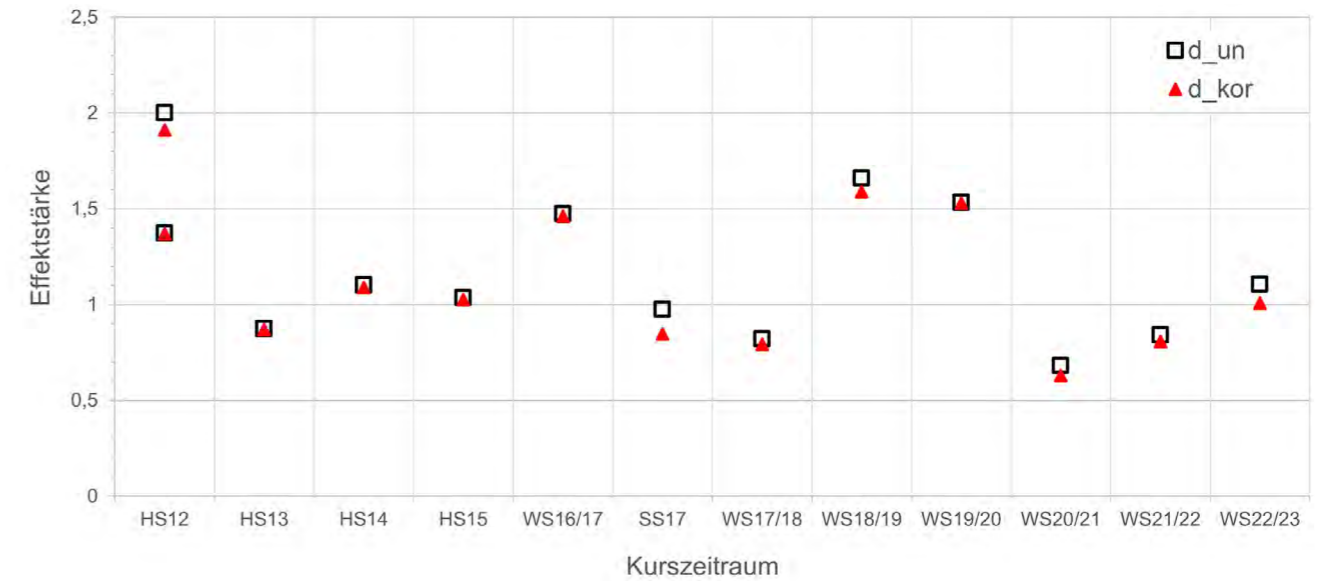


Abb. 2: Effektstärken nach Cohen für die verschiedenen Kurse in den Kurszeiträumen vom HS12 bis zum WS22/23. Die unabhängige Effektstärke  $d_{un}$  wird durch □ und die korrelierte Effektstärke  $d_{kor}$  durch ▲ symbolisiert. Im HS12 wurden zwei Kurse parallel durchgeführt, die höheren Werte der Effektstärken gehören zu dem Kurs im Studiengang MV. Die genauen Werte der dargestellten Daten können der Tab. 1 entnommen werden.

Der höchste gemessene Wert für g bzw. c wurde gleich z.B. im HS12 im Kurs MV mit  $0,46$  bzw.  $(0,48 \pm 0,06)$  erzielt. Den Tiefpunkt stellt die Messung im WS17/18 im Kurs PTM mit Werten von  $g=0,19$  und  $c = (0,18 \pm 0,07)$  dar. Die Standardunsicherheiten  $u_c$  für c variieren im Bereich von  $0,05$  bis  $0,1$ . Zwischen HS12 und WS16/17 zeigen die Lernzuwächse einen konstanten Trend in Form einer Seitwärtsbewegung. Im SS17 brechen die Werte ein und erreichen im WS17/18 ihren Tiefpunkt. Im WS18/19 wird das gleiche Niveau wie zwischen den HS12 und WS16/17 erreicht, woran sich ein moderater Abwärtstrend anschließt, der bereits im WS21/22 in eine Seitwärtsbewegung übergehen zu scheinen, die noch deutlich über dem Tiefpunkt des WS17/18 liegt.

In Abb. 2 sind die Zeitreihen der unkorrelierten Effektstärke  $d_{un}$  und der korrelierten Effektstärke  $d_{kor}$  nach Cohen für die untersuchten Kurse dargestellt. Die beiden Effektstärken weisen

im Vergleich zueinander für einen betrachteten Kurszeitraum sehr ähnliche Werte auf, wobei  $d_{un}$  immer größer als  $d_{kor}$  ist. Die maximale Abweichung zwischen beiden Werten liegt bei 13% im SS17.

Die höchste Effektstärke wurde im HS12 mit dem Wert  $d_{un}=2.0$  gemessen, die niedrigste im WS20/21 mit dem Wert  $d_{kor}=0,63$ . Die Mittelwerte mit ihren Standardunsicherheiten über alle Kurszeiträume betragen  $d_{un}=(1,19\pm 0,11)$  und  $d_{kor}=(1,15\pm 0,11)$ . Die mittleren Effektstärken für die in der Schweiz durchgeführten Kurse betragen  $d_{un}=(1,29\pm 0,20)$  und  $d_{kor}=(1,27\pm 0,18)$ , für jene in Deutschland  $d_{un}=(1,14\pm 0,14)$  und  $d_{kor}=(1,08\pm 0,15)$ . Die Effektstärken zeigen eine volatile Seitwärtsbewegung vom HS12 bis zum WS19/20, gefolgt von einem Einbruch im WS20/21. Seitdem erfolgte eine Erholung der Werte über das WS21/22 bis zum WS22/23 in etwa auf das Durchschnittsniveau des gesamten Betrachtungszeitraums.

#### 4. Diskussion

Die Ursache des Unterschieds im Vortest zwischen den Studierenden an der ZHAW mit 15,3 Punkten und der BHT mit 9,5 Punkten wird in den unterschiedlichen Zugangsvoraussetzungen zu einer Hochschule vermutet. In der Schweiz ist eine abgeschlossene duale Berufsausbildung und eine Berufsmaturität im technischen Bereich für ein Ingenieursstudium notwendig, wodurch eine erhebliche Vorbildung in Physik und Technik gewährleistet wird, die beim Abitur in diesem Umfang scheinbar nicht gegeben ist.

Die Lernzuwächse der Kurse an der ZHAW liegen mit ihren g-Werten von 0,37 bis 0,48 mit Mittel 0,42 in einem Bereich, der für einen auf aktivierenden und konzeptverständnisorientierten Lehrmethoden basierten Unterricht zu erwarten

ist. In der wegweisenden Metastudie von Hake aus dem Jahr 1998 wurden für diese Unterrichtsformen Zuwächse von  $g=(0,48\pm 0,14)$  angegeben (Hake, 1998). Die fünfzigtausend Studierende umfassende Metastudie von Korff et al. aus dem Jahre 2016 reproduziert diese Zuwächse für interaktiven Unterricht mit einem leicht niedrigeren Wert von  $g=0,39$  (Von Korff et al., 2016). Die Kurse an der ZHAW waren mit 4 Leistungspunkten (ECTS) bewertet. Sie umfassten wöchentlich eine Doppelkennung (90min) Unterricht mit der ganzen Klasse und eine Doppellektion Übungen in Halbklassen. Die durchschnittliche Klassengröße betrug ca. 24 Studierende. Die Unterrichtszeit umfasste 14 Wochen eines HS. Im seminaristischen Unterricht wurde als interaktive Lehrmethode Peer Instruction (PI) (Mazur, 1997) eingesetzt, wobei anfänglich das Meinungsbild in den beiden Kursen des HS12 mit Buchstabenkarten (Flash Cards) eingeholt wurde. Für alle weiteren in dieser Arbeit untersuchten Kurse wurde ein elektronisches Abstimmungssystem (Klicker) angeschafft, das dann ausschließlich verwendet wurde. Als weitere aktivierende und insbesondere das Konzeptverständnis stärkende Lehrmethode wurden etwa zwei Drittel der Übungen als Tutorien abgehalten, in denen strukturierten Arbeitsblätter (Tutorials) (McDermott & Shaffer, 2008) in Kleingruppen von 3 bis 4 Studierenden bearbeitet wurden. Diese Arbeitsblätter wurden von Lilian McDermott und ihrer Arbeitsgruppe an der University of Washington nach dem Prinzip des Entlockens, Konfrontierens und Auflörens (Elicit, Confront, Resolve) entwickelt (McDermott, 2001).

Die Kurse im Studiengang PTM an der BHT wurden mit jeweils 5 ECTS bewertet. Sie wurden in der ersten Semesterhälfte des jeweiligen WS über 8 oder 9 SW abgehalten. Wöchentlich wurden dabei 3 Blöcke (90 min) seminaristischer Unterricht mit einem vollen Zug abgehalten, wobei ein Zug als Plangröße idealerweise 44 Studierende umfassen sollte. Die wöchentlichen Übungen wurden in Halbzügen über jeweils 1 Block angeboten.

Der Kurs im WS2016/17 wurde analog zu den Kursen an der ZHAW mit PI und Tutorien gestaltet mit dem einzigen Unterschied, dass in den Übungen durchweg Tutorien eingesetzt wurden. Erwartungsgemäß wurde mit  $g=0,44$  ein vergleichbarer Lernzuwachs registriert. Der darauffolgende Einbruch der Werte mit einem Tiefpunkt von  $g=0,18$  im WS17/18, der charakteristisch für konventionelle Lehrmethoden in lehrendenzentrierten Unterrichtsszenarien ist (Stanzel et al., 2017), war daher völlig unerwartet und überraschend.

Als Reaktion wurden die Kurse um die interaktive und aktivierende Lehrmethode des Just-in Time Teachings (JiTT) (Novak et al., 1999) ergänzt. Die Bearbeitung der Leseaufträge wurde durch Tests im LMS sichergestellt, die mit einem Gewicht von rund 10% in die Modulnote einfließen. Die Wirksamkeit dieser Maßnahme scheint sich durch den Wiederanstieg der Zuwächse (s. h. Abb. 1) auf  $g=0,44$  bzw.  $c=(0,45\pm 0,07)$  im WS18/19 und  $g=0,36$  bzw.  $c=(0,37\pm 0,04)$  im WS19/20 zu bestätigen.

Zieht man nur den Zuwachs  $g$  in Betracht, so scheint im ersten WS20/21 während der Corona-Pandemie mit  $g=0,28$  und den beiden darauffolgenden WS mit  $g=0,27$  ein signifikanter Abfall aufzutreten (s. h. Abb.1). Die zugehörigen mittleren individuellen Änderungen  $c$  mit ihren Standardunsicherheiten (WS20/21:  $c=(0,33\pm 0,09)$ , WS21/22:  $c=(0,28\pm 0,07)$ , WS22/23:  $c=(0,26\pm 0,10)$ ) unterstützen jedoch diesen Schluss nicht eindeutig, da für die fraglichen Kurszeiträume die Standardunsicherheiten deutlich zunehmen. Die Werte sind immer noch im guten Einklang mit dem Lernzuwachs von 0,31, der im Mittel über 6 Jahre an der Hochschule Rosenheim für aktivierende Lehre mittels JiTT und PI beobachtet wurde (Stanzel et al., 2021).

In diesem Zusammenhang ist es aufschlussreich ergänzend die in Abb. 2 gezeigten Effektstärken  $d$  zu betrachten, die einen Abfall im WS20/21 aufweisen. In den Erziehungs- und Sozialwissenschaften werden zur Messungen von Änderungen Effektstärken herangezogen, wohingegen der Lernzuwachs als Metrik unbekannt ist und auf die Physics Education Research Gemeinde begrenzt zu sein scheint (Nissen et al., 2018). Werte von  $0,2 < d \leq 0,5$  stellen kleine, von  $0,5 \leq d < 0,8$  mittlere und Werte von  $d \geq 0,8$  große Effektstärken dar (Maier-Riehle & Zwingmann, 2000). Die Bedeutung des absoluten Werts der Effektstärke in einem Eingruppen-Prä-Post-Design ohne Kontrollgruppe wird kontrovers diskutiert (Maier-Riehle & Zwingmann, 2000), wobei für die oben getroffene Feststellung nur die Änderungen der Effektstärken innerhalb der Zeitreihe relevant sind und nicht ihre Absolutwerte. Trotzdem ist es interessant festzustellen, dass die Effektstärken durchweg im mittleren und starken Bereich liegen. Kurse mit einem niedrigeren Lernzuwachs (WS22/23  $g=0,27$ ) können durchaus eine große Effektstärke ( $d_{un}=1,11$ ) aufweisen (siehe Tab. 1). Die in Abb. 2 gezeigten Effektstärken zeigen seitdem mit dem Ausbruch der Coronapandemie zusammenfallenden Einbruch im WS20/21 einen positiven Aufwärtstrend, der Anlass für Hoffnung gibt.

#### 5. Fazit

Die regelmäßige Bestimmung der Metriken stellt eine einfache Maßnahme zur Qualitätssicherung dar und begünstigt die Einführung aktivierender Lehrmethoden. Der dramatische Rückgang in den Werten der Metriken für das WS17/18 war Anlass zur erfolgreichen Überarbeitung der Kursgestaltung. Für die Konzeption wirksamer Kurse gibt es (leider) keine zeitlosen Patentrezepte. Vielmehr besteht die Pflicht zur Wachsamkeit und ständigen Innovationsbereitschaft.

**Literatur**

Bao, L. (2006). Theoretical comparisons of average normalized gain calculations. *American Journal of Physics*, 74(10), 917-922. <https://doi.org/10.1119/1.2213632>

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. <https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111>

Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66(1), 64-74. <https://doi.org/10.1119/1.18809>

Hestenes, D., Wells, M., Swackhamer, G. (1992). Force concept inventory. *The Physics Teacher*, 30(3), 141-158. <https://doi.org/10.1119/1.2343497>

Maier-Riehle, B., Zwingmann, C. (2000). Effektstärkevarianten beim Eingruppen-Prä-Post-Design: Eine kritische Betrachtung. *Die Rehabilitation*, 39(4), 189-199. <https://doi.org/10.1055/s-2000-12042>

Marx, J. D., Cummings, K. (2007). Normalized change. *American Journal of Physics*, 75(1), 87-91. <https://doi.org/10.1119/1.2372468>

Mazur, E. (1997). *Peer instruction: A user's manual*. Upper Saddle River, NJ.: Prentice Hall, [1997] ©1997. <https://search.library.wisc.edu/catalog/999847725002121>

McDermott, L. C. (2001). Oersted Medal Lecture 2001: "Physics Education Research—The Key to Student Learning". *American Journal of Physics*, 69(11), 1127-1137. <https://doi.org/10.1119/1.1389280>

McDermott, L. C., Shaffer, P. S. (2008). *Tutorien zur Physik* (1. Edition). Pearson Studium.

Nissen, J. M., Talbot, R. M., Nasim Thompson, A., & Van Dusen, B. (2018). Comparison of normalized gain and Cohen's  $d$  for analyzing gains on concept inventories. *Physical Review Physics Education Research*, 14(1), 010115. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.14.010115>

Novak, G. M., Patterson, E. T., Garvin, A. D., & Christian, W. (1999). *Just-In-Time Teaching: Blending Active Learning With Web Technology* (1. Edition). Pearson.

Stanzel, S., Junker, E., Graupner, F. (2021). Der Hörsaal als Labor: Aktivierende Lehre auf dem Prüfstand. *Die Neue Hochschule*, 2021(2), 20-23.

Stanzel, S., Junker, E., Schäfle, C. (2017). Lernzuwachs in Mechanik: Messungen mit dem „Force Concept Inventory“. *DiNa*, 2017(06), 24-38.

Von Korff, J., Archibeque, B., Gomez, K. A., Heckendorf, T., McKagan, S. B., Sayre, E. C., Schenk, E. W., Shepherd, C., Sorell, L. (2016). Secondary analysis of teaching methods in introductory physics: A 50 k-student study. *American Journal of Physics*, 84(12), 969-974. <https://doi.org/10.1119/1.4964354>

**Angaben zu den AutorInnen****Andreas Modler**

Diplomphysiker. Promotion in experimenteller Biophysik an der HU Berlin. Berufsbegleitendes Aufbaustudium zum Medizinphysiker. Von 2004 bis 2012 verschiedene Tätigkeiten in der Pharma- und Medizintechnikbranche. Von 2012 bis Herbst 2016 Dozent und Leiter des Schwerpunkts für Medizin- und Biophysik am Institut für angewandte Mathematik und Physik (IAMP) der School of Engineering der Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften (ZHAW) in Winterthur. Seit Herbst 2016 Professor für Physikalische Technik und Medizinphysik an der Berliner Hochschule für Technik (BHT) in Berlin.

# Mit Sicherheit mehr Wissen – wie Daten uns helfen können, das Studium zu verbessern – Ein Beispiel aus der Hochschule Hof

Prof. Dr.-Ing. Marco Linß, Prof. Dr.-Ing. Anke Müller, M.A. Anke Kaluza, Dr. Stefan Miller  
Hochschule für angewandte Wissenschaften, Hof

## Zusammenfassung

Der Beitrag beruht auf den fast 10-jährigen Erfahrungen im Rahmen von drei Förderprojekten des Freistaats Bayern. An der Hochschule Hof wurden, u.a. auf Basis einer entwickelten MINT-Datenbank und deren Analysen, zahlreiche Maßnahmen abgeleitet, durchgeführt und evaluiert. Basierend darauf wurde im letzten WiSe ein neues, modulares Studiengangskonzept im Bereich der Ingenieurwissenschaften eingeführt. Als wesentliche Erkenntnisse lassen sich folgende Aussagen festhalten:

- Eingangsprüfungen verbessern die Studienerfolgsquote
- ca. 10 % einer Kohorte wollen gar nicht studieren
- NotenMonitoringProgramme sind ein wichtiger Baustein für die Studienberatung bzw. den Studienerfolg
- Notenanrechnung braucht definierte Rahmenbedingungen
- Tutorien sind erst bei einer Teilnahme > 60 % richtig wirksam
- Prognosen zum Studienerfolg sind anhand der Hochschulzugangsberechtigungsnote bzw. anhand dem Studierverhalten im ersten Semester möglich
- der wichtigste Faktor für den Studienerfolg ist die/der Studierende selbst

## 1. Einleitung

Alle Hochschulen verwalten eine große Menge an Daten von ihren Studierenden. „In welchem Studiengang sind sie immatrikuliert?“ „Haben sie ihren Semesterbeitrag bezahlt?“ usw. Aber am meisten geredet wird innerhalb der Hochschule über die Daten der Prüfungsverwaltung: „Angemeldet?“, „Bestanden?“, „Welche Note ist es denn?“. Aber auch Fragen wie: „Wer sind denn bei euch die bösen Profs?“ oder: „Was sind denn die Killerfächer?“ stehen im Raum.

In einer Zeit, in der durch den verstärkten Rechneinsatz über Themen wie Learning Analytics (LA) und Educational Data Mining (EDM) diskutiert wird, stellt(e) sich die Frage: lassen sich diese Daten nicht nur zum Verwalten, sondern auch anders nutzen? Zum Beispiel zur Unterstützung der einzelnen Studierenden oder ganzer Kohorten. Aber auch zur Weiterentwicklung von Studiengängen und Curricula, um die Attraktivität für Studienanfängerinnen und -anfänger sowie Unternehmen zu erhöhen?

Der Beitrag soll zeigen, welche praktischen Ideen und Möglichkeiten es geben kann, aus den verwaltungstechnischen Datenmengen und mit Hilfe zusätzlich erhobener Daten einzelner Lehrveranstaltungen, Erkenntnisse zu gewinnen und daraus Maßnahmen für die verschiedenen Zielgruppen (Stakeholder) der Hochschule abzuleiten. Und das alles unter den

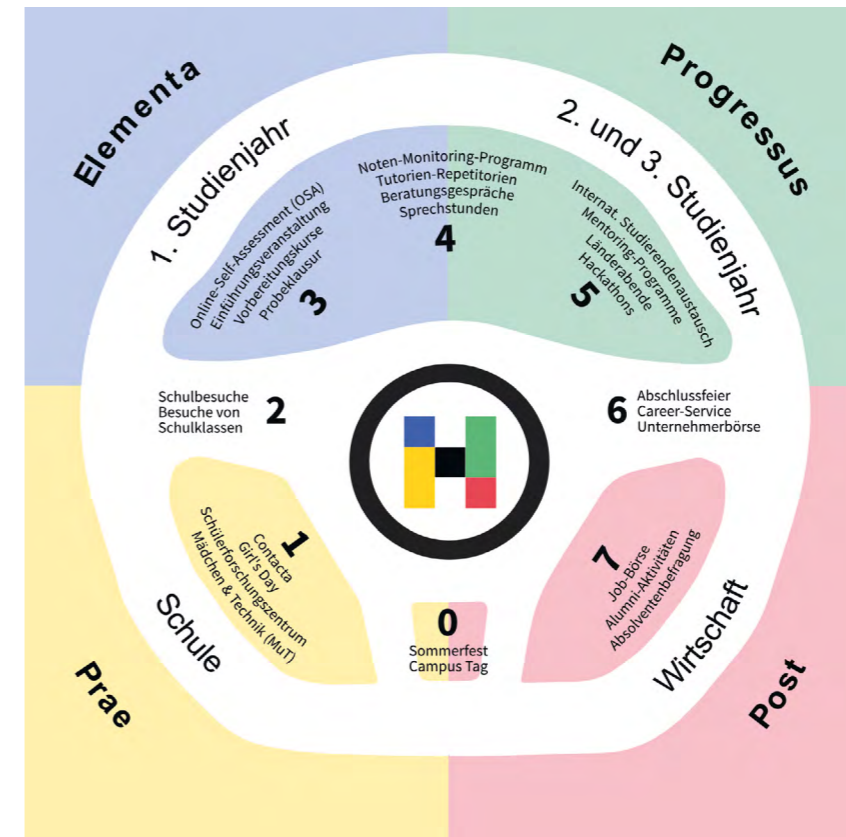


Abb. 1: Das Hofer MINT-Lenkrad

Aspekten einer Wahrung des Datenschutzes. Aber auch wie über eine Kooperation mit anderen Hochschulen weitere Potentiale erschlossen werden können.

## 2. Das Hofer MINT-Lenkrad

Die Hochschule Hof will mit ihren MINT-Aktivitäten Studieninteressierte bei der Orientierung unterstützen und die Studierenden im gesamten Studium aktiv begleiten. Als zentraler

Einstiegspunkt wurde das Hofer MINT-Lenkrad geschaffen. Das Konzept fasst alle Aktivitäten in einem Rahmen zusammen und hat zum Ziel, Orientierung zu schaffen sowie die Eigenverantwortung der/des Einzelnen zu stärken.

Das Hofer MINT-Lenkrad gliedert die Hochschulausbildung in vier Abschnitte und sieben Phasen, welche den Student-Life-Cycle darstellt und integriert gleichzeitig alle Aktivitäten der Hochschule zum Themenkreis Schule – Region – Wirtschaft.

### 3. Die MINT-Datenbank

Die Datenbank PRIMUSS des Studienbüros wird zu dem Zweck der Verwaltung der vielfältigen Studierendendaten verwendet und kann die obigen Fragestellungen nicht beantworten. Daher wurde eine eigene Datenbank geschaffen, die im Weiteren als **MINT-Datenbank** bezeichnet wird. Die MINT-Datenbank bezieht in einem ersten Schritt ihre erforderlichen Daten aus der PRIMUSS-Datenbank. In Zusammenarbeit mit der Campus IT werden diese für die eigenen Zwecke aufbereitet. Anschließend wird die MINT-Datenbank noch um weitere Informationen aus anderen Quellen (z.B. erfasste Anwesenheit bei Veranstaltungen) erweitert.

Eine Einverständniserklärung der Studierenden zu Beginn ihres Studiums, welche an den Einführungstagen freiwillig eingeholt wird, schafft die rechtliche Grundlage für die Erhebung und Verarbeitung individueller Daten zur personenbezogenen Unterstützung.

Die MINT-Datenbank ist damit ein zentraler Teil des Hofer MINT-Lenkrads und stellt die Datengrundlage für die folgenden Analysen dar. Über die Jahre wurden diese Analysen immer mehr auf alle Fakultäten der Hochschule ausgeweitet.

### 4. Eine Analyse von Einflussfaktoren auf den Prüfungserfolg

Im ersten Schritt einer Datenanalyse an der Hochschule Hof wurde der Frage nach dem Einfluss von verschiedenen Fächern und den betreuenden Dozenten auf den Studienerfolg in der Fakultät Ingenieurwissenschaften nachgegangen. Auch ging es um die generelle Frage der Aussagemöglichkeit der

angedachten Datenbasis. Die Auswertung der verfügbaren Daten erfolgt mit Methoden klassischer Versuchsplanung: vollfaktorieller Versuchsplan mit drei Einflussgrößen (Prüfer, Fach, Studiengang) und jeweils mit zwei Einstellungen.

Die Analyse der Daten, bezogen auf konkrete Dozenten (Prof. Dr. A002/Prof. Dr. A003), Fächer (Analysis/Ingenieurmathematik) und Studiengänge (Wirtschaftsingenieurwesen/Maschinenbau und Werkstofftechnik), kann zeigen, dass der Einfluss der Prüfer auf die Durchfallquote tendenziell vorhanden ist. Zugleich wird deutlich, dass die ermittelte Wahrscheinlichkeit, die Prüfung zu bestehen, sich mit ca. 17% nur wenig von Prüfer zu Prüfer unterscheidet, entgegen der landläufigen Meinung über strenge oder wohlwollende Prüfer. Auch die Suche nach sogenannten Barrierefächern fällt im Rahmen dieser Untersuchung etwas ernüchternd aus. Der Einfluss ist hier auf ca. 15% begrenzt. Noch geringer ist der Einfluss von Studiengängen auf die Leistung. Sie unterscheiden sich um lediglich 5% und widersprechen damit der Annahme von schwer oder leicht studierbaren Studiengängen (Linß, 2015).

Doch was hat wirklich den größten Einfluss auf das Bestehen von Prüfungen? Die Antwort ist recht schlicht, aber umso eindringlicher: Es ist nicht der Prüfer, das Fach oder der Studiengang, es ist die individuelle Leistungsfähigkeit des Studierenden, d.h. sein Wissenstand, seine Ausdauer und sein Engagement im Studium. Die Analyse liefert also gute Argumente für ein individuelles Monitoring und schnelles Eingreifen in Fällen, die eine Gefährdung aufzeigen (Linß, 2015). Der Startschuss für das folgende Noten-Monitoring-Programm (NMP).

Betrachtet man dabei die **Barrierefächer** über den Lauf der Jahre, so ist eine Veränderung im Ranking der Fächer in den untersuchten Fakultäten Informatik und Ingenieurwissenschaften festzustellen.

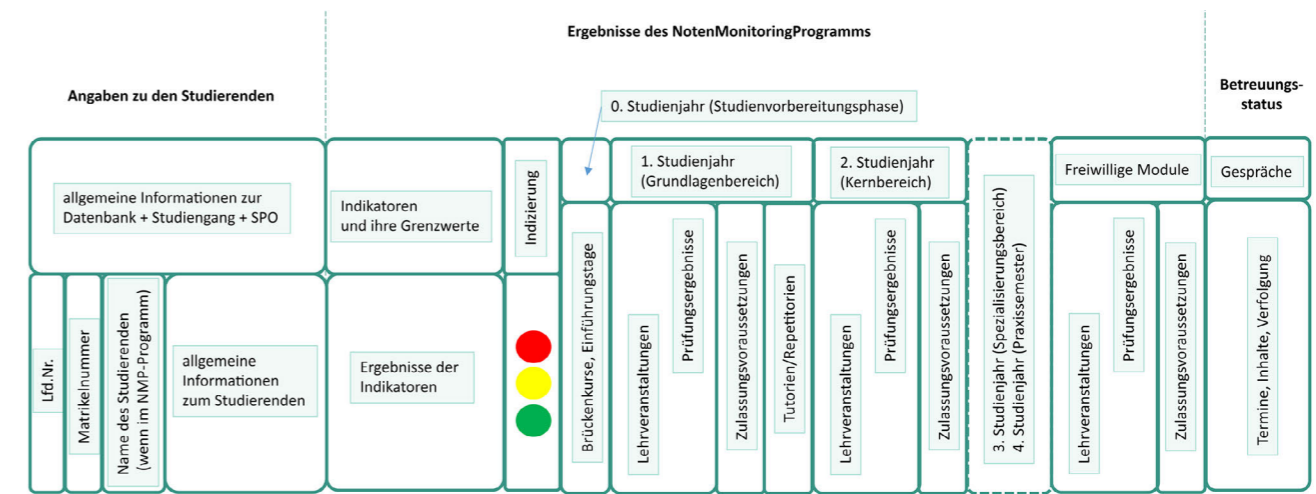


Abb. 2: Schema Noten Monitoring Programm

### 5. Das Noten Monitoring Programm (NMP)

In der Vergangenheit musste die Hochschule Hof die Erfahrung machen, dass Studierende häufig erst in die Beratung kommen, wenn sie dreimal eine Prüfung nicht bestanden haben. Dies ist sehr bedauerlich, da an diesem Punkt nur noch eine Beratung zu Alternativen angeboten werden kann, dieses Studium aber nicht mehr erfolgreich abgeschlossen werden kann. Daher hat sich die Hochschule Hof zum Ziel gesetzt, gefährdete Studierende unmittelbar nach Auftreten der Gefährdung zu identifizieren und gezielt durch die Studienberatung, und nicht durch den Lehrkörper, anzusprechen.

Ansätze anderer Hochschulen (z.B. Hörnstein, Kreth, Blank, & Stellmacher, 2016; Hoffmeister, 2015), welche ein Monitoring auf der Basis von erworbenen Credit Points durchführen, also eine Betrachtung einer rein auf der erbrachten Arbeitsleistung basierenden Kennzahl, reichen aus Sicht der Hochschule Hof

jedoch nicht aus. Für die Untersuchung der Anerkennungspraxis sowie für eine gezielte Betreuung der Studierenden im **Noten Monitoring Programm (NMP)** sind die Noten als Basiskennzahl erforderlich bzw. ausreichend, denn bisweilen weist auch eine schlechte Note in einer bestandenen Prüfung in einem Grundlagenfach auf ein dringend zu behebendes Defizit hin. Aber für ein umfassendes Bild des einzelnen Studierenden sind weitere Informationen zum Studierverhalten erforderlich (Linß & Keil-Wagner, 2017).

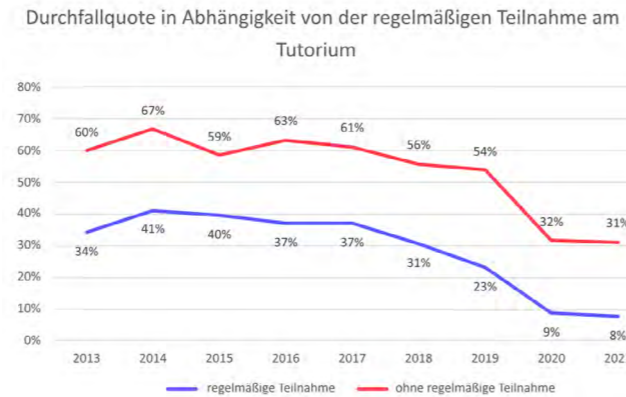
Anhand von sechs definierten Indikatoren (u.a. Anzahl der geschriebenen Prüfungen, Notendurchschnitt, Anzahl der Wiederholungsprüfungen) erfolgt semesterweise eine Beurteilung der Studienleistung und weiterer Kriterien (z.B. Teilnahme an Tutorien) der Studierenden. Über die Indikatoren wird ein Studienstatus hinsichtlich der Gefährdung des Studienerfolgs ermittelt und über eine Ampel (grün, gelb, rot) dargestellt. Die mit der Farbe „Rot“ indizierten Studierenden

werden zu einem **Gespräch mit der Studienberatung** eingeladen, um mit ihnen Möglichkeiten zur Verbesserung zu erörtern. Auf eine Einbeziehung der Dozierenden wird aufgrund von Erfahrungen bezüglich der Akzeptanz bewusst verzichtet. (Linß & Kaluza, 2022).

## 6. Wirksamkeit von Tutorien

Um die Wirksamkeit der Tutorien zu bestimmen, ist eine Anwesenheitserfassung der Studierenden an Lehrveranstaltungen notwendig. An der Hochschule wird hierfür die selbstentwickelte App CardReg genutzt werden. Dabei scannen die Lehrenden die Campuscard der Studierenden. Die Anwesenheit wird digital gespeichert und die Daten können ohne weitere Bearbeitungsschritte in der MINT-Datenbank gespeichert werden. Die Anwesenheit bei Online-Veranstaltungen wurde per Zoomprotokoll erfasst. Dabei ging es am Anfang auch um die Frage, ab wieviel teilgenommenen Einzelterminen eine Veranstaltung als „teilgenommen“ gewertet wird (Linß & Kaluza, 2022).

Die Analysen zur **Wirksamkeit der Tutorien** wurde für verschiedene Veranstaltungen der Fakultät Ingenieurwissenschaften durchgeführt. Für die Jahre 2013 bis 2022 wurde das Verhalten der Durchfallquote und des Notenmittelwertes (inkl. „Fristenfünf“) bei regelmäßiger Teilnahme (> 60% Anwesenheit) im Vergleich zu unregelmäßiger Teilnahme betrachtet. Es zeigte sich, dass nur eine regelmäßige Teilnahme auch den gewünschten Erfolg einer Notenverbesserung bringt (Linß & Kaluza, 2022).



**Abb. 3: Durchfallquote in Abhängigkeit von der regelmäßigen Teilnahme am Tutorium**  
Vergleich der Durchfallquote bei regelmäßiger Teilnahmequote (> 60%) und unregelmäßiger Teilnahme (Teilnahmequote ≤ 60%) am zugehörigen Tutorium

## 7. Durchlässigkeit zwischen verschiedenen Bildungswegen

Das Themengebiet Durchlässigkeit zwischen den verschiedenen Bildungswegen ist ein wichtiges Thema für die Zukunft. Für die Hochschule Hof mit ihrer stark ausgeprägten Heterogenität in den Qualifikationen (25 verschiedene Hochschulzugangsberechtigungen) und zusammen mit der Ausdifferenzierung der Studiengänge (6 Bachelorstudiengänge mit jeweils bis zu 4 Studienrichtungen alleine in den Ingenieurwissenschaften) stellt dieses Themengebiet eine große Herausforderung bei der Anrechnung von außerhochschulisch

erbrachten Prüfungsleistungen (z.B. an Berufsschulen) dar. Zur Erleichterung wurde in der Fakultät für Ingenieurwissenschaften ein standardisiertes Verfahren entwickelt. Außerdem wurden Untersuchungen angestellt, inwieweit die angerechneten Noten auf einem einheitlichen Leistungsniveau erbracht wurden.

Ein Vergleich der Noten für verschiedene Fächer zeigt einen deutlichen Unterschied im Niveau. So zeigte sich in den relevanten Fächern eine hohe Abweichung von den angerechneten Noten der Berufsschulen zu den an der Hochschule erzielten Noten. Die Berufsschulnoten waren zwischen 1,18 und 2,03 und im Durchschnitt 1,48 besser. Im Fach Konstruktion werden daher seit einigen Jahren die Klausuren bei den dualen Berufsschulklassen einer Berufsschule durch einen Professor der Hochschule gestellt und korrigiert. Dadurch konnte eine wesentliche Angleichung des Leistungsniveaus erreicht werden. Allgemein betrachtet bedeutet dies, eine Notenankennung braucht klare Rahmenbedingungen, um eine Vergleichbarkeit der Noten zu gewährleisten (Linß & Keil-Wagner, 2019).

## 8. Studienverlaufsanalysen und Schwundquoten

Die **Studienverlaufsanalysen (SVA)** und **Schwundquoten** werden kohortenbezogen betrachtet, d.h. es werden nur die Studierenden eines Jahrgangs betrachtet, die gemeinsam das Studium begonnen haben. Nur dies gewährleistet eine echte Vergleichbarkeit. Ansonsten würden über die Zeit auch z.B. interne und externe Studiengangswechslerinnen mitberücksichtigt, was das Ergebnis verzerren würde. Bezogen auf

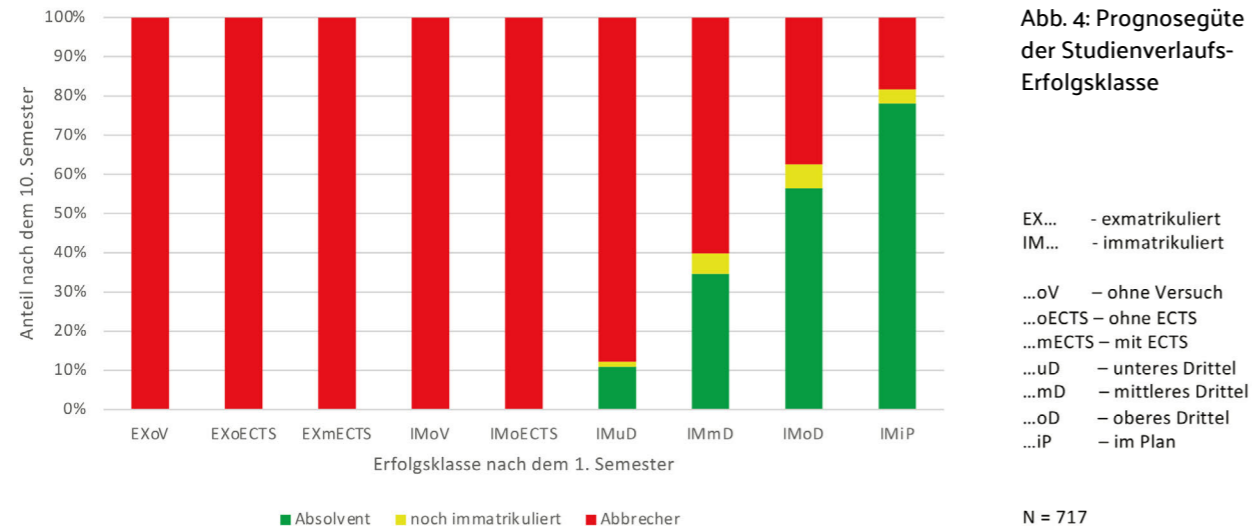
die Erfolgskennziffer lassen sich folgende erste allgemeine, fakultäts- bzw. studiengang- bezogene Aussagen treffen:

- Kohorten können (ganz) unterschiedlich sein,
- Die „Parker“ (ExMat-Studierende ohne Versuch und Prüfung) machen ca. 10% einer Kohorte aus,
- Studiengänge mit einer Eingangsprüfung haben einen geringeren Schwund,
- nach dem 4. Semester ist der Schwund (ExMat-Studierende) quasi konstant,
- der Anteil der internen Wechsler liegt bei einigen Studiengängen über 20%.

Die Betrachtung von **internen Studiengangswechseln** ist eine weitere Möglichkeit zum Verständnis des Schwunds. Dabei ist erwartungsgemäß festzustellen, dass die meisten Wechsel innerhalb einer Fakultät erfolgen (ca. 10%). Ein Wechsel zwischen den Fakultäten ist eher selten und dann meist zwischen verwandten Studiengängen wie Wirtschaftsingenieurwesen, Wirtschaftsinformatik und Betriebswirtschaftslehre. Eine Aussage zu den Studienabbrüchen ist auf Basis der MINT-Datenbank nicht möglich.

## 9. Prognosen des Studienverlaufs

Im NotenMonitoringProgramm (NMP) wird der Studienverlauf eines einzelnen Studierenden betrachtet, wenn dessen Einverständnis dazu vorliegt. Von Interesse ist aber auch die Abschlusswahrscheinlichkeit aller Studierenden in Abhängigkeit von verschiedenen Einflussfaktoren. Für die Hochschulzugangsberechtigung (Hzb) - Note und dem Studierverhalten im ersten Semester werden solche Prognosen im Folgenden betrachtet.



### 9.1 Prognosen anhand der Hochschulzugangsberechtigungsnote

Die Auswertung der Prognosegüte der Hzb-Note zeigt für die Fakultät Ingenieurwissenschaften einen deutlichen Zusammenhang zwischen der Wahrscheinlichkeit des Bestehens des Studiums in Abhängigkeit von der Hzb-Note. Während die Studierenden mit der Note 1 ca. zu 90% das Studium bestehen, sind es bei den Studierenden mit der Note 3 und schlechter nur noch ca. 30%. Differenziert man dies weiter auf und betrachtet nur die Frauen, so zeigt sich ein günstigeres Verhalten gegenüber ihren männlichen Kommilitonen.

### 9.2 Prognosen anhand des Studierverhaltens im ersten Semester

Für die Fakultäten Informatik und Ingenieurwissenschaften wurde die Prognosegüte der Studienverlaufs-Erfolgsklasse nach dem 1. Semester betrachtet. Hierzu wurde untersucht, welchen Status (Exmatrikuliert, Immatrikuliert, Absolvent:in) die Studierenden nach dem 10. Semester haben, je nach ihrer Zugehörigkeit zu dem Cluster, in dem sie im ersten Semester waren. Dabei wurde bewusst der Ansatz der Clustereinteilen von Hörnstein, Kreth, Blank & Stellmacher (2016) verwendet. Dies ermöglicht vergleichende Betrachtungen, auch mit weiteren Hochschulen.

Beispielergebnisse: Von den Studierenden, die im ersten Semester im Cluster „IMiP“ (Immatrikuliert im Plan = mögliche ECTS erreicht) waren, waren nach dem 10. Semester ca. 19% Ex, ca. 2% noch IM und ca. 79% Absolventen. Dagegen betragen der Anteile der Studierenden im Cluster „IMuD“ (Immatrikuliert mit einem max. Drittel der möglichen ECTS) 88% Ex, ca. 1% noch IM und ca. 11% Absolventen.

## 10. Meilenstein Studiengang Ingenieurwissenschaften

Die über die Jahre gesammelten Erfahrungen aus den verschiedenen Analysen (z. B. hinsichtlich der Barrierefächer und dem Semester im Curriculum oder, ob Fächer ein Tutorium haben und diese wirksam sind) und der Wille zur Qualitätsverbesserung waren der Anstoß zu einem gemeinsamen Transferprojekt im Studiengang Maschinenbau zwischen dem Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA) und der Hochschule Hof im Rahmen der Initiative Maschinenhaus des VDMA. Ein intensiver Interessensaustausch zwischen den Studierenden, den Dozenten und den Unternehmen der Region fand statt, begleitet von den Experten des VDMA und des HIS-Institutes für Hochschulentwicklung (HIS-HE). Als Ergebnis bietet die Hochschule Hof ab dem Wintersemester 2022/23 ein neu strukturiertes und stark flexibilisiertes Bachelorstudium der Ingenieurwissenschaften (B.Eng.) an.

Ein neues, innovatives, modulares Konzept vereint die Inhalte aller bestehenden ingenieurwissenschaftlichen Studiengangskonzepte der Elektrotechnik, des Maschinenbaus, des Umweltingenieurwesens, der Werkstofftechnik und des Wirtschaftsingenieurwesens. Durch eine einheitliche und transparente Studiengangstruktur werden einzelne Studienrichtungen in der Eingangsphase und in ihren Basismodulen vereinheitlicht. Das erleichtert den Studierenden anfangs die Orientierung, stärkt die Vernetzung der Studierenden untereinander und ermöglicht später eine passgenaue Spezialisierung. Geprägt ist dieses Konzept durch die drei Grundgedanken: fundiertes Basiswissen, interdisziplinäres Denken und den „Blick über den Tellerrand“. Zudem werden aktuelle Entwicklungen wie Digitalisierung, Nachhaltigkeit und die Mobilität der Zukunft

in die modulare Ausbildung integriert. Auch interdisziplinäre Angebote sind mit den klassischen ingenieurwissenschaftlichen Inhalten kombinierbar, was die bestmögliche Qualifikation für die Herausforderungen der Zukunft garantiert (Linß et al., 2021).

### Literatur

Linß, M. (2015). HaW Hof – Projekt: MINT-Start. In: Bayerisches Staatsministerium für Bildung und Kultus, Wissenschaft und Kunst, (Hrsg.) BestMINT – Erfolgreicher MINT-Abschluss an bayerischen Hochschulen, Abschlussbericht. S. 82-91. Abgerufen am 07.05.2023 von [https://www.stmwk.bayern.de/download/13359\\_stmbw\\_abschlussbericht\\_best\\_mint.pdf](https://www.stmwk.bayern.de/download/13359_stmbw_abschlussbericht_best_mint.pdf)

Hoffmeister, T. (2015). Studienerfolgsmonitoring an der Universität Bremen. Abgerufen am 07.05.2023 von [https://www.hrk-nexus.de/fileadmin/redaktion/hrk-nexus/07-Downloads/07-01-Tagungen/07-01-53-Monitoring-II/Hoffmeister\\_Praesentation.pdf](https://www.hrk-nexus.de/fileadmin/redaktion/hrk-nexus/07-Downloads/07-01-Tagungen/07-01-53-Monitoring-II/Hoffmeister_Praesentation.pdf)

Hörnstein, E.; Kreth, H.; Blank, Ch.; Stellmacher, C. (2016): Studiengang-Monitoring – Studienverlaufsanalysen auf Basis von ECTS-Punkten, Aachen: Shaker-Verlag.

Linß, M.; Keil-Wagner, S. (2017). Das Hofer MINT-Lenkrad: „Steuern Sie sich sicher durch Ihr Studium!“. Tagungsband zum 3. Symposium zur Hochschullehre in den MINT-Fächern, Nürnberg, S. 302-307.

Linß, M.; Keil-Wagner, S. (2019). HaW Hof – Projekt: Hofer MINT-Lenkrad. In: Bayerisches Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst, (Hrsg.) MINTerAktiv – Mit Erfolg zum MINT-Abschluss in Bayern, Abschlussbericht. S. 46–50. Abgerufen am 07.05.2023 von <https://wk.bayern.de/epaper/min-teraktiv/abschluss/index.html>

Krauß, R. (2021). HaW Hof – Maschinenhaus-Transferprojekt BA Maschinenbau des VDMA. Abgerufen am 07.05.2023 von <https://campuls.hof-university.de/aktuelles/transferprojekt-mit-vdma-mehr-ingenieure-durch-innovation-in-studium-und-lehre/>

Linß, M.; Kaluza, A. (2022). HaW Hof - Projekt: Hofer MINT-Lenk- rad 2.0. In: Bayerisches Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst, (Hrsg.) BayernMINT – kompetent.vernetzter. erfolg- reich, Abschlussbericht. S. 41–45. Abgerufen am 07.05.2023 von [https://www.stmwk.bayern.de/download/22005\\_Bayern- MINT\\_Abschlussbericht\\_2022-web-Version.pdf](https://www.stmwk.bayern.de/download/22005_Bayern- MINT_Abschlussbericht_2022-web-Version.pdf)

#### Angaben zu den AutorInnen

##### Prof. Dr.-Ing. Marco Linß

Projektleiter der HS Hof der Projekten „BestMINT“, „MINTerAK- TIV“, „BayernMINT“, Projektleiter des HAW Hof der VDMA-Ma- schinenhaus-Transferprojekts, Studiengangleiter Ingenieur- wissenschaften (IMB)

##### Prof. Dr.-Ing. Anke Müller

Dekanin Fakultät Ingenieurwissenschaften

##### M.A. Anke Kaluza

Projektkoordinatorin der HS Hof im Projekt „BayernMINT“

##### Dr. Stefan Miller

Mitarbeiter im Projekt „Digital unterstütztes Lernen in MINT in der angewandten, hybriden Lehre von Präsenzhochschulen“ (DigihyP)

## „Gamification trifft Hybride Lehre“ Über ein Lehrprojekt in der mathematischen Statistik

Prof. Dr. Anja Bettina Schmiedt, Stefanie Neumaier M.A.  
Technische Hochschule Rosenheim

### Zusammenfassung

Unter dem Titel „Gamification trifft Hybride Lehre“ wurde im Sommersemester 2023 ein Lehrprojekt im Fach Statistik des Studiengangs Wirtschaftsmathematik-Aktuarwissenschaften der Technischen Hochschule Rosenheim durchgeführt. Unterschiedliche hybrid-synchrone Lernsettings wurden in einem technisch entsprechend ausgestatteten Lehr-Experimentierraum mit den Studierenden erprobt. Als Ansatz zur Vor- und Nachbereitung der hybriden Lehre kam Gamification bzw. Gameful Motivation zum Einsatz.

Im Lehrprojektteam mit Stefanie Neumaier wurde die hybride Lehre mittels der sog. EMPAMOS-Methode vorbereitet und reflektiert. Dabei ging es nicht darum, den spielfremden Kontext (die hybride Lehre) in ein Spiel zu verwandeln, sondern Spielelemente zur Zielerreichung einzusetzen. Die Auseinandersetzung mit hybriden Formaten wird dabei für Studierende und Lehrende als ein Zukunftsthema gesehen, nicht zuletzt für den Erwerb von Future Skills in einer Arbeitswelt, in der sich hybride Kollaboration etabliert.

### 1. Die Spielwelt

An der Technischen Hochschule Rosenheim (TH Rosenheim) werden im Rahmen des von der Stiftung Innovation in der Hochschullehre geförderten Projekts HighRoQ regelmäßig Lehrprojekte ausgeschrieben, um mit didaktischer Begleitung Lehrinnovationen zu unterstützen<sup>1</sup>. Für das Sommersemester 2023 hatte die Autorin dieses Beitrags, Anja Schmiedt, das Lehrprojekt „Gamification trifft Hybride Lehre“ eingeworben und mit Unterstützung der Mitautorin Stefanie Neumaier konzipiert.

In diesem Abschnitt des Beitrags wird zunächst der Kontext (die Spielwelt) des Lehrprojekts vorgestellt. Anschließend werden die Vorarbeiten auf das Projekt (die Spielvorbereitungen, Abschnitt 2), der (Spiel-)Stand im laufenden Semester (Abschnitt 3) und die (Spiel-)Fortsetzung (Abschnitt 4) skizziert.

#### Hybride Lehre

Bei Lehrveranstaltungen und insbesondere bei solchen, die vor Ort stattfinden, gibt es immer wieder Studierende, die nicht teilnehmen können. Die Gründe können vielseitig sein

<sup>1</sup> Hybride, individuelle und greifbare Hochschullehre in Rosenheimer Qualität: Technische Hochschule Rosenheim (th-rosenheim.de) (abgerufen am 07.05.2023)



und u.a. gesundheitliche Einschränkungen (z.B. Verletzungen), persönliche Lebensumstände (z.B. Betreuung von Angehörigen), finanzielle bzw. organisatorische Fragen (z.B. Fahrtkosten bzw. Wegzeiten) und andere Diversitätsmerkmale umfassen. Um im Sinne eines inklusiven Ansatzes allen Studierenden die Möglichkeit einer Partizipation am Lehrgeschehen zu geben, kann hybride Lehre ein Instrument sein, um Teilhabe zu ermöglichen. Hinzu kommt, dass das gekonnte Agieren in hybriden Formaten eine wichtige Kompetenz darstellt, da die Arbeitswelt, insb. seit der Coronakrise, zunehmend durch hybride Kollaborationsformate geprägt ist (Minahan, 2022). In diesem Beitrag werden unter hybrider Lehre synchrone Lehrveranstaltungen verstanden, bei denen eine virtuelle als auch eine Teilnahme vor Ort möglich ist. Gelingt es dabei Lehrformate einzusetzen, die die virtuelle und die Präsenz-Gruppe miteinander vernetzen, wird die hybride Lehre als integrierte hybride Lehre bzw. gemischtes synchrones Lernen verstanden (Hastie et al., 2010).

Integrierte hybride Lehre ist besonders relevant, wenn eine aktive Teilnahme an der Lehrveranstaltung die Studierenden in der Erreichung ihrer Lernziele wesentlich unterstützt. Zur Wirksamkeit aktivierender Lehre in den MINT-Fächern siehe u.a. Freeman et al. (2014) und Stanzel et al. (2021).



Abb. 1: Einblick in eine Veranstaltung des hybriden Lehrprojekts. Bild: Felix Huber

### Das Spielfeld

Um studierendenzentrierte und aktivierende Lehrformate zu fördern, wächst das Raumangebot für innovatives und hybrides Lehren und Lernen an der TH Rosenheim stetig.<sup>2</sup> Seit dem Sommersemester 2023 steht den Lehrenden ein neu eingerichtetes Labor für hybride Gruppenarbeiten zur Verfügung. Ausgestattet mit Gruppentischen, digitalen Flipcharts, verschiedenen Projektionsflächen und steuerbaren Kameras soll der Raum gleichberechtigte Lehre von virtuell zugeschalteten Studierenden und Studierenden vor Ort ermöglichen und gleichzeitig kollaborative Gruppenarbeit fördern (vgl. Abb. 1, Abb. 2).

<sup>2</sup> Hybride Lehrveranstaltung: Technische Hochschule Rosenheim (th-rosenheim.de) (abgerufen am 07.05.2023)

Um in dem Lehrprojekt die gegebenen Möglichkeiten des Experimentierraumes umfänglich zu erproben und sich den Herausforderungen sowohl pädagogischer als auch technologischer Natur (Raes et al., 2020) zu stellen, wurde mindestens zweiwöchentlich eine hybride Veranstaltung in den Semesterverlauf integriert. Die Art der Teilnahme, d.h. virtuell oder vor Ort, wurde zusammen mit den Studierenden sukzessive so geplant, dass möglichst bei jeder Einheit eine Studierendengruppe virtuell teilnahm. Dadurch sollte zum einen Verbindlichkeit und Identifikation mit der jeweiligen Rolle bewirkt werden. Zum anderen sollten sowohl der virtuelle Raum als auch der Raum vor Ort als relevant für das Konzept des Lehrprojekts wahrgenommen werden, um der originären Bedeutung von hybrid (vgl. Battilana & Lee, 2014, S. 400) Rechnung zu tragen.

### Gameful Motivation

Die hybriden Lehrveranstaltungen waren umrandet von Vor- und Nachbereitungstreffen des Lehrprojektteams, die iterativ zur Planung der nächsten bzw. zur Reflektion der vergangenen Einheit dienten. Das Lehrprojektteam arbeitete dabei mit der EMPAMOS-Methode (vgl. grundlegend Voit et al., 2022), wobei das Akronym für die empirische Analyse motivierender Spielelemente steht.<sup>3</sup> Ziel war es, Motivation mittels Gamification, also dem Einsatz spielerischer Elemente in einem spielfremden Kontext, zu erhöhen bzw. demotivierende Faktoren (sog. Misfits) zu reduzieren (Deterding et al., 2011). Dieses Vorgehen geschah passgenau zum Gegenstandsbereich resp. Auftrag und wurde an den motivationalen Bedürfnissen der Zielgruppe ausgerichtet.

<sup>3</sup> www.empamos.de (abgerufen am 07.05.2023)

Die Datengrundlage der interdisziplinär konzipierten Methode wird fortwährend erweitert<sup>4</sup> und konstatiert sich anhand einer Vielzahl bezugswissenschaftlicher Teilaspekte. Dazu zählen u.a.

- Elemente etablierter Spieltheorien, um etwa einen Untersuchungsgegenstand als kaputtes Spiel hinsichtlich der Motivation der Akteur\*innen zu betrachten (Huizinga, 2017; McGonigal, 2011),
- agiles Projektmanagement zur Gestaltung eines iterativen Vorgehens und einem damit verbundenen prozesshaften Prototyping (Beneken et al., 2022),
- Selbstbestimmungs- und Motivationsmodelle, welche vier motivationale Dimensionen (Kompetenzerleben, soziale Eingebundenheit, Autonomie, Bedeutung) in den Blick nehmen (Deci & Ryan, 2008; Rheinberg & Vollmeyer, 2019).

### Die Spieler\*innen

Das Lehrprojektteam setzte sich zusammen aus drei Personen, die unterschiedliche Rollen und Perspektiven einnahmen und in der Anwendung der EMPAMOS-Methode geschult sind. Die Konstitution des Teams fußte auf der Motivation einer multiperspektivischen, hochschulrollenübergreifenden Gestaltung möglicher Lösungsnetzwerke.

Die Autorin dieses Beitrags, Anja Schmiedt, ist die Ideengeberin und Antragstellerin des Lehrprojekts. Als Professorin der TH Rosenheim für Mathematik mit dem Schwerpunkt

<sup>4</sup> Stand April 2023 wurden mehr als 50.000 empirische Befunde zur Wirksamkeit von Spielelementen in der EMPAMOS-Methode berücksichtigt.

Stochastik fungierte sie als Lehrende im betreffenden Modul und deckte den fachlichen, konzipierenden und didaktischen Kompetenzbereich ab.

Die Mitautorin, Stefanie Neumaier, moderierte in der Rolle als EMPAMOS-Coachin der TH Rosenheim die vor- und nachbereitenden Treffen des Lehrprojektteams, womit eine didaktische Perspektivenöffnung unterstützt wurde.

Das Team wurde komplementiert durch eine studentische Hilfskraft, einen Masterstudenten der TH Rosenheim. Er evaluierte im Sinne eines Peer-to-Peer Ansatzes die hybriden Lehreinheiten mit der Zielgruppe (den Studierenden) am Ende einer jeden hybriden Einheit. Damit sollte die studentische Perspektive berücksichtigt werden, um mithilfe der EMPAMOS-Methode Lösungen passend zum Gegenstandsbereich resp. Auftrag (s. Abschnitt 2) konstruieren zu können. Weiterhin war eine Gelingensbedingung, dass die Lehrende und die Zielgruppe möglichst nicht bzw. wenig durch technische Bedingungen abgelenkt sind. Daher übernahm die studentische Hilfskraft während der hybriden Veranstaltungen auch die Rolle des technischen Begleiters.

Entsprechend der Spielstrategie „Die Studierenden sind nur da ganz Studierende, wo sie spielen“ (vgl. die Angaben zu den Autorinnen), sind die Studierenden als maßgebliche Mitspieler\*innen zu benennen. Bei der Zielgruppe des Lehrprojekts handelte es sich um Studierende des Bachelorstudiengangs Wirtschaftsmathematik-Aktuarwissenschaften im vierten Semester. Die Studierenden sollten in einer Lehrveranstaltung zur mathematischen Statistik fachliche Grundlagen für das weitere Studium und die damit verbundene Ausbildung zum\* Aktuar\*in, also für ihr perspektivisches Berufsleben, erwerben.



**Abb. 2: Das kollaborative Setting des hybriden Labors ermöglicht den Studierenden ein intuitives Miteinander.**  
Bild: Felix Huber

## 2. Die Spielvorbereitung

Für die im Sommersemester 2023 stattgefundenen hybriden Lehreinheiten hatten die Autorinnen mit den EMPAMOS gestützten Vorbereitungen bereits im Januar 2023 begonnen, um ein umfassendes Briefing zu der Zielgruppe, dem Kontext sowie zu den (un-)erwünschten Verhaltensmustern im hybriden Setting zu erarbeiten.

### Der Auftrag als (kaputtes) Spiel

Mit einem Briefing-Canvas, in dem der Kontext, die Zielgruppe und ihr unerwünschtes bis erwünschtes Verhalten beschrieben wurden, eruierten die Autorinnen die Ausgangslage. Daraus konnte Bezugnehmend auf die Frage „Was ist das

(kaputte) Spiel?“ der Auftrag für das Lehrprojekt konkretisiert werden: „Entwickle Konzepte für neunzigminütigen Unterricht in Statistik im hybriden Lernraum, um durch strukturierte hybride Lehre die Partizipation bzw. Identifikation der Studierenden fachlich und methodisch an bzw. mit dem Unterricht zu fördern.“

Daran anknüpfend wurden bis zum Semesterstart eine Vielzahl an EMPAMOS-Methoden in Vorbereitung auf die hybride Lehrveranstaltung eingesetzt. Dabei traten u.a. folgende Aspekte zutage, welchen nachstehend ein Augenmerk zuteil wird.

### Autonomieerlebnis als Gelingensbedingung

Das hybride Lehrlabor wurde kurz vor dem Beginn des Sommersemesters fertiggestellt und folglich bis dato noch nicht unter realtypischen Lehrbedingungen getestet. Das Spielfeld des Lehrprojektteams konnte bis zuletzt als ein sich veränderndes, im Sinne der Spieldesignelemente variables Handicap begriffen werden. Sind z.B. die Regeln im Umgang mit den technischen Gegebenheiten zu kompliziert oder gar aufgrund Dysfunktionalität nicht anwendbar, kann schnell das Autonomiebedürfnis der Mitspieler\*innen beeinträchtigt werden, so dass das Spiel, d.h. die hybride Lehre, nicht zu einem erneuten Spiel einlädt.

### Soziale Eingebundenheit und Kompetenzerleben als starke Motivationsfaktoren

Die Lehrende hatte bereits im vorherigen Wintersemester intensiv mit der Studierendengruppe in einem der im Studienverlauf schwierigsten Fächer gearbeitet. Daher konnte sie

der Gruppe sowohl ein ausgeprägtes Gemeinschaftsgefühl als auch ein großes Bedürfnis nach Kompetenzerleben beschreiben. An diese Ressourcen der Zielgruppe sollte in den hybriden Lehreinheiten so angeknüpft werden, dass die Studierenden in einer kooperativen Spielform in Teams Aufgabenstellungen im Kontext von Statistik lösen und gleichzeitig in einem kompetitiven Setting die Teams gegeneinander antreten.

### Bedeutung der Studierendenperspektive

In (Brett-)Spielen können die Akteur\*innen u.a. durch Reaktionen auf Aktionen der Mitspieler\*innen der Siegbedingung näherkommen. Mit dem Ziel einen hybriden Unterricht zu konzipieren, den die Studierenden als bedeutungsvoll für das Bestehen des Kurses (ihre Siegbedingung) ansehen, sollte eine Reaktion der Studierenden nach den jeweiligen hybriden Lehreinheiten abgerufen werden. Das Lehrprojektteam entschied sich dazu für qualitative Teilevaluationen mithilfe der Teaching-Analysis-Poll Methode (Frank et al., 2011), die das studentische Teammitglied im Sinne des Peer-to-Peer Ansatzes mit der Zielgruppe durchführte.

## 3. Der Spielstand

Betrachtet man den Moment dieser Beitragseinreichung (Mai 2023) als Zwischenspielstand, so konnten auf Basis der bereits stattgefundenen hybriden Lehreinheiten einige Erkenntnisse gewonnen werden, von denen ein Auszug im Folgenden beschrieben wird.

### Rollen und Spielregeln

Mit dem hybriden Experimentierraum als neues didaktisches Setting gingen neue Anforderungen an Studierende und Lehrende einher. Im Sinne der grundsätzlichen Fragestellung, wie sich das Miteinander Lehrender und Lernender wandeln könnte, entschied sich das Lehrprojektteam für eine Vergabe von Rollen als Spielelement. Damit sollte einerseits das Autonomieerleben der Studierenden angesprochen und andererseits die vielfältigen, für eine gelingende hybride Lehre erforderlichen Aktionen als gemeinsame Mission verankert werden. Gelingensbedingungen für eine hybride Lerneinheit waren beispielsweise, dass die Lehrende alle Studierendengruppen überblickt und dass alle Studierendengruppen dem Veranstaltungsverlauf folgen sowie sich mit Beiträgen und Aktivitäten einbringen können. Dabei haben sich die Rollen Zeitwächter\*in (im Rahmen der Bearbeitung von Aufgaben in Gruppenarbeiten), digitale Hände-Wächter\*in (für Wortbeiträge der digital teilnehmenden Studierenden) sowie technische\*r Facilitator\*in (welche\*r die Kameraausrichtung und sonstige Medientechnik im Blick behielt) als besonders hilfreich erwiesen. Neben der gemeinsamen Vergabe spezifischer Rollen sollten auch gemeinsam festgelegte Spielregeln die Eigenverantwortung und Verbindlichkeit der Studierendengruppen erhöhen. Es bestand unter den Akteur\*innen Konsens zu den Regeln „Camera on – Wir wollen unsere Mitspieler\*innen sehen!“, „Push to talk – Handzeichen bei Wortbeiträgen!“, „Keep an eye on time – eine\*n Zeitwächter\*in pro Arbeitsgruppe!“ und „Not surrender to fate – Wenn die Technik nicht mitspielt!“.

### Zufall und Tausch

Mit Blick auf die Konstituierung der Studierendengruppen fiel dem Lehrprojektteam auf, dass sich anfangs eine gewisse

Kontinuität einstellte. Das hatte zur Folge, dass sich oftmals leistungsstärkere bzw. -schwächere Studierende zu Gruppen zusammenschlossen. Um den Spannungsbogen der kompetitiven Spielform aufrecht zu erhalten und das Kompetenzerleben durch Peer Instruction (Mazur & Hilborn, 1997) zu ermöglichen, entschloss sich das Lehrprojektteam zur Implementierung der Spielelemente Zufall und Tausch. Diese beinhalteten eine zufällige Auslosung der Gruppenzusammensetzungen sowie einen Wechsel von Studierenden aus leistungsstarken in andere Gruppen, wenn erstere die Aufgabenbearbeitung vorzeitig erledigt hatten.

### Kollateral-Check

Für eine Zwischenbilanz führte das Lehrprojektteam einen Kollateral-Check durch, um die bis dahin etablierten Spielelemente und ihre Wirkung zu analysieren. Daraus ergab sich folgende Beschreibung des zwischenzeitigen Zustands: „Die Studierenden erobern das gemeinsame Spielfeld (den hybriden Raum), indem sie kooperativ im Team kompetitiv gegen andere Teams antreten und dabei unbewusst auf die Siegbedingung (Prüfungserfolg) hinarbeiten.“ Im Vergleich dieser Aussage mit dem selbstgesetzten Auftrag (s. Abschnitt 2) sah sich das Lehrprojektteam in der andauernden Arbeit bestärkt.

## 4. Die Spielfortsetzung

Der Spielstrategie „Challenges lie beyond the comfort zone“ entsprechend (vgl. die Angaben zu den Autorinnen), sollten in der verbleibenden Semesterzeit weitere Lernsettings ausprobiert werden, die den Charakter einer hybriden Kollaboration prägen. Dazu zählte, dass sich auch die Lehrende als Online-Gestalterin einer Lehrveranstaltung erprobte, um die

Verbindlichkeit und das Verständnis dafür stärken, dass sowohl der virtuelle Raum als auch der Präsenzraum relevant für das Gesamtkonzept sind.

Wie können Lernräume die hybride Lehre unterstützen? Wie kann hybride Lehre das Lernen unterstützen? Welche digitalen Tools bewähren sich und welche werden seitens der verschiedenen Akteur\*innen (nicht) vermisst? Welche Interaktionsformen bewähren sich und welche werden (nicht) vermisst? Zu diesen Fragestellungen sollte nach Abschluss des Lehrprojekts beim MINT Symposium 2023 in einem Vortrag der Autorinnen Bilanz gezogen werden.

### Danksagung

Die Autorinnen bedanken sich bei Mathis Ludwig, Masterstudent an der TH Rosenheim und studentische Hilfskraft im Lehrprojektteam, der durch seine studentische Perspektive und sein Engagement eine große Bereicherung für das Gelingen des Lehrprojekts war.

### Literatur

Battilana, J. & Lee, M. (2014). Advancing Research on Hybrid Organizing – Insights from the Study of Social Enterprises. *The Academy of Management Annals*, 8(1), 397-441. <https://doi.org/10.1080/19416520.2014.893615>

Beneken, G.; Hummel, F. & Kucich, M. (2022). *Grundkurs agiles Software-Engineering. Ein Handbuch für Studium und Praxis*. Wiesbaden: Springer Vieweg. Verfügbar unter: <https://perma-link.obvsg.at/>

Bower, M.; Kennedy, G.; Dalgarno, B.; Lee, M. J. W. & Kenney, J. (2014). *Blended synchronous learning. A handbook for educators*. Sydney, N.S.W.: Office for Learning and Teaching, Department of Education.

Deci, E. L. & Ryan, R. M. (2008). Self-determination theory: A macrotheory of human motivation, development, and health. *Canadian Psychology / Psychologie canadienne*, 49(3), 182-185. <https://doi.org/10.1037/a0012801>

Deterding, S.; Dixon, D.; Khaled, R. & Nacke, L. (2011). From game design elements to gamefulness. In A. Lugmayr, H. Franssila, C. Safran & I. Hammouda (Hrsg.), *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments* (S. 9-15). New York, NY, USA: ACM.

Frank, A.; Fröhlich, M.; & Lahm, S. (2011). Zwischenauswertung im Semester: Lehrveranstaltungen gemeinsam verändern. *Zeitschrift für Hochschulentwicklung*, 6(3), 310-318.

Freeman, S.; Eddy, S. L.; McDonough, M.; Smith, M. K.; Okoroafor, N.; Jordt, H. et al. (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>

Hastie, M.; Hung, I.C.; Chen, N.S. & Kinshuk (2010). A blended synchronous learning model for educational international collaboration. *Innovations in Education and Teaching International*, 47(1), 9-24. <https://doi.org/10.1080/14703290903525812>

Huizinga, J. (2017). *Homo Ludens. Vom Ursprung der Kultur im Spiel* (Rowohlts Enzyklopädie, Bd. 55435, 25. Auflage). Reinbek bei Hamburg: Rowohlt. Verfügbar unter: <https://permalink.obvsg.at/AC15226849>

Lugmayr, A.; Franssila, H.; Safran, C. & Hammouda, I. (Hrsg.). (2011). *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments*. New York, NY, USA: ACM.

Mazur, E. & Hilborn, R. C. (1997). Peer Instruction: A User's Manual. *Physics Today*, 50(4), 68-69. <https://doi.org/10.1063/1.881735>

McGonigal, J. (2011). *Reality is broken. Why games make us better and how they can change the world* (Ed. with a new, 2. appendix). New York, NY: Penguin Press.

Minahan, T. (2022). COVID-19 und die Zukunft der Arbeit: Hybride Modelle sind auf dem Vormarsch. *Digitale Welt*, 6(2), 56-58. <https://doi.org/10.1007/s42354-022-0484-3>

Raes, A.; Detienne, L.; Windey, I. et al. (2020). A systematic literature review on synchronous hybrid learning: gaps identified. *Learning Environ Res* 23, 269-290. <https://doi.org/10.1007/s10984-019-09303-z>

Rheinberg, F. & Vollmeyer, R. (2019). *Motivation* (Kohlhammer-Urban-Taschenbücher, Band 6, 9., erweiterte und überarbeitete Auflage). Stuttgart: Verlag W. Kohlhammer. Verfügbar unter: <https://permalink.obvsg.at/AC14523921>

Stanzel, S.; Junker, E. & Graupner, F. (2021). Der Hörsaal als Labor: aktivierende Lehre auf dem Prüfstand. *Die neue Hochschule*, 2021(2), 20-23.

Voit, T.; Zinger, B. & Bröker, T. (2022). Spielfeld Lehre: Die Lehre anders denken lernen. *DiNa- Didaktiknachrichten, Vielfalt leben – Heterogenität in Studium und Lehre* (Tagungsband zum Forum der Lehre 2022), 116-123.

#### Angaben zu den AutorInnen

##### Prof. Dr. Anja Bettina Schmiedt

Promotion (Dr. rer. nat.) und Studium der Mathematik (Dipl.-Math.) an der RWTH Aachen University, Université de Savoie und Universität Duisburg-Essen. Seit 2022 Professorin für Mathematik mit Ausrichtung Stochastik an der TH Rosenheim. Spielstrategie: „Challenges lie beyond the comfort zone.“

##### Stefanie Neumaier

Staatlich anerkannte Sozialpädagogin (M.A.), Doktorandin der Erziehungswissenschaft an der Universität Trier und wissenschaftliche Mitarbeiterin im interdisziplinären Digitalisierungskolleg digi.prosa (digitale Projekte in der Sozialen Arbeit) an der TH Rosenheim. Spielstrategie, frei nach Schiller: „Die Studierenden sind nur da ganz Studierende, wo sie spielen.“

## Quests, virtuelle Belohnungen und ihr realer Mehrwert – Ein Moodle-Gamification-Konzept

Eva Glasmachers; Ruhr-Universität Bochum  
Maren Stephan; FernUniversität in Hagen

### Zusammenfassung

Der Studieneinstieg stellt für die meisten Studierenden eine enorme Herausforderung dar. Es braucht Lernszenarien, die einem frühen Studienabbruch entgegenreten. Dazu gehört die Berücksichtigung der Heterogenität der Studierenden ebenso wie die Förderung hochschuladäquater Lernstrategien. Gleichzeitig muss auch eine positive Einwirkung auf Motivation und Leistungsbereitschaft der Studierenden gelingen. Nach der Selbstbestimmungstheorie der Motivation muss der Fokus dafür auf Autonomieempfinden, Kompetenzerleben und sozialer Eingebundenheit der Studierenden liegen. Gamification-Einsatz kann hier einen Beitrag leisten.

Im WS 22/23 wurde ein bereits stark auf die Aktivierung der Studierenden ausgerichtetes Lernszenario um ein austarierendes Zusammenspiel von Gamification-Elementen erweitert. Eine Besonderheit des in Moodle umgesetzten Konzepts ist die Verbindung zwischen virtuellen Belohnungen und realer, auf Autonomiegewinn der Studierenden ausgerichteten Mehrwert.

### 1. Einleitung

Der Studieneinstieg stellt für die meisten Studierenden eine enorme Herausforderung dar. Die Abbruchquoten für Bachelorstudiengänge an Universitäten liegen in naturwissenschaftlichen und mathematischen Studiengängen nach aktuellen Zahlen des Deutschen Zentrums für Hochschul- und Wissenschaftsforschung von 2022 bei 50 % und in einigen Ingenieurwissenschaften bei deutlich über 40 %. Die Abbruchquoten in diesen Studiengängen an HAW sind ca. 10 Prozentpunkte niedriger, aber ebenfalls deutlich erhöht gegenüber dem Durchschnitt (Heublein et al., 2022).

Erfahrungen von Lehrenden zeigen, dass der Studienabbruch nicht erst in den Prüfungen der ersten Semester erfolgt, sondern ein großer Teil der Studierenden bereits nach wenigen Wochen nicht mehr in Erscheinung tritt. An einigen Hochschulen wurde dies zudem systematisch untersucht (z.B. Gausch & Seemann, 2012).

In vielen Grundlagenfächern der MINT-Studiengänge bauen Lerninhalte strukturiert aufeinander auf und erfordern daher eine kontinuierliche Nacharbeit und aktive Anwendung durch die Studierenden. Zudem ist sowohl der Abstraktionsgrad als auch das Tempo, in dem Inhalte behandelt werden, gegenüber der Schule deutlich erhöht. Es zeigt sich anhand sinkender Erfolgszahlen, dass der noch häufig eingesetzte klassische Veranstaltungsaufbau aus Frontalvorlesungen und dem

Angebot von wöchentlichen Hausaufgaben mit Nachbesprechung immer weniger Studierende zur regelmäßigen Mitarbeit motiviert und erfolgreich durch die Veranstaltung führt.

Ein ideales Lernszenario für eine MINT-Veranstaltung in der Studieneingangsphase sollte daher die folgenden Kriterien erfüllen:

- Berücksichtigung der **Heterogenität** der Studierenden, sowohl bezogen auf ihre inhaltlichen Vorkenntnisse als auch auf ihre Erfahrungen mit Lernstrategien
- **Transparenz** in Bezug auf das von den Lehrenden erwartete Arbeitsverhalten
- Anleitung zur **Entwicklung hochschuladäquater Lernstrategien**
- **Bindung** der Studierenden, um sehr frühen Studienabbruch zu verhindern

Sowohl in Bezug auf Motivationssteigerung als auch auf die Entwicklung von geeigneten Lernstrategien ist es notwendig, zusätzliche Steuerungselemente für das Studierverhalten einzusetzen. Gamification bietet hierfür Potenzial (Sailer, 2016), seine Wirksamkeit wird kontinuierlich weiter erforscht (vgl. z.B. Sailer & Homner, 2020 oder Bai et al., 2020).

### Lernszenario

Die im Zentrum dieses Beitrags stehende Veranstaltung ist ein Mathematik-Modul im Umfang von 6 ECTS für ca. 150-200 Erstsemesterstudierende naturwissenschaftlicher Fächer. Der Vorlesungsteil der Lehrveranstaltung umfasst 3 Semesterwochenstunden (SWS) und findet an zwei Terminen die Woche statt. Der eine Termin (1 SWS) wird mit dem Just in Time Teaching-Konzept (JiTT, Novak et al., 1999) invertiert. Der andere Termin (2 SWS) erfolgt im klassischen Vorlesungsformat,

angereichert durch kurze Aktivierungsphasen. Einmal die Woche besuchen die Studierenden zudem eine Übungsgruppe (2 SWS), in der Präsenzaufgaben in Gruppenarbeit (3-5 Studierende) gelöst werden. Zusätzlich werden wöchentliche Hausaufgaben angeboten, zum Teil als PDF-Arbeitsblätter (händische Korrektur, Abgabe/Rückgabe über Moodle), zum Teil als digitale Aufgaben (automatisches Feedback). Die digitalen Aufgaben werden meist mit randomisierten Zahlenwerten mit dem Plugin STACK (Sangwin, 2013) erstellt und bieten den Studierenden die Möglichkeit zum wiederholten Üben von zentralen Rechenverfahren mit jeweils neuen Zahlen. Durch das Bearbeiten der Hausaufgaben, des Vorbereitungsauftrags mit ersten Anwendungsaufgaben im Rahmen des JiTT sowie von drei digitalen Kurztests im Semester können bis zu 10% der Klausurpunkte als Bonus studienbegleitend erworben werden.

Die zeitliche Flexibilisierung der Wissensvermittlung durch partiellen Einsatz des JiTT, die Einbindung studentischer Fragen in die Lehrveranstaltung und die Übungsmöglichkeiten durch vielfältige digitale Aufgaben mit direktem Fehler-spezifischen Feedback ermöglichen Studierenden mit heterogenen Vorkenntnissen den Einstieg in die Lerninhalte im individuellen Tempo und mit individuellem Übungsumfang. Über die Vielfalt der Arbeitsaufträge lernen sie von Anfang an sowohl verschiedene Arbeitstechniken kennen als auch Arbeitsaufträge in verschiedenen Sozialformen zu erledigen. Das Angebot der Bonuspunkte bietet den notwendigen Anreiz, die Arbeitsaufträge innerhalb der geforderten Fristen zu erledigen und sich so kontinuierlich mit den Lerninhalten auseinanderzusetzen. Der positive Einfluss der Bonuspunkte auf die Aktivität und den Lernerfolg wurde in Glasmachers (2017) untersucht. Die Arbeit in Gruppen in den Übungen und bei Hausaufgabenabgaben fördert die sozialen Kontakte der Studierenden untereinander. Die Ansiedlung der Arbeitsaufträge auf

verschiedenen Schwierigkeitsniveaus ermöglicht Studierenden aller Leistungsstärken Erfolgserlebnisse. Die Erfahrung, dass individuelle JiTT-Fragen Eingang in die Lehrveranstaltung finden, fördert das Selbstwertgefühl und die Einbindung in die Veranstaltung. Mit der sozialen Eingebundenheit, dem Kompetenzerleben und der Wahrung der Autonomie (Anreize, aber keine Einengung durch Pflichten) werden die psychologischen Grundbedürfnisse gemäß der Selbstbestimmungstheorie der Motivation (Deci & Ryan, 1985) erfüllt. Dies stärkt die Bindung der Studierenden und senkt somit die Wahrscheinlichkeit für einen frühen Studienabbruch.

Im Wintersemester 22/23 wurde dieses Lernszenario durch Gamification-Elemente ergänzt. Ziele waren die Erhöhung der Transparenz über die Arbeitsaufträge, die Erleichterung der Organisation für die Studierenden und die Erhöhung der Motivation.

## 2. Ein Moodle-Gamification-Konzept

Der Begriff Gamification wird aus verschiedenen Forschungsperspektiven unterschiedlich definiert. Hier wird Gamification nach Deterding et al. (2011) als Einsatz spieltypischer Elemente in einem spielfremden Kontext verstanden. Gängige spieltypische Elemente in einem Moodle-LMS sind z.B. Fortschrittsanzeigen, Badges, Leaderboards sowie die Elemente der Plugins Level Up und Stash.

Genau wie bei anderen didaktischen Gestaltungselementen genügt es nicht, ein Lernszenario zur Förderung des Lernverhaltens mit beliebigen Gamification-Elementen anzureichern. Es ist essenziell, im Einklang mit den verfolgten Lernzielen die Gamification-Elemente gezielt auszuwählen und kohärent im Lernszenario mit den regulären Inhalten zu verbinden.

Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation bietet einen Ansatz für die lernförderliche Auswahl und Einbindung passender Gamification-Elemente: Der positive Einfluss auf Motivation und Leistungsbereitschaft ist umso stärker, je mehr die drei psychologischen Grundbedürfnisse des Kompetenzerfindens, des Autonomieerlebens und der sozialen Eingebundenheit erfüllt werden können. Das Ziel ist die Steigerung der intrinsischen Motivation. Hierzu hat das Erleben von Autonomie neben dem Empfinden von Kompetenz und Selbstwirksamkeit einen zentralen Stellenwert (Deci & Ryan, 1993). Die Notwendigkeit, verschiedene psychologische Grundbedürfnisse gleichzeitig zu adressieren, impliziert, dass es für den Aufbau eines Lernszenarios sinnvoll ist, eine Kombination verschiedener Gamification-Elemente zu nutzen (Tolks & Sailer, 2021).

Das in der Veranstaltung umgesetzte Gamification-Konzept hat sowohl die Motivationssteigerung als auch die Förderung eines hochschuladäquaten Arbeitsverhaltens mit mathematikspezifischen Lernstrategien (Liebendörfer et al., 2021) im Blick. Im Hinblick auf die Motivation sollen die Studierenden zur kontinuierlichen, aktiven Mitarbeit in der Lehrveranstaltung angehalten werden. Im Hinblick auf Lernprozesssteuerung soll Transparenz zum gewünschten Arbeitsverhalten geschaffen und solches erlernt werden. Daher wurden als Gamification-Elemente Quests, virtuelle Belohnungen und eine Tauschmöglichkeit gegen realen Mehrwert ausgewählt. Moodle-technisch wurden die Quests über die Aktivität „Fortschrittsliste“ realisiert, für die virtuellen Belohnungen und ihre Tauschmöglichkeit das Plugin „Stash“ eingesetzt. Auf kompetitive Gamification-Elemente wie Leaderboards wurde bewusst verzichtet, um die Kooperation der Studierenden nicht durch Konkurrenz zu stören und keinen individuellen Leistungsdruck in der bereits herausfordernden Situation des Studieneinstiegs aufzubauen (Tolks & Sailer, 2021).

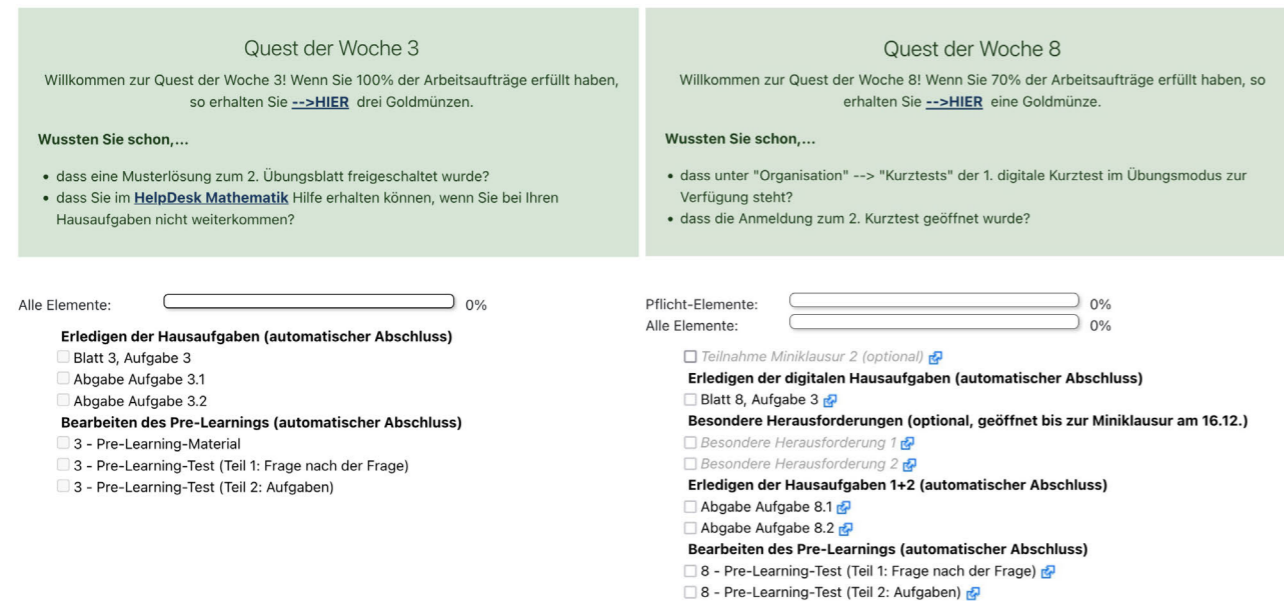


Abb. 1: Beispiele für Quests

Im Sinne der Autonomiewahrung sollten die Studierenden sich jederzeit bewusst für oder gegen die Gamification-Teilnahme entscheiden können. Der Erwerb der Bonuspunkte für die Klausur war auch ohne Nutzung der Gamification-Elemente möglich.

### Quests

Eine Quest ist eine Liste von Aufträgen, die von den Studierenden zu erfüllen sind, kombiniert mit einer Belohnung, sobald die Auftragsliste abgearbeitet ist. Das Prinzip der Quests ist ein zentraler Bestandteil zahlreicher Computerspiele.

Pro Veranstaltungswoche wurde eine Quest freigeschaltet, deren Arbeitsaufträge sich auf die jeweils aktuellen Lerninhalte bezogen. Die Konzeption der Quests folgte zwei Kriterien. Zum

einen wiederholten sich ihr Aufbau und die enthaltenen Aufträge wöchentlich so weit, dass sich gewisse Arbeitsroutinen einspielten und die Studierenden einen individuellen Arbeitsrhythmus finden konnten, z.B. die Abgabe der wöchentlichen Hausaufgaben. Zum anderen sollten die Quests aber auch abwechslungsreiche, sich wöchentlich verändernde, zusätzliche Herausforderungen enthalten, um Ermüdungserscheinungen entgegenzuwirken sowie Spezifika aktueller Lerninhalte oder besondere Etappen des Semesters zu unterstützen. Manche Quests enthielten z.B. Quizzes aus randomisierten Aufgaben der Vorwochen mit Zeitbegrenzung und Mindestpunktzahl, um die spätere Prüfungssituation zu simulieren.

Neben der inhaltlichen Seite boten die Quests zudem die Möglichkeit, den Studierenden wöchentlich und auf den Semesterzeitpunkt abgestimmt, organisatorische oder methodische Hinweise zu geben, siehe Abb. 1.

Neben den intendierten motivationalen Effekten zielten insbesondere die Quests auf die Einübung und Förderung von Lernstrategien ab. Dafür war zu Beginn des Semesters der Abschluss einer Quest durch das Bearbeiten aller ihrer Aufträge festgelegt und zeichnete sich außerdem durch eng vorgegebene Lernpfade (kleinschrittige Auflistung der zu erledigenden Aufträge) aus, um den Studienanfänger:innen Orientierung zu bieten. Im fortlaufenden Semester enthielten die Quests zunehmend auch optionale Aufträge oder die einzelnen Aufträge waren offener gefasst. Somit wurde der Handlungsspielraum der Studierenden stetig vergrößert und ihre Autonomie und Verantwortung für den eigenen Lernprozess erhöht.

### Virtuelle Belohnungen

Als Belohnung für die aktive Mitarbeit in der Veranstaltung wurden zwei Arten von virtuellen Sammelobjekten eingesetzt. Zum einen wurde das Bearbeiten der Quests mit virtuellen Goldmünzen belohnt. Hier sollte explizit nur die kontinuierliche Mitarbeit belohnt werden, die Ausführung der Aufträge wurde nicht qualitativ bewertet. Z.B. reichte das Einreichen der Hausaufgaben für die Erfüllung des entsprechenden Auftrags aus, unabhängig davon, ob diese richtig oder fehlerhaft waren. Zum anderen wurden in Ergänzung zur Belohnung dieser „quantitativen“ Leistung die „qualitativen“ Leistungen der Studierenden mit Goldsäckchen belohnt. Goldsäckchen konnten die Studierenden für korrekte Bearbeitungen

digitaler Aufgaben erhalten. Die Belohnungsunterscheidung zwischen „qualitativer“ und „quantitativer“ Leistung sollte einerseits die Studierenden motivieren, auf echtes Verständnis der Lerninhalte hinzuwirken, andererseits sollte aber auch leistungsschwächeren Studierenden die Möglichkeit gegeben werden, ausreichend Kompetenz zu erleben und durch erhöhten Fleiß die verpassten qualitativen Belohnungen zum gewissen Grad zu kompensieren.

### Tauschen gegen realen Mehrwert

Abgesehen von dem rein virtuellen Tausch von Goldmünzen in Goldsäckchen (3:1), wurde die Tauschfunktion „virtuelle Güter gegen realen Mehrwert“ konzipiert.<sup>1</sup> Hinweise, welche Dinge für die Studierenden einen realen Mehrwert bedeuten würden, hatten Erfahrungen aus vorangegangenen Durchläufen der Veranstaltung gegeben: Häufig wurde gewünscht, die wöchentlichen und auf jeweils einen Versuch beschränkten digitalen Abgabearbeiten noch einmal wiederholen zu dürfen, um mehr Bonuspunkte zu erwerben. Zudem wurde immer wieder der Wunsch nach Verlängerung der Abgabefrist für die handschriftlichen Hausaufgaben geäußert.

Diese beiden realen Dinge konnten jetzt für die virtuellen Goldsäckchen (5:1) erworben werden. Diese Tauschoption gegen einen realen Mehrwert geht deutlich über die bei Gamification üblichen Tauschoptionen für virtuelle Güter (z.B. Avatar- oder Profildesign) hinaus.

<sup>1</sup> Moodle-technisch wurde mit zusätzlichen virtuellen Tauschobjekten, der Duplizierung von Moodle-Aktivitäten und der Nutzung der Voraussetzungen-Funktion gearbeitet, um einen komplett automatisiert ablaufenden Tauschprozess realisieren zu können.

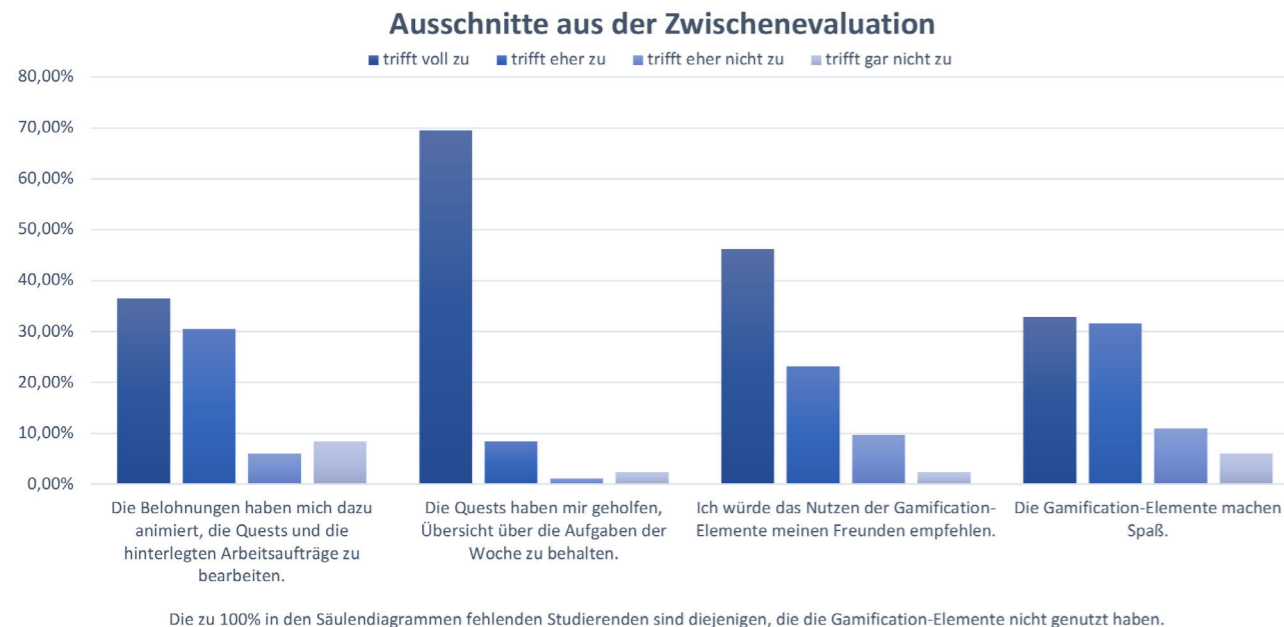


Abb. 2: Ausschnitte aus der Zwischenevaluation

### 3. Erste Auswertungen und Fazit

Wie in Abschnitt 1 beschrieben, war das Lernszenario auch vor der Anreicherung mit Gamification schon sehr darauf ausgerichtet, die Studierenden möglichst stark zu aktivieren und lange an die Veranstaltung zu binden. In den beiden betrachteten Vergleichsjahren WS 18/19 und WS 19/20 (Vor-Pandemiebedingungen) waren nach ca. 5 Veranstaltungswochen durchschnittlich noch 75% der Studierenden aus der ersten Woche aktiv, d.h. bearbeiteten die Hausaufgaben oder das Pre-Learning. Im aktuellen Jahr konnte die Zahl der aktiven Studierenden nach 5 Wochen auf 90% erhöht werden. Bei vergleichbarer Zahl an Studierenden, die an der

Lehrveranstaltung teilgenommen hatten, erhöhte sich die Anzahl derjenigen, die zu den Abschlussklausuren antraten, um durchschnittlich gut 10%. Die Bestehensquote der Klausuren blieb dabei nahezu unverändert. Das bedeutet, dass eine absolut höhere Anzahl an Studierenden die Lehrveranstaltung erfolgreich abschließen konnte als in den Vergleichsjahren.

Zur Hälfte der Vorlesungszeit wurden die Studierenden zur Teilnahme an einer anonymen Zwischenevaluation mit geschlossenen und offenen Frageformaten aufgefordert. Bewusst wurde die Umfrage in die aktuelle Quest als Erinnerung, aber nicht als Arbeitsauftrag aufgenommen. Auch wurde die Teilnahme nicht mit Sammelobjekten belohnt. Es nahmen

ca. 45% der zu Beginn der Veranstaltung, bzw. ca. 50% der zum Umfragezeitpunkt aktiven Studierenden an der Umfrage teil. 69,5% geben an, die Gamification-Elemente von Anfang an zu nutzen, 6% sind später dazugestoßen, 3,5% nutzen sie nicht mehr und 20% haben sie bisher nicht genutzt.

Abb. 2 zeigt einen Ausschnitt der Auswertung der Zwischenevaluation. Gamification wird von den Studierenden sehr positiv aufgenommen, steuert wie beabsichtigt ihr Arbeitsverhalten auch in ihrer Selbstwahrnehmung und unterstützt die Selbstorganisation.

Das Tauschen der Sammelobjekte in Fristverlängerungen und weitere Versuche wurde in den Freitexten von den Studierenden sehr positiv hervorgehoben. Zudem äußerten sie den Wunsch, die Tauschoptionen auf das JiTT auszuweiten. Diese Tauschoption wurde gemäß dem Design-Based-Research-Ansatz noch im laufenden Semester zusätzlich zu den beiden bestehenden Tauschoptionen hinzugefügt. Die angebotenen Optimierungsmöglichkeiten für den Klausurbonus wurden von den Studierenden als ein spürbarer Autonomiegewinn und realer Anreiz wahrgenommen. Die Autorinnen sind der Ansicht, dass es enormes Potenzial für Lernszenarien bietet, wenn das beim Gamification-Einsatz übliche Eintauschprinzip von der Ebene der Virtualität auf realen Autonomiegewinn ausgeweitet wird.

Die Auswertungen zeigen, dass sich auch bei einem bereits recht ausdifferenzierten und erprobten Lernszenario durch Anreicherung mit Gamification-Elementen durchaus eine weitere Optimierung der Aktivierung der Studierenden erreichen lässt.

### Danksagung

Die Entwicklung des Gamification-Konzepts erfolgte im Rahmen des vom DAAD aus Mitteln des Auswärtigen Amtes (AA) geförderten Forschungs- und Entwicklungsprojekts „VORsprung“, einem digitalen Studienvorbereitungsprogramm für internationale Studierende. Die Autorinnen danken dem gesamten VORsprung-Team für die wertvollen Diskussionen in der Entwicklungsphase. Ebenso gilt ihr Dank den Studierenden der regulären universitären Mathematikveranstaltung im WS 22/23, in der das Konzept pilotiert wurde, die durch rege Annahme der Angebote und umfangreiche Rückmeldungen bei den Evaluationen zur Weiterentwicklung aktiv beigetragen haben.

### Literatur

- Bai, S., Hew, K. F., & Huang, B. (2020). Does gamification improve student learning outcome? Evidence from a meta-analysis and synthesis of qualitative data in educational contexts. *Educational Research Review* 30, 100322. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2020.100322>
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (1985). *Intrinsic Motivation and Self-Determination in Human Behavior*. Berlin: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4899-2271-7>
- Deci, E. L. & Ryan, R. M. (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. *Zeitschrift für Pädagogik* 39 (2), S. 223-238. <https://doi.org/10.25656/01:11173>

Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., & Nacke, L. (2011). From Game Design Elements to Gamefulness: Defining “Gamification”. MindTrek ‘11: Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference. S. 9-15. <http://dx.doi.org/10.1145/2181037.2181040>

Gausch, M. & Seemann, W. (2012). Studienabbruch und Studienfachwechsel in den mathematisch-naturwissenschaftlichen Bachelorstudiengängen der Humboldt-Universität zu Berlin. Schriftenreihe zum Qualitätsmanagement an Hochschulen, Band 6. Humboldt-Universität zu Berlin.

Glasmachers, E. (2017). Anreizsysteme zur Steigerung der Motivation und des Studienerfolgs. In: Tagungsband zum 3. Symposium zur Hochschullehre in den MINT-Fächern. DiNa-Sonderausgabe 09/2017. S. 191-195.

Heublein, U., Hutzsch, C., & Schmelzer, R. (2022). Die Entwicklung der Studienabbruchquoten in Deutschland. (DZHW Brief 05|2022). Hannover: DZHW. [https://doi.org/10.34878/2022.05.dzhw\\_brief](https://doi.org/10.34878/2022.05.dzhw_brief)

Liebindörfer, M., Göller, R., Biehler, R. et al. (2021). LimSt – Ein Fragebogen zur Erhebung von Lernstrategien im mathematikhaltigen Studium. Journal für Mathematik-Didaktik 42, S. 25-59. <https://doi.org/10.1007/s13138-020-00167-y>

Novak, G. M., Patterson, E. T., Gavrin, A.D., Christian, W., & Forinash, K. (1999). Just in time teaching. American Journal of Physics 67, S. 937-938. <https://doi.org/10.1119/1.19159>

Sailer, M. (2016). Die Wirkung von Gamification auf Motivation und Leistung. Empirische Studien im Kontext manueller Arbeitsprozesse. Wiesbaden: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-14309-1>

Sailer, M., & Homner, L. (2020). The gamification of learning: A meta-analysis. Educational Psychology Review, 32(1), S. 77-112. <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09498-w>

Sangwin, C.J. (2013). Computer Aided Assessment of Mathematics. Oxford University Press.

Tolks, D., & Sailer, M. (2021). Gamification als didaktisches Mittel in der Hochschulbildung. In: Hochschulforum Digitalisierung (Hrsg.) Digitalisierung in Studium und Lehre gemeinsam gestalten. Innovative Formate, Strategien und Netzwerke. Wiesbaden: Springer, S. 515-532. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-32849-8\\_29](https://doi.org/10.1007/978-3-658-32849-8_29)

#### Angaben zu den AutorInnen

##### Eva Glasmachers

Studium der Mathematik und Physik mit anschließender Promotion in Mathematik. Seit 2008 Akademische Oberrätin an der Fakultät für Mathematik an der Ruhr-Universität Bochum. Forschungsinteressen: Entwicklung von interaktiven Lernszenarien, Aktivierung, Motivationssteigerung und individuelle Leistungsförderung, Entwicklung digitaler Aufgabenformate mit STACK, Qualifizierung von Übungsgruppenleiter:innen.

##### Maren Stephan

Zunächst Studium der Geschichte in Siegen, später Studium der Informatik in Hagen, aktuell wissenschaftliche Mitarbeiterin an der FernUniversität in Hagen. Lehre im Bereich Softwareengineering, Qualitätssicherung in einem digitalen Studienvorbereitungsprojekt für internationale Studierende.

## Mathematik prüfen – Taxonomiestufen differenzieren

Gabriela Bender, Kathrin Thiele

Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften (Hochschule Braunschweig/Wolfenbüttel)



### Zusammenfassung

Im Kontext der Ingenieurwissenschaften wird die Mathematik als Werkzeug gebraucht. Häufig reicht es aus, wenn Herleitungen nachvollzogen und mathematisch einfache Probleme gelöst werden. Dies bezieht sich jedoch auf eine große Zahl inhaltlicher Themen. Diese Anforderung sollte sich in den Prüfungen widerspiegeln. Klassische Klausurformate bieten Prüfenden und Prüfling häufig nicht die Möglichkeit zu differenzieren, inwieweit diese Anforderungen erfüllt sind. Das Feedback bleibt dadurch eher vage. Das hier vorgestellte Klausurformat orientiert sich an den Anforderungen der Taxonomiestufen. Das neue Prüfungsformat unterscheidet in der Klausur zwischen grundlegenden Anwendungen, Transfer und weiterführenden Aufgaben. Die Erfahrung zeigt, dass diese Prüfung den Studierenden ein gutes Feedback über ihren Lernstand bietet. Besonders die Erfüllung von hier vorgestellten Minimalanforderungen kann besser abgebildet werden und führt zu objektiverer Bewertung.

### 1. Inhalte und Lernziele

Im Kontext der Ingenieurwissenschaften wird die Mathematik als Werkzeug gebraucht. Daraus ergeben sich die Inhalte und Lernziele. Die inhaltlichen Themen finden sich für jeden Studiengang ausführlich in den Modulhandbüchern. Die Anzahl der verschiedenen Themen, die angesprochen werden, ist umfangreich. Das Feld reicht von der Linearen Algebra (wie z.B. Vektoren und Matrizen) über Analysis (z.B. Differential- und Integralrechnung) bis hin zur Logik. Der große Umfang resultiert aus dem, was von dem Fachkollegium erwartet wird. Aus den Fachvorlesungen ergibt sich auch, was für die einzelnen Themengebiete gefordert wird. Die Studierenden sollen unter anderem:

- Darstellungen durch mathematische Formeln verstehen
- mathematische Herleitungen und Lösungen komplexer Probleme nachvollziehen
- Ergebnisse interpretieren
- mathematische Modelle erklären und daraus Rückschlüsse ziehen
- eigene mathematische Modelle bilden

Diese Fähigkeiten werden nicht für alle Themengebiete in gleichem Maße benötigt. Zumindest erwarten die Fachkollegen, dass Studierende den ersten und zweiten Punkt erfüllen. Dafür müssen sie insbesondere für alle inhaltlichen Themengebiete:

- grundlegende Bezeichnungen und Symbole verwenden
- einfache mathematische Probleme sicher lösen
- verschiedene Darstellungen verwenden



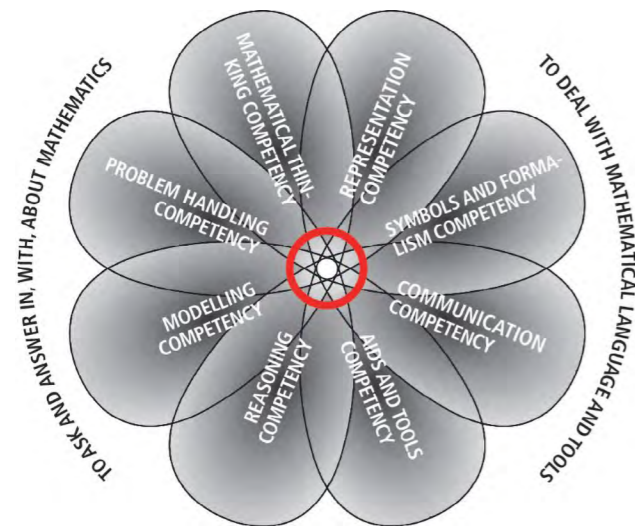


Abb. 1 KOM flower – eine visuelle Darstellung der mathematischen Kompetenzen (Niss & Højgaard, 2011)

Unter Verwendung der mathematischen Kompetenzen, wie sie von Niss (Niss M. A., 2003) dargestellt wurden, können die Anforderungen als Lernziele formuliert werden.

In Niss (2003) und Alpers (2013) finden sich ausführliche Beschreibungen der einzelnen Kompetenzen. Zur Beurteilung, inwieweit eine Kompetenz erfüllt wird, sieht Niss mehrere Kriterien als relevant an. Unter anderem sollte unterschieden werden zwischen dem degree of coverage und dem radius of action.

Der radius of action beschreibt, dass Kompetenzen keine allgemeingültigen Fähigkeiten, sondern abhängig vom Kontext sind, was auch inhaltliche Themen einschließt. Es ist zum Beispiel möglich, dass die Kompetenz „Verwendung von mathematischen Symbolen“ im Bereich der Logik gut ausgeprägt; in der Vektorrechnung die Symbolik jedoch unbekannt ist. Alpers (2013) beschreiben dies damit, dass Kompetenzen und Inhalt orthogonal aufeinander stehen. Die Kompetenzen spannen mit den inhaltlichen Themen eine Ebene auf.

Für jede Position dieser Ebene kann ein degree of coverage angegeben werden. Das bedeutet, dass Kompetenzen und thematische Inhalte nicht getrennt voneinander betrachtet werden dürfen.

Zur Beschreibung des degree of coverage verwenden wir die Einteilung der OECD für die PISA Studien (OECD, 2010) in drei Stufen, die dort als Cluster bezeichnet werden. Es wird zwischen reproduction, connection und reflection cluster unterschieden. Reproduction meint die Wiedergabe geübter Kenntnisse, wobei dies unter anderem die Durchführung bekannter Routinen beinhaltet. Im connection cluster wird Problemlösen für vertraute oder ähnliche Situationen gefordert. Im reflection cluster ist die Reflexion über Prozesse notwendig. Eine genaue Beschreibung der Cluster bezogen auf die einzelnen Kompetenzen findet sich in (OECD, 2010) ab S. 107.

Unter diesen Voraussetzungen können die Anforderungen, die am Anfang des Abschnittes formuliert wurden, in ein Kompetenzmodell übersetzt werden. Die Tabelle 1 stellt für die

	Reproduction	Connection	Reflection
Thinking math.	+	+	○
Reasoning math.	+	○	
Problem solving	+	+	○
Modelling math.	+		
Communication	+	+	○
Representation	+	+	○
Symbols and formalism	+		
Aids and tools			

Tab. 1: Geforderter Ausprägungsgrad der Kompetenzen (+: sehr wichtig, O: mittel wichtig)

Vorlesungen der Autorinnen dar, welcher Ausprägungsgrad (degree of coverage) für die einzelnen Kompetenzen angestrebt wird. Eine solche Darstellung findet sich auch in Alpers (2013). Sie muss für jede Veranstaltung angepasst werden (fällt jedoch häufig ähnlich aus). Zum Beispiel hat in der dargestellten Veranstaltung die Kompetenz aids and tools keinen Stellenwert, da mathematische Werkzeuge wie z.B. CAS-Systeme, an anderer Stelle im Studium behandelt werden.

In der Darstellung als Tabelle wird nicht auf den Kontext, also den radius of action, eingegangen. Dies müsste für jedes Themengebiet einzeln geprüft werden.

Die so formulierten Lernziele können unter Einbeziehung des radius of action als learning outcomes (Reis, 2013) beschrieben werden. Nicht alle Studierenden werden diese in Gänze erreichen. Es lassen sich daraus auch Minimalanforderungen formulieren. Basierend darauf, dass die Studierenden mathematische Darstellungen verstehen und auch komplexe Herleitungen nachvollziehen können, ergibt sich, dass für einen breiten radius of action, idealerweise für alle behandelten inhaltlichen Themen, die Kompetenzen problem posing and solving, representation und symbols and formalism auf der Stufe reproduction erfüllt sein sollte.

Das bedeutet, die Studierenden können in allen behandelten inhaltlichen Themengebieten:

- die behandelten Symbole und Formalismen verstehen
- geübte Probleme lösen
- behandelte Repräsentationen der Objekte darstellen und gegebenenfalls ineinander umrechnen

Zusätzlich sollen Studierende zeigen, dass sie auch über die Stufe reproduction hinaus ähnliche Problemstellungen lösen können. Dies ist jedoch als Minimalanforderung nicht für alle Themengebiete notwendig.

Zusätzlich zu den Minimalanforderungen ist das Lernziel, dass die Studierenden:

- verschiedenen Darstellungen von mathematischen Inhalten interpretieren können
- mathematische Schlussfolgerungen ziehen und begründen können
- für unbekannte Problemstellungen Lösungswege finden

## 2. Klausurformate: Klassisch und neu

Die Art und der Umfang der Prüfung werden durch die geltende Prüfungsordnung bestimmt. In den betrachteten Veranstaltungen ist als Prüfungsformat eine Klausur im Umfang von 90 Minuten vorgegeben. Durch freiwillige Zusatzleistungen können Bonuspunkte für die Klausur erarbeitet werden.

Bei üblichen Klausurformaten werden Aufgaben aus möglichst vielen inhaltlichen Bereichen gestellt. In jeder Aufgabe sind Anteile verschiedener Kompetenzlevel enthalten. Je nachdem, inwieweit die Aufgabe erfüllt wird, werden Punkte vergeben. Dabei gibt es in der Regel auch Punkte auf Ansätze oder einfache Rechenschritte. Die Punkte der Aufgaben werden addiert. Ist mindestens die Hälfte der Gesamtpunktzahl erreicht, so gilt die Klausur als bestanden.

Maas (2017, S. 32) schreibt für diese Art von Prüfung, dass „eine Note im Bereich 3,0 bis 4,0 [...] sowohl durch rudimentäres bis akzeptables Wissen in allen Themenbereichen als auch durch gute Kenntnisse über wenige Themen zusammen mit annähernder Unkenntnis auf den übrigen Gebieten erreicht werden [kann]“. Eine bestandene Klausur gibt keine Aussage darüber, ob in allen inhaltlichen Themengebieten Basiskenntnisse vorhanden sind.

Das Format begünstigt, dass einige Studierende bewusst Themen weglassen.

Zusätzlich muss betont werden, dass sich dieses Klausurformat nicht an den Lernzielen orientiert. Eine knapp bestandene Prüfung ist kein Garant dafür, dass die Minimalanforderungen erreicht wurden. Sollen die Minimalforderungen erfüllt werden, so muss im Sinne eines Constructive Alignments (Reis, 2013) das Prüfungsformat darauf angepasst werden.

Das hier vorgestellte Prüfungsformat basiert auf Ideen von Waffenschmidt (2013), die er für die Elektrotechnik erarbeitet hat. Das Konzept lässt sich auf Mathematik als Grundlagenvorlesung übertragen.

Das Prinzip dieser Klausur ist, dass es drei Teile gibt, in denen die Level der Kompetenzen getrennt geprüft werden. Diese Abschnitte korrespondieren mit den Erreichungsgraden der Kompetenzen. Sie gliedern sich wie folgt:

### Teil A

In Teil A finden sich Aufgaben, die sich in die Kompetenzen solving mathematical problems, representing mathematical entities und handling mathematical symbols and formalism einordnen lassen. Diese Kompetenzen werden auf dem Level reproduction abgeprüft. Es sind Aufgaben, die in der Vorlesung oder den begleitenden Tutorien behandelt wurden. Das Lösen einer der Aufgaben nimmt für geübte Bearbeitende nur ca. 1 Minute in Anspruch. Eine mögliche Aufgabe aus dem Bereich solving mathematical problems zeigt Abbildung 2.

Bestimmen Sie die Ableitung der folgenden Funktion

$$f(x) = \frac{3x}{4 \ln(x)}$$

### Abb. 2 Aufgabenbeispiel

Eine mögliche Aufgabe aus dem Bereich der mathematischen Symbole zeigt Abbildung 3.

Geben Sie die folgende Menge in Intervallschreibweise an

$$x \in \mathbb{R} : (x \leq -\sqrt{23} \wedge x > -7) \vee (x > -\frac{27}{5} \wedge x \leq \sqrt{17})$$

### Abb. 3 Aufgabenbeispiel

Der Kompetenzbereich representing mathematical entities wird in Aufgaben der Art in Abbildung 4 geprüft.

Geben Sie die folgende Zahl Real- und Imaginärteil an

$$z = 2\sqrt{3}e^{i\frac{3}{4}\pi}$$

### Abb. 4 Aufgabenbeispiel

Es werden 10 Aufgaben in diesem Abschnitt gestellt. Die Aufgaben können aus allen inhaltlichen Abschnitten der Vorlesung kommen. Die Aufgaben müssen vollständig korrekt gelöst werden. Teilpunkte gibt es nicht.

### Teil B

Thema dieses Abschnittes ist das Lösen von Routineproblemen, die in ähnlicher Weise in der Vorlesung behandelt werden. Sie sind auf dem Level connection. Die jeweilige Methode ist nicht vorgegeben, sondern muss eigenständig erkannt und korrekt angewendet werden. Häufig ist auch die Verknüpfung von mehreren Basisverfahren notwendig. Diese Aufgaben sind auf dem Level connection. Der Abschnitt besteht aus 3-4 Aufgaben, die einen größeren Umfang haben als jene aus Teil A.

### Teil C

In diesem Abschnitt sind Aufgaben des Erreichungsgrades reflection. Die Aufgaben verlangen ein gutes bis sehr gutes Verständnis der Zusammenhänge. Es können einfache mathematische Modellierungen sein oder komplexe mathematische Aufgabenstellungen, die in der Art nicht in der Vorlesung behandelt worden sind. Es sind 2-3 Aufgaben aus verschiedenen inhaltlichen Themengebieten.

Dieser Prüfungszuschnitt orientiert sich deutlicher an den Minimalanforderungen. Zum Bestehen muss der Teil A weitgehend fehlerfrei gelöst werden. Dies entspricht der Anforderung, in weitestgehend allen Themengebieten, die Aufgaben auf dem Niveau reproduction lösen zu können. In Teil B muss mindestens eine Aufgabe gelöst werden, um zu zeigen, dass ein Transfer auf ähnliche Zusammenhänge und komplexere Aufgaben beherrscht wird. Eine sehr gute Leistung wird gezeigt, wenn zusätzlich das Gelernte in neuen Zusammenhängen verwendet werden kann. Dies wird in Teil C gefordert.

Die folgende Tabelle zeigt den Zusammenhang zwischen den Erfüllungsgraden und der Note. Die Benotung ergibt sich daraus, dass für die einzelnen Teilbereiche der Prüfung verschiedene Erreichungsgrade gefordert werden.

Note	4,0	3,7	3,3	3,0	2,7	2,3	2,0	1,7	1,3	1,0
Kat. A	≥ 70%	≥ 70%	≥ 70%	≥ 70%	≥ 70%	≥ 70%	≥ 70%	≥ 70%	≥ 80%	≥ 80%
Kat. B	≥ 25%	≥ 33%	≥ 42%	≥ 50%	≥ 50%	≥ 50%	≥ 50%	≥ 66%	≥ 75%	≥ 75%
Kat. C				≥ 8%	≥ 17%	≥ 25%	≥ 33%	≥ 50%	≥ 66%	≥ 66%

Tab. 2: Notenstufen

Die Klausur ist in die Vorlesungsgestaltung eingebettet. Zu Beginn des Semesters wird kommuniziert, wie die Prüfung aufgebaut ist. Damit die Studierenden einordnen können, was mit den verschiedenen Teilen gemeint ist, sind die begleitenden Übungsaufgaben klassifiziert. In der Vorlesung wird in unregelmäßigen Abständen thematisiert, wie einzelne Aufgaben klassifiziert werden können. Im Sinne eines Constructive Alignment werden in der Veranstaltung die verschiedenen Erreichungsstufen angesprochen. In den begleitenden Tutorien liegt der Fokus auf den Teil-A-Aufgaben. Es wird das Rechnen von einfachen Aufgaben geübt.

Um die Studierenden an ein kontinuierliches Arbeiten heranzuführen und die Unsicherheit vor dem ungewohnten Prüfungsformat zu nehmen, gibt es im Semester Zwischentests. Je nach Veranstaltung sind sie gestaltet als Lernstandskontrollen (drei kurze Tests) oder als Probeklausur (ein Test unter Prüfungsbedingungen). Die Studierenden lernen den Aufbau der Prüfung kennen und können den eigenen Lernstand überprüfen.

### 3. Beurteilung und Ergebnisse

Diese Art der Klausuren wird bei uns an mehreren Fakultäten seit Wintersemester 19/20 durchgeführt. Insgesamt haben sich die Durchfallquoten und der Anteil besonders guter Noten bisher nicht wesentlich verändert.

Anfangs war für uns erstaunlich, dass die Studierenden, die die Klausur nicht bestehen, in den allermeisten Fällen in Teil A durchfallen. Erste Untersuchungen des Lösungsverhaltens und der Fehlerart zeigen, dass der Punktabzug in Teil A nur sehr selten auf Rechenfehler zurückzuführen ist. Meist sind es Unkenntnis der Methode oder der Fachbegriffe. Das Lösen standardisierter Aufgabenstellungen ist nicht automatisiert. Diese Studierenden zeigen meist auch deutliche Schwächen in Teil B. Es hat noch keinen Fall gegeben, in dem Teil B und Teil C gut bis sehr gut bearbeitet wurden und Teil A nicht ausreichend war.

Die Benotung der Prüfung wird sowohl von Lehrenden als auch Studierenden als objektiver wahrgenommen. Für den Lehrenden ergeben sich weniger Möglichkeiten, die Benotung den Klausuren anzupassen. Bei klassischen Klausurformaten besteht die Möglichkeit, die Bestehensgrenze zu verschieben (z. B. auf 45 %), wenn die Lerngruppen schwache

Leistungen zeigen. Dadurch sind diese Noten teilweise von der Leistung des Jahrgangs abhängig. Bei dem neuen Format ist die Punktevergabe in Teil A sehr klar geregelt. Nur vollständig korrekte Lösungen zählen. Die Benotung wird dadurch objektiver und unabhängig von der Leistung anderer.

Einen besonders positiven Effekt, mit dem wir nicht gerechnet haben, hat das Format auf die Klausureinsicht. Die Atmosphäre hat sich deutlich verändert. In der Klausureinsicht kommt es nicht mehr zu Situationen, in denen Studierende um eine wohlwollende Beurteilung der Leistung bitten. Im Fokus steht nicht mehr die Punktevergabe, sondern das Gespräch über die gemachten Fehler und das Verbesserungspotential. Die Studierenden, die in die Klausureinsicht kommen, nehmen die Möglichkeit wahr, aus der Klausur zu erkennen, wo gelernt werden sollte. Dadurch wird die Klausur zu einem Mittel, den Studierenden klassifiziertes Feedback zu geben und nicht ausschließlich eine Benotung. Der Eindruck ist, dass dies darauf zurückzuführen ist, dass auch die Studierenden die Bewertung insbesondere des Teil A als objektiv und gerecht wahrnehmen.

Die Studierenden berichten, dass es in den Klausuren nicht mehr zu Zeitdruck kommt. Besonders schwächere Studierende oder diejenigen, mit wenig Vertrauen in das eigene Können, fokussieren sich in der Prüfung auf die Teile A und B. Dadurch bleibt ihnen mehr Zeit, diese sorgfältig zu lösen und zu überprüfen. Beim klassischen Klausurformat wird häufig von durchgefallenen Studierenden berichtet, dass sie die Aufgaben nicht bewältigen konnten, weil sie zu wenig Zeit hatten.

Ein angenehmer Nebeneffekt ist, dass für die Lehrenden die Korrektur der Klausur deutlich effizienter wird, da Teil A nur auf korrekte Ergebnisse überprüft wird.

Insgesamt erfüllt das Klausurformat die Erwartungen, die daran gestellt wurden. Die Prüfung orientiert sich besser an den Lernzielen. Zusätzlich wird der Zeitdruck reduziert, so dass die mathematischen Kompetenzen in den Vordergrund treten. Besonders erfreulich ist die veränderte Atmosphäre in der Klausureinsicht, die von Studierenden genutzt wird, um klassifiziertes Feedback zu erhalten.

#### Literatur

Alpers, B., Demlova, M., Fant, C.-H., Gustafsson, T., Lawson, D., Mustoe, L., ... Velichova, D. (2013). A framework for mathematics curricula in engineering education: a report of the mathematics working group.

Maas, C. (2017). Ingenieurmathematik kompetenzorientiert prüfen. Berlin: DUZ Medienhaus.

Niss, M. A. (2003). Mathematical competencies and the learning of mathematics: the Danish KOM project. 3rd Mediterranean Conference on Mathematical Education – Athens, Hellas 3-4-5 January 2003, (pp. 116-124).

Niss, M., & Højgaard, T. (2011). Competencies and Mathematical Learning: Ideas and inspiration for the development of mathematics teaching and learning in Denmark.

OECD. (2010). PISA 2009 Assessment Framework – Key competencies in reading, mathematics and science. Retrieved from // [www.oecd-ilibrary.org/content/publication/9789264062658-en](http://www.oecd-ilibrary.org/content/publication/9789264062658-en)

Reis, O. (2013). Kompetenzorientierte Prüfungen: Prüfungstheorie und Prüfungspraxis. 13. Internationaler Coethener Erfahrungsaustausch (ICE13). Köthen (Anhalt).

Waffenschmidt, E. (2013). Kompetenzorientierte schriftliche Prüfungen. In Neues Handbuch Hochschullehre. Berlin: Raabe Verlag.

#### Angaben zu den AutorInnen

##### Gabriela Bender

Studium der Statistik an der Universidade de Sao Paulo, Brasilien, Abschluss: Bachelor in Statistik, Studium der Statistik an der Universität Dortmund, Abschluss: Diplom-Statistikerin, seit 2010 Lehrkraft für besondere Aufgaben an der Fakultät Wirtschaft der Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften

##### Prof. Dr. Kathrin Thiele

Mathematikstudium an der Leibniz Universität Hannover, Promotion in Mathematik an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen, beschäftigt bei der Continental AG, Hannover und der Ferrari SpA in Maranello, seit 2008 Professorin in der Fakultät Maschinenbau der Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften



TOOLS, LABORE  
UND PRAKTIKA –  
Neue Technologien  
für eine erfolgreiche  
Kompetenzentwicklung

# Digitales Praktikum zur Wirkstoffentwicklung

Ronald Ebbert, Ralf Lösel, Regina Strößner, Stefan Heuser  
Technische Hochschule Nürnberg

## Zusammenfassung

Ein Chemiestudium beinhaltet traditionell hohe Praktikumsanteile. Auch das hier vorgestellte Master-Modul „Wirkstoffchemie“ sah bisher ein Laborpraktikum vor, in dem drei Gruppen mit verschiedenen thematischen Schwerpunkten die frühen Phasen der modernen Wirkstoffentwicklung bearbeiteten.

Die Corona-Pandemie hat die Chance eröffnet, das Praktikum in ein digitales, Moodle-basiertes Planspiel zu transformieren, das mit Präsentationen, Videos und PDFs arbeitet. Zu Beginn bearbeiten Studierende Aufgabenstellungen individuell. Im weiteren Verlauf folgen Gruppenarbeiten, bei denen die Studierenden das im Rahmen der Vorlesung Gelernte diskutieren und anwenden können. In dieser Phase stehen die Studierenden auch mit den Dozenten in enger Interaktion.

Durch das digitale Konzept erhält das Praktikum einen starken Projekt-Charakter. Erlerntes Wissen kann auf einen konkreten Fall angewendet und in die Praxis überführt werden. Die Studierenden gewinnen so einen tiefen Einblick in die moderne Wirkstoffforschung.

## 1. Ausgangssituation

Seit fast 10 Jahren wird im Masterstudiengang Angewandte Chemie der TH Nürnberg das Modul „Wirkstoffchemie“ angeboten. Das Modul soll den Entwicklungsprozess neuer Medikamente beleuchten und fokussiert sich besonders auf die frühe Phase der Wirkstoffforschung, bei der ein klinischer Kandidat für die weiterführenden klinischen Studien gefunden werden soll. Während der gesamte Entwicklungsprozess für neue Medikamente etwa 10 Jahre Forschungs- und Entwicklungsarbeit benötigt, werden für den Zeitraum zwischen Projektstart und Kür eines klinischen Kandidaten etwa 4 Jahre veranschlagt (Abb. 1). Diese in Abbildung 1 grün hinterlegte Phase wird in der englischsprachigen Literatur häufig als „Drug Discovery Rocket“ bezeichnet.

Das Modul „Wirkstoffchemie“ an der TH Nürnberg zeichnet sich dadurch aus, dass es aus einem Vorlesungs- und einem Praktikumsteil besteht, die gemeinsam von drei Dozenten angeboten werden. Alle drei Lehrende haben langjährige Berufserfahrung im entsprechenden Themengebiet und decken dabei unterschiedliche thematische Aspekte der frühen Wirkstoffforschung ab. Während die Vorlesung die vorklinische Phase komplett abdeckt, wurden bisher im Praktikum nur einzelne Phasen der Wirkstoffentwicklung in drei unterschiedlichen Gruppen bearbeitet. Die Studierenden mussten sich gemäß ihrer Interessen und ihres fachlichen Schwerpunktes für einen Themenschwerpunkt entscheiden. So stellte eine Gruppe vollkommen neue, vielversprechende Wirkstoffe her, eine

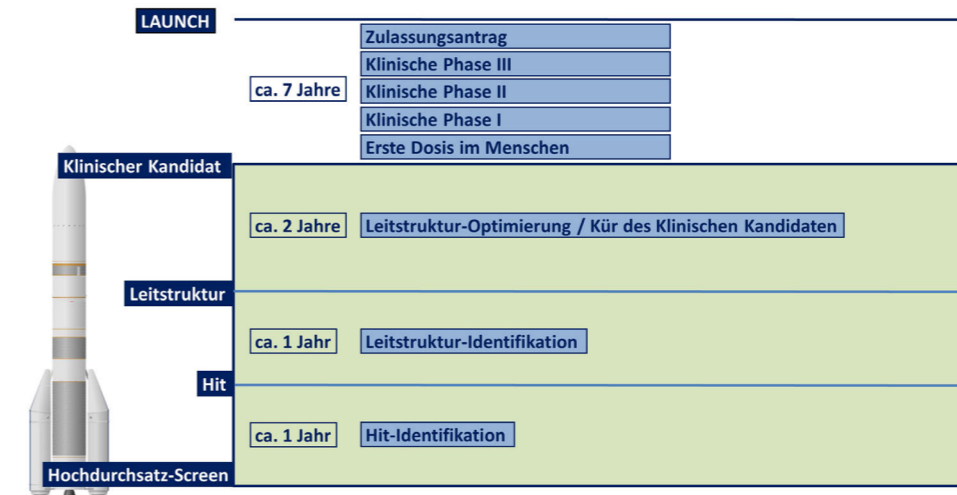


Abb. 1: Wirkstoffentwicklungs-Prozess mit der initialen „Drug Discovery Rocket“-Phase

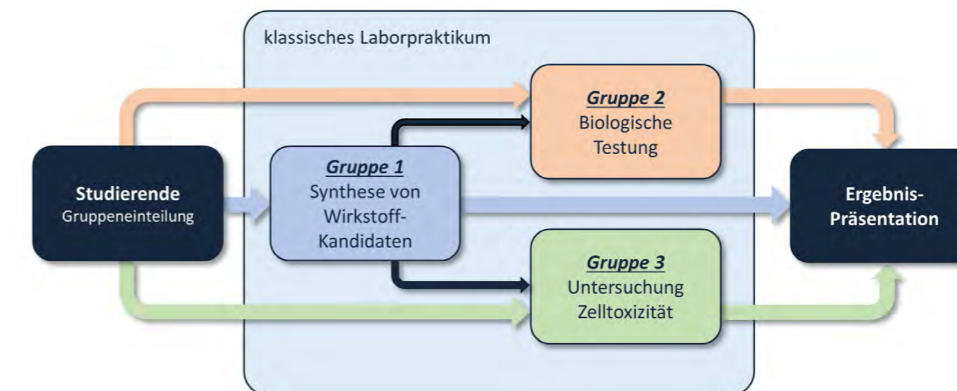
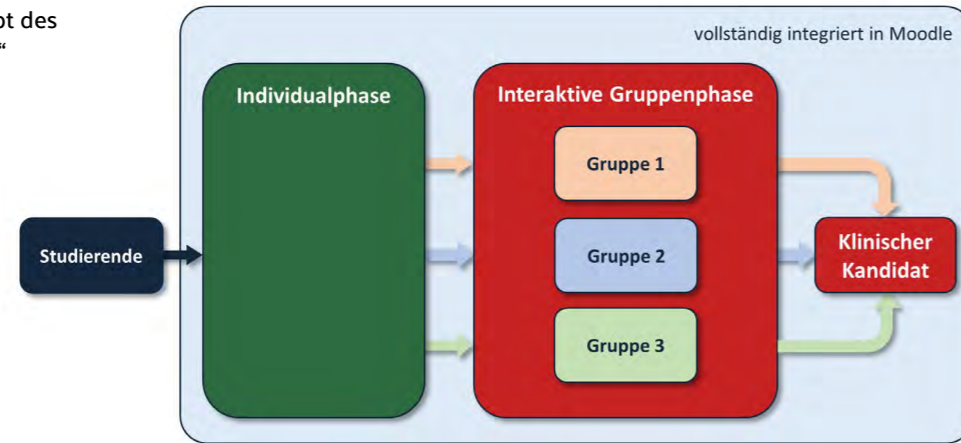


Abb. 2: Bisheriger Ablaufplan des Praktikums „Wirkstoffchemie“

zweite untersuchte diese neuen chemischen Strukturen auf ihre biologische Aktivität und die dritte Gruppe widmete sich generellen Eigenschaften dieser Substanzen, die essenziell für die Eignung als Wirkstoffe in Medikamenten sind. Da die Studierenden so nur einen von drei möglichen Themenkomplexen bearbeiteten, wurden die Ergebnisse der drei Gruppen in einer abschließenden gemeinsamen Präsentationsrunde einander vorgestellt (Abb. 2).

Diese Herangehensweise entspricht zwar derjenigen in der pharmazeutischen Industrie, da sich auch dort jeweils Spezialisten mit einzelnen Forschungsbereichen auseinandersetzen und die einzelnen Forscher nicht aktiv den gesamten Wirkstoffentwicklungsprozess durchlaufen. Diese große Nähe zur Realität war aber auch gleichzeitig eine Schwäche des bisherigen Praktikums, da die Studierenden nur einzelne Aspekte aktiv bearbeiteten und somit nicht den gesamten

Abb. 3: Überarbeitetes Konzept des Praktikums „Wirkstoffchemie“



Prozess durchliefen. Zudem beschränkte sich die Interaktion zwischen Dozenten und Studierenden maßgeblich auf die praktische Anleitung Letzterer durch die Lehrenden.

## 2. Hintergründe zur Neukonzeption des Praktikums

Das maßgebliche Lernziel des bisherigen Laborpraktikums war es, einzelne Aspekte der Wirkstoffforschung nach Versuchsvorschrift selbst durchzuführen und dabei die bereits im Bachelor erworbenen praktischen Kompetenzen zu vertiefen. Durch das Auftreten der COVID-19 Pandemie wurde es schließlich nötig, das Praktikum in ein digitales Format zu überführen. Der Kurs wurde daher vollständig überarbeitet und neu konzipiert. Da die Studierenden im Rahmen der vorangegangenen Bachelor-Studiengänge bereits intensive Laborerfahrungen im Rahmen von Praktika haben sammeln können, stellte die im digitalen Praktikum fehlende Laborpraxis dabei keinen besonderen Nachteil dar. Neben der reinen

Überführung in ein digitales Praktikum sollten mit der Überarbeitung aber auch folgende Ziele erreicht werden:

- Abdeckung eines größeren Themenbereichs der vorklinischen Forschung
- jede\*r Studierende sollte den gesamten Themenbereich aktiv durchlaufen und erleben
- stärkerer Projektcharakter
- stärkere Implementierung von Elementen des „*Forschenden Lernens*“ (Huber, 2013), „*Peer Instruction*“ (Smith, 2009) und „*Just-in-Time Teaching*“ (Wolf, 2014; Novak 2011)
- eigenständigeres Arbeiten
- mehr Interaktion mit Dozenten

Das neu konzipierte, digitale Praktikum ist vollständig online über einen Moodle Kurs verfügbar und beinhaltet Lehrmaterialien wie Präsentationen, Videos und Dokumente. In der ersten Phase des Praktikums muss jede\*r Studierende individuell Aufgaben bearbeiten, während sich der Schwerpunkt im weiteren Verlauf auf Gruppenarbeiten verlagert, bei denen die Studierenden das im Rahmen der Vorlesung Gelernte anwenden und diskutieren können.

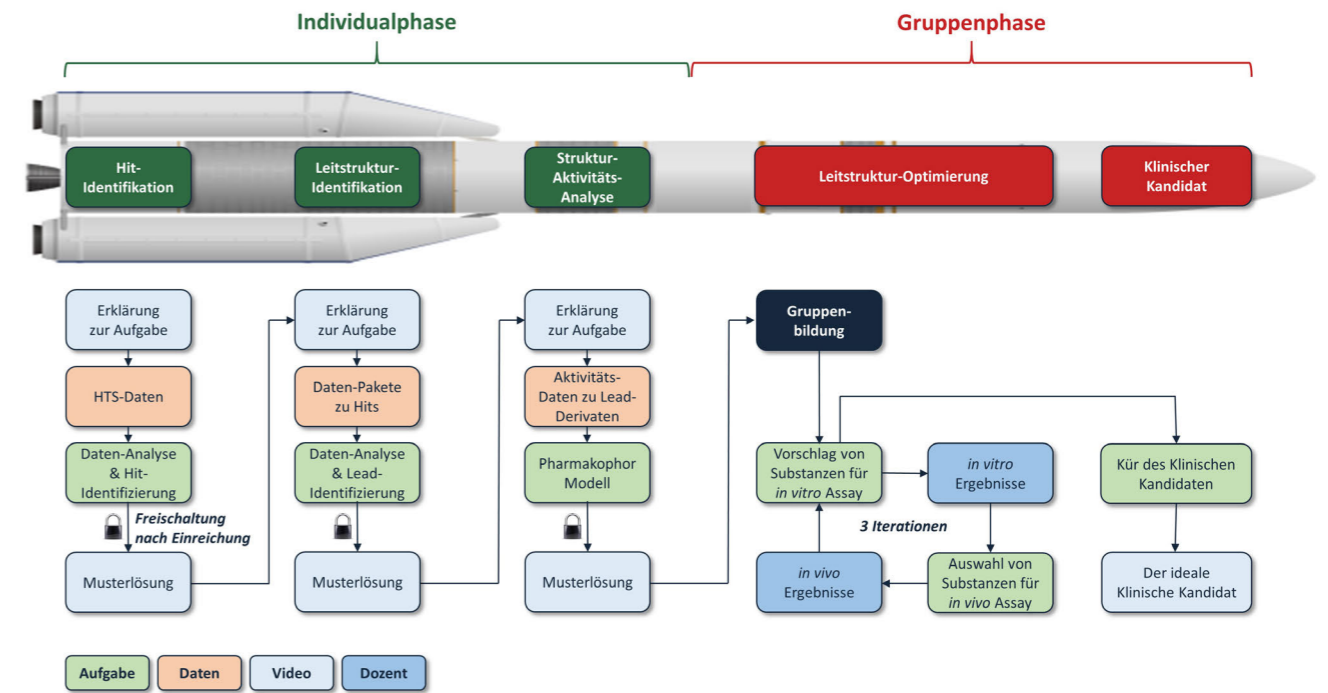


Abb. 4: Ablaufplan des digitalen Praktikums „Wirkstoffchemie“

Anders als in der Präsenzveranstaltung sieht das digitale Konzept keine Trennung mehr in die drei unterschiedlichen Gruppen vor (Abb. 3). Jede\*r Studierende durchläuft im digitalen Praktikum den gleichen Prozess und erhält einen Einblick in den Ablauf der Wirkstoffentwicklung. Die Studierenden erarbeiten und durchlaufen nicht mehr nur einzelne Aufgabenbereiche bzw. Teilabschnitte im gesamten Prozess, sondern haben die Möglichkeit, sich intensiv mit allen aufeinanderfolgenden Entwicklungsschritten zu beschäftigen. Zusätzlich fördert dieses Konzept das Verständnis für die jeweils benachbarten Forschungsdisziplinen und bereitet die Studierenden zielgerichtet auf die Praxis vor, da auch in der

modernen Pharmaindustrie ein Verständnis für angrenzende Disziplinen und Fachrichtungen unabdingbar für die erfolgreiche Entwicklung von Medikamenten ist.

## 3. Aufbau des Digitalen Praktikums

Der detaillierte Ablaufplan des digitalen Praktikums ist in Abbildung 4 dargestellt. Die Bearbeitungszeit für das Planspiel beträgt bei weitestgehend freier Zeiteinteilung durch die Studierenden vier Wochen. Es gibt keine festen Termine, zu denen die Studierenden die Aufgaben und Inhalte bearbeiten

müssen. Allerdings existieren zu jeder Aufgabe Deadlines, die eingehalten werden müssen, so dass ein gemeinsamer Start in die Gruppenphase gewährleistet ist. Der Moodle-Kurs ist außerdem konsekutiv gestaltet. So werden im Verlauf des Praktikums weiterführende Lehrmaterialien und Aufgaben erst nach Abgabe einer Lösung zur vorangegangenen Aufgabe freigeschaltet. Die Studierenden erhalten nach jedem Abschnitt die Möglichkeit, ihre Einreichungen anhand von Lehrvideos, Folien und anderen Medien zu überprüfen und werden so durch die Fallstudie geleitet. Dadurch wird die weitere Bearbeitung trotz Einreichung von fehlerhaften Lösungen sichergestellt. Mit den freigeschalteten Bereichen erhalten die Studierenden in der Fallstudie immer wieder Input und Materialien, die sie für die weitere Bearbeitung benötigen. Da diese Materialien im Kurs hinterlegt sind, arbeiten die Studierenden zu Anfang selbstgesteuert. Die Dozenten sind dennoch auch in dieser Individualphase über ein Moodle-Forum sowie per Mail jederzeit ansprechbar, um technische oder inhaltliche Unterstützung zu leisten.

Im späteren Verlauf, wenn sich die Studierenden in Kleingruppen mit der Kür ihres klinischen Kandidaten für die klinische Erprobung eines Wirkstoffs beschäftigen, ist die Interaktion mit den Lehrenden ein zentraler Bestandteil des Praktikums. Der Dozent schlüpft dabei in die „Rolle eines Zell- oder Tiermodells“, und generiert spezifische Aktivitätsdaten für die von den Studierenden vorgeschlagenen Wirkstoffkandidaten. Mit den so gewonnenen Erkenntnissen werden die Studierenden in die Lage versetzt, ihre Leitstrukturen weiter zu optimieren. Da die Studierenden bei der Auswahl ihrer Wirkstoffkandidaten völlig frei sind, sind theoretisch unendlich viele Strukturvorschläge möglich. Die durch den Dozenten generierten Aktivitätsdaten sind daher hypothetisch – sie basieren allerdings auf einem sehr detaillierten, nicht-offengelegten Struktur-Aktivitäts-Konzept.

#### Inhaltlicher Ablauf der Fallstudie im Praktikum

Zu Anfang des digitalen Praktikums wird den Studierenden ein hypothetisches Protein der Bauchspeicheldrüse (Pankreas) vorgestellt, welches einen interessanten Ansatz zur Behandlung von Diabetes darstellt. Da angenommen wird, dass es ein sehr ähnliches Protein auch im Gehirn gibt und dieses bei Interaktion mit möglichen Wirkstoffen gegen Diabetes im Verdacht steht, Erinnerungsverluste auszulösen, müssen die Studierenden eine möglichst hohe Selektivität ihrer Wirkstoffe zugunsten des Proteins im Pankreas im Fokus behalten. In den folgenden Aufgaben lernen sie, wie sie zunächst chemische Substanzen finden können, die überhaupt mit dem Bauchspeicheldrüsen-Protein interagieren und möglichst nicht zu Erinnerungsverlusten führen. Diese vielversprechenden Substanzen, die sogenannten „Hits“, müssen von den Studierenden in zwei weiteren aufeinander aufbauenden Aufgaben anhand von detaillierteren Datensätzen auf ihre grundsätzliche Eignung für ein Wirkstoffentwicklungsprojekt beurteilt werden. Sie können so eine ideale Leitstruktur auswählen, mit der sie sich im Folgenden intensiv weiter beschäftigen wollen. Im Verlauf des Praktikums erlangen die Studierenden dann anhand von Aufgaben, weiteren Datensätzen und Videos genauere Kenntnisse über die Struktur-Wirkungsbeziehungen ihrer Wirkstoffkandidaten. Sie verstehen also besser, welchen Einfluss Modifikationen der chemischen Struktur auf die biologische Aktivität haben.

Mit dem gewonnenen Wissen startet anschließend die Gruppenarbeit, bei der die weitere Optimierung der Leitstruktur im Fokus steht. In diesem Teil des Praktikums gibt es dann auch einen steten Austausch zwischen Studierenden und Dozenten. Die Studierenden sollen in insgesamt drei Iterationen die Leitstruktur hinsichtlich Aktivität, Metabolismus und Toxizität derart optimieren, dass jede Gruppe am Ende der

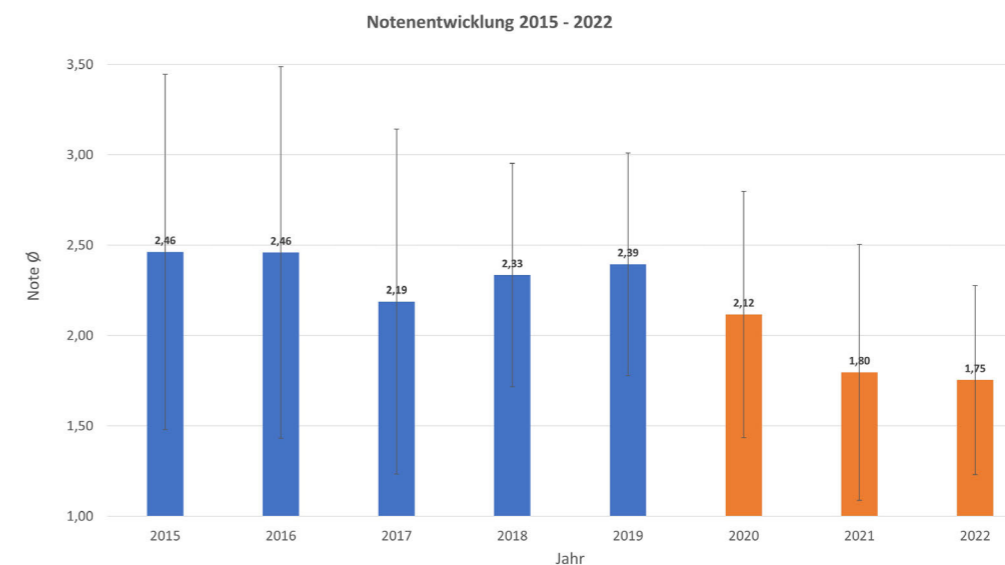


Abb. 5: Durchschnittliche Prüfungsnoten im Modul „Wirkstoffchemie“ seit 2015 (blau: klassisches Laborpraktikum, rot: digitales Praktikum)

dritten Iteration einen klinischen Kandidaten küren kann, der die für die klinische Testung nötigen Eigenschaften mitbringt. In jeder dieser drei Iterationen sollen die Studierenden ausgehend von der Leitstruktur sechs Moleküle vorschlagen, für die sie biologische Daten erhalten. Der Dozent gibt den Studierenden für jede der sechs Substanzen biologische Aktivitäten – jeweils für die beiden Proteine in der Bauchspeicheldrüse und im Gehirn. Basierend auf diesen Daten können die Studierenden dann zwei der sechs Moleküle aussuchen, um diese in einem (hypothetischen) Tierversuch auf die gewünschte Wirkung als Diabetes Medikament zu untersuchen. Damit ist die erste Iteration abgeschlossen – zwei weitere folgen. Am Ende der dritten Iteration steht schließlich die Wahl des *klinischen Kandidaten* an.

In einer finalen Abschlusspräsentation in Videoform wird den Studierenden der ideale klinische Kandidat vorgestellt, denn genau wie in der Praxis, lässt das Verfahren vielfältige Lösungen zu. Als kleiner Ansporn werden zudem die Mitglieder der Gruppe, deren klinischer Kandidat dem idealen Ergebnis am nächsten kommt, als informelle Sieger\*innen gekürt.

#### 4. Ergebnis und Evaluation

Das Praktikum in seiner digitalen Form wurde bisher drei Mal durchgeführt. Eine Betrachtung der durchschnittlichen Prüfungsergebnisse der Jahre 2015 bis 2022 ist in Abbildung 5 gezeigt. So kann nach Einführung des digitalen Praktikums im

Jahr 2020 eine zwar nicht statistisch signifikante, aber doch tendenzielle Verbesserung der Noten festgestellt werden. Auch wenn diese Verbesserung wahrscheinlich nicht mono-kausal auf das digitale Praktikum zurückzuführen ist, sprechen die Ergebnisse dennoch für einen erhöhten Lernerfolg, zumal in dem besagten Zeitraum keine anderen Modifikationen im Modul etabliert wurden, die die Notenverbesserung erklären würden.

Das Feedback seitens der Studierenden in Freitext-Evaluierungen ist durchgehend positiv. Den Studierenden gefällt, dass sie das bereits gewonnene Wissen aus den Vorlesungen an einem konkreten Fall anwenden und in die Praxis überführen können. Das Praktikum hat mit dem digitalen Konzept zudem einen stärkeren Forschungsprojekt-Charakter erhalten, da nicht mehr nur Teilaspekte der Wirkstoffentwicklung nach genauen experimentellen Vorgaben im Rahmen eines Laborpraktikums bearbeitet werden. Vielmehr sind der Kreativität der Studierenden bei der Bearbeitung des digitalen Praktikums kaum forschersche Grenzen gesetzt, da sie jede erdenkliche Struktur als Wirkstoffkandidaten vorschlagen können. Auch der Austausch mit anderen Studierenden in der Gruppenphase wurde als sehr fruchtbar wahrgenommen. Positiv wird zudem bewertet, dass die Bearbeitung bei weitestgehend freier Zeiteinteilung erfolgen kann und die Selbstständigkeit der Studierenden so stärker gefördert wird. Das klassische Laborpraktikum gab zuvor aus organisatorischen Gründen einen viel engeren Rahmen vor: So waren beispielsweise die zu synthetisierenden Substanzen, die durchzuführenden Arbeiten, sowie die Labortermine durch die Dozenten exakt vorgegeben.

Der Aufwand für die Entwicklung eines neuen digitalen Konzepts und die Übertragung des Präsenzpraktikums in dieses Konzept war zu Anfang durchaus hoch. Sowohl die Struktur

als auch die Materialien (Videos, Präsentationen, Hand-Outs) mussten neu erstellt werden. Für die Dozenten bedeutet die reine Durchführung des digitalen Kurses im Vergleich zum Laborpraktikum aber keinen zeitlichen Mehraufwand. Während sich die Bearbeitungsphase zwar über einen längeren Zeitraum erstreckt als bei einem komprimierten, dreitägigen Laborpraktikum, ist der jeweils anfallende Arbeitsaufwand zur Rückmeldung an die Studierenden relativ gering und lässt sich neben anderen Aufgaben wie Vorlesungen und Selbstverwaltung gut bewerkstelligen. Aus Sicht der Dozenten bietet das digitale Praktikum vor allem in der iterativen Gruppenphase viel mehr Möglichkeit auf den individuellen Kenntnisstand der Studierenden einzugehen und es können gezielt weitere Inhalte vermittelt werden (*Just-in-Time Teaching*). So können durch die in der Gruppenphase vorgeschlagenen Substanzen (aber auch durch sämtliche Einreichungen in der Individualphase) Verständnisprobleme identifiziert und über die Feedback-Funktion in Moodle individuell geklärt werden.

## 5. Fazit und Ausblick

Die zu Beginn gesteckten Ziele bei der Neukonzeptionierung des Wirkstoffchemie-Praktikums wurden erreicht: die Studierenden durchlaufen ein deutlich breiteres thematisches Spektrum und können ihre forschersche Kreativität deutlich freier entfalten als in dem klassischen Laborpraktikum. Sie empfinden es als sehr positiv, dass sie das im Rahmen der Vorlesung Erlernte aktiv an einem konkreten Beispiel anwenden können, zeitnah individuelles Feedback zu möglichen Verständnisproblemen erhalten und aktiv ein Forschungsprojekt erleben, wie es in der pharmazeutischen Industrie üblich ist. Die Evaluationen zeigen deutlich, dass die Studierenden das Konzept sehr hilfreich finden, um die Vorlesungsinhalte zu vertiefen und sehen keinen Optimierungsbedarf.

Das Konzept eines digitalen, auf Moodle basierenden Praktikums sollte grundsätzlich auch auf andere Praktika anwendbar sein, wenn das reine Erlernen handwerklicher Fertigkeiten nicht das Haupt-Lernziel ist. Wenn das Praktikum aber vielmehr Vorlesungsinhalte vertiefen und Möglichkeit zur Anwendung des Erlernten bieten soll, so sollte das vorliegende Konzept grundsätzlich übertragbar sein. Insofern ist eine Etablierung dieses Konzepts eher im Rahmen eines Masterstudiengangs sinnvoll. Insbesondere erscheint ein solches digitales Praktikum dazu geeignet, große Themenkomplexe und umfassendere Projektabläufe, wie sie in der Industrie üblich sind, für die Studierenden zu veranschaulichen und erlebbar zu machen.

Das digitale Praktikum im Modul „Wirkstoffchemie“ wird auch im Sommersemester 2023 wieder durchgeführt und anschließend erneut evaluiert. Langfristig soll auch die Auswirkung auf den Studienerfolg genauer untersucht und ggfs. das Konzept auf andere Praktika im Master „Angewandte Chemie“ übertragen werden.

## Literatur

Huber, L.; Hellmer, J. & Schneider, F. (2013). Forschendes Lernen im Studium – Aktuelle Konzepte und Erfahrungen. Motivieren des Lehren und Lernen in Hochschulen: Praxisanregungen. UVW – UniversitätsVerlagWebler; 2. Auflage, Bielefeld

Novak, G.M. (2011). Just-in-Time Teaching. Special Issue: Evidence-Based Teaching. Volume 2011, (128), 63-74.

Smith, M. K.; Wood, W.B.; Adams, W.K.; Wieman, C.; Knight, J.K.; Guild, N. & Su; T.T. (2009). Why peer discussion improves student performance on in-class concept questions. *Science*, (323), 122-124.

Wolf, K.; Nissler, A.; Eich-Soellner, E. & Fischer, R. (2014). Mitmachen erwünscht – aktivierende Lehre mit Peer Instruction und Just-in-Time Teaching. *Zeitschrift für Hochschulentwicklung*, 2014, 9(4), 131-153.

## Angaben zu den AutorInnen

### Ronald Ebbert

Studium der Biologie, Promotion in Biochemie, 7 Jahre bei der Bayer AG in der Wirkstoffforschung, seit 2005 Professor für Biochemie an der TH Nürnberg.

### Ralf Lösel

Studium der Chemie, Promotion in Biochemie, versch. Positionen in der Diagnostika-Industrie, 2006 Habilitation in Molekularer Pharmakologie, seit 2008 Professor für Analytische Biochemie an der TH Nürnberg.

### Regina Ströbner

Studium als Mediendesignerin, 9 Jahre Art Direktorin in einer Digitalagentur, seit 2022 Referentin für Didaktik in der Lehr- u. Kompetenzentwicklung an der TH Nürnberg.

### Stefan Heuser

Studium der Chemie, Promotion in Organischer Chemie, 8 Jahre Medizinalchemiker bei Eli Lilly und Beiersdorf AG, seit 2010 Professor für Organische Chemie an der TH Nürnberg.



# Analog Discovery: Das Elektrotechnik-Labor im Hörsaal. Zwei Experimente für die Grundlagen der Elektrotechnik

Heiko Unold  
OTH Regensburg

## Zusammenfassung

Anhand zweier Beispiele wird ein interaktives System vorgestellt, mit welchem Live-Messungen an elektronischen Bauteilen und Schaltungen im Hörsaal durchgeführt werden können. Das System basiert auf dem USB-Messgerät „Analog Discovery 2“ der Firma Digilent, erweitert um eine Adapterplatine mit Steckbrett und eine Webcam.

Zunächst werden drei Aspekte erläutert, in welchen ein solches System positive Auswirkungen auf den Kompetenzerwerb haben kann: Praxisbezug, Aktivierung und Vernetzung. Anschließend werden die zwei Beispiele ausgeführt.

In Beispiel 1 wird die persönliche Alltagserfahrung mit Akkus über interaktive Clicker-Fragen und begleitende Messungen mit dem Modell der linearen Quelle verknüpft. Die Studierenden lernen, oberflächliche Lösungen wie die Messung der Leerlaufspannung zu hinterfragen und das Verhalten realer Quellen anhand der gemessenen I-U-Kennlinien zu verstehen.

Beispiel 2 zeigt kurz die Möglichkeiten auf, den abstrakten Formalismus der komplexen Wechselstromrechnung am Beispiel des Serienschwingkreises im Zeit- und Frequenzbereich messtechnisch erlebbar zu machen.

## 1. Motivation und Mehrwert

Es wird ein Experimentiersystem vorgestellt, mit welchem durch interaktive live-Vorführungen im Hörsaal das studentische Lernen in elektrotechnischen Studiengängen unterstützt werden soll. Die Verbesserung wirkt auf drei Ebenen: Erstens wird durch die Vorführung realer Schaltungen und Messungen ein direkter Praxisbezug hergestellt, zweitens wirkt der Methodenwechsel aktivierend und drittens kann durch die Verwendung des gleichen Aufbaus in verschiedenen Modulen die inhaltliche Vernetzung zwischen den Fächern verbessert werden.

### Praxisbezug

Die erste Motivation des Projekts besteht darin, Studierenden an einer Hochschule für Angewandte Wissenschaften auch „angewandte Lehre“ zu bieten. Gerade Studierende an HAWs haben häufig Schwierigkeiten, abstrakte Sachverhalte zu erfassen. Ein konkreter Praxisbezug ist jedoch schon in den Grundlagenveranstaltungen in den ersten Semestern möglich und nützlich. So ist z.B. die I-U-Kennlinie einer einfachen Glühlampe nichtlinear. Dies kann mit dem vorgestellten Aufbau leicht live demonstriert werden und hilft somit, das Konzept der nichtlinearen Widerstände frühzeitig und anschaulich zu verankern.

Klassischerweise wird in der Hochschullehre theoretische und praktische Bildung in verschiedenen Veranstaltungen gelehrt („Vorlesung“ vs. „Praktikum“). Wenn diese Veranstaltungen auch noch separat geprüft werden, führt dies zu einer für fachliche Kompetenz nicht förderlichen Kompartimentalisierung der Inhalte. Die Theorieprüfung wird völlig separat vom Praktikum abgelegt, der eigentlich gleiche Inhalt auf zwei verschiedene Arten gelernt und wiedergegeben, jedoch nicht verknüpft.

Selbst die in Deutschland sehr beliebte zeitliche Standardreihenfolge „erst die Theorie, dann die Praxis“ sollte in diesem Kontext hinterfragt werden. Im Extremfall führt diese zeitliche und räumliche Trennung dazu, dass wichtige Anwendungskompetenzen wie z.B. die Funktionsweise des Triggers beim Oszilloskop zuerst theoretisch an der Tafel erläutert werden. Erst später im Praktikum sind Studierende schließlich in der Lage, die Funktionsweise im wahrsten Sinne des Wortes zu „begreifen“. Meist ist die graue Theorie bis dahin jedoch in Vergessenheit geraten. Eine live-Demonstration der Wirkungsweise des Triggers in der Vorlesung kann hier die Notwendigkeit einer solchen Funktion inklusive der Konsequenzen für die Bedienung unmittelbar erlebbar machen.

Im Beruf wird von den Absolventinnen schließlich erwartet, dass sie selbständig Schaltungen entwickeln, programmieren und testen. Diese Aufgaben müssen sie selbstverständlich mit Standard-Bauteilen erfüllen. In Praktikums-Laboren von HAWs dominieren jedoch bis heute vorgefertigte Versuchsaufbauten, in welchen die tatsächlichen Bauteile in Modulen versteckt sind oder Geräte in vorgefertigten Anordnungen verbunden werden. Solche künstlichen Aufbauten bergen jedoch die Gefahr, dass die Kompetenz, Schaltungen selbst zu entwickeln nicht erlernt wird.

Ein weiterer Praxisvorteil des vorgestellten Systems ist somit die Relevanz für echte Schaltungsentwicklung und Messtechnik, da Standard-Bauteile auf einem Steckbrett verwendet werden und als solche auch für die Studierenden sichtbar sind. Zusätzlich können reale Effekte von Steckbrettern wie variierende Kontaktwiderstände beobachtet und damit thematisiert werden.

### Aktivierung

Eine zweite Motivation des Projekts ist die Aktivierung der Studierenden innerhalb der üblichen 90-Minuten-Veranstaltungen. Eine der einfachsten Aktivierungsmethoden ist sicherlich der Methodenwechsel. Zusätzlich zu Tafel und Beamer mit theoretischen Inhalten bietet das System live-Elemente, welche im Kamerabild mitverfolgt werden können. In dieser Hinsicht ist es sogar vorteilhaft, wenn mal nicht alles auf dem Steckbrett perfekt sitzt und die Dozentin gelegentlich selbst (über die Kamera sichtbar!) „Hand anlegen“ muss. Messwerte können ebenfalls live mitverfolgt werden (und z.B. der Einfluss der Kontaktwiderstände überprüft werden). Somit bietet ein solches System gegenüber z.B. einer Simulation einen unschätzbaren Praxis-Mehrwert. Gerade falls etwas nicht funktioniert wie gewünscht, stellt sich ein besonderer Lehr-Moment ein: Studierende können Dozierende live beobachten, wie sie schaltungs- oder messtechnische Probleme lösen. Die Vorbildfunktion in solch einer realen „Krisensituation“ ist m.E. nicht zu unterschätzen.

Um die Aktivierung weiter zu erhöhen, wird das System bei einigen Experimenten zusätzlich von interaktiven Clicker-Fragen begleitet. Statt frontale Inhalte passiv zu konsumieren, werden Studierende mit diesem System aktiv eingebunden

und erzeugen individuelle Lerneffekte gemäß den Erkenntnissen der konstruktivistischen Didaktik (Moreno et al., 2007). Dieses Vorgehen hat sich lange bewährt und kann genutzt werden, um die persönliche Aktivierung einzelner Studierender zu fördern bis hin zum Einsatz von Peer Instruction (Crouch & Mazur, 2001). Reflexionsfragen im online-Portal der Lehrveranstaltungen runden das Lehrangebot ab und ermöglichen Vor- und Nachbereitung der Studierenden je nach eigenen Notwendigkeiten und Möglichkeiten.

### Vernetzung

So vorteilhaft die Bologna-Reform für die Wiederverwendung und Anrechnung von Teilmodulen war und ist: Sie fördert ein wenig zielführendes „Modul-Denken“ bei Studierenden. So werden z.B. Mathematik und Grundlagen der Elektrotechnik oft als getrennte Einheiten wahrgenommen und abgearbeitet, ohne die große inhaltliche Nähe zu nutzen oder auch nur wahrzunehmen. Offensichtlich ist dies nicht förderlich für ein vernetztes Denken oder auch nur die Tatsache, dass in technischen Studiengängen alle Fächer aufeinander aufbauen oder zumindest stark miteinander zu tun haben. Auch hier gilt, dass die Lehre möglichst gut auf die Praxis vorbereiten sollte, und diese wird zunehmend vernetzter und sogar interdisziplinärer. Das Experimentiersystem kann hier einen kleinen Beitrag zur Verbesserung leisten, wenn es in ähnlicher Form in möglichst vielen Modulen (Vorlesungen und Praktika!) eines Studiengangs eingesetzt wird.



Abb. 1: Aufbau des Systems mit Analog Discovery, Adapterplatine mit Steckbrett und Webcam.

### 2. Umsetzung

Der Kern des Systems ist ein „Analog Discovery 2“ (AD2) der Firma Digilent (USB-Gerät mit Oszilloskop, Funktionsgenerator, einstellbarer bipolarer Spannungsquelle sowie Digital-Ein-Ausgängen) (Digilent, 2023). Zusätzlich angeschlossen ist eine Adapterplatine mit Steckbrett („Breadboard“) und eine USB-Webcam, um die Aufbauten am Beamer sichtbar zu machen (siehe Abb. 1). Der Aufbau von Schaltungen mittels Steckbrett ist bewusst gewählt, um dem Eindruck fest vorgegebener Aufbauten entgegenzuwirken. Zusätzlich zeigt das Steckbrett durch parasitäres Bauteilverhalten der Steckkontakte reale Effekte, die bei eigenen Versuchsaufbauten der Studierenden sehr relevant sein können.

Das Analog Discovery bietet die enorm umfangreiche und hochflexible Software „Waveforms“ mit Messfunktionen vom einfachen Digitalmultimeter über Kennlinienschreiber und

Impedanzanalyse bis zur automatischen Busprotokollanalyse. Eine integrierte Skriptsprache ermöglicht praktisch beliebige Kombination der vorhandenen Funktionen. Des Weiteren ist das AD2 in gängigen Programmiersprachen wie C oder LabVIEW ansprechbar. Für das Projekt wurde LabVIEW-Code erstellt, der Parameter und Messergebnisse zusammen mit dem Kamerabild des Aufbaus übersichtlich darstellt und leicht bedienbar macht. Zusätzlich wurden passende Clicker-Fragen entwickelt, welche persönlichen Praxisbezug herstellen bzw. Fachwissen abfragen.

### 3. Beispiele

Im Folgenden werden zwei Beispiele vorgestellt, welche aktuell im Bachelor-Studiengang „Intelligent Systems Engineering“ eingesetzt werden. Die Lehrereinheit zu realen Quellen findet bereits in den ersten Wochen des Studiums Anwendung. Damit kann schon zu Beginn des Studiums ein starker Praxisbezug hergestellt werden und dem Eindruck, ein Studium (oder auch nur der erste Studienabschnitt) sei verkopftes Theoriepauken, entgegengewirkt werden. Das zweite Beispiel findet Anwendung in der Lehre der Wechselstromtechnik im zweiten Semester. Hier liegt der Fokus darauf, die abstrakten Rechenmethoden mit komplexen Effektivwertzeigern mit dem realen Verhalten von zeitabhängigen Spannungen und Strömen zu verknüpfen.

#### Beispiel 1: reale Spannungsquellen (Grundlagen der Elektrotechnik 1)

Akkus in verschiedenen Größen und Formen sind heutzutage allgegenwärtig in elektronischen Kleingeräten wie Handys, Laptops und Fahrradleuchten, aber auch in e-Bikes und

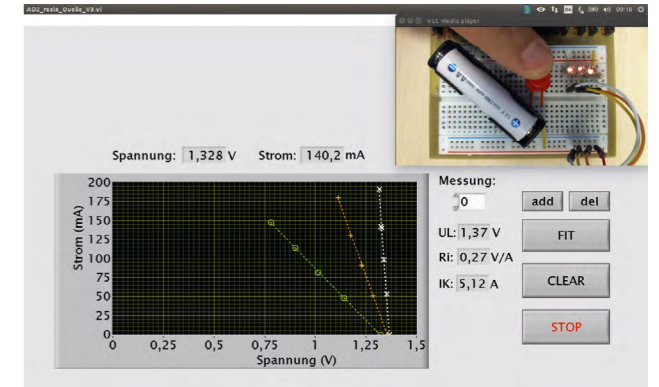


Abb. 2: Aufbau und Messung des Verhaltens realer Spannungsquellen am Beispiel handelsüblicher Rundzellen-Akkus.

Elektroautos. Solche Akkus werden in der Elektrotechnik durch reale (in erster Näherung lineare) Spannungsquellen beschrieben. Während das Konzept der realen Quelle vielen Studierenden zunächst wenig intuitiv erscheint, sind die praktischen Auswirkungen allgegenwärtig. Das Experiment „reale Quelle“ zielt daher auf die Verknüpfung von eigenen Praxiserfahrungen mit dem elektrotechnischen Formalismus des Innenwiderstands.

In Abbildung 2 ist die Benutzeroberfläche des LabVIEW-Programms inkl. live-Bild der Webcam zu sehen. Das Programm erstellt live-Messpunkte im I-U-Diagramm, sobald auf dem Steckbrett der rote Taster betätigt wird. Bei jeder erneuten Betätigung wird ein neuer Datenpunkt erstellt. Zusätzlich sind mehrere farblich gekennzeichnete Messreihen möglich. Durch steckbare Drahtbrücken kann der eingebaute Akku/Batterie mit mehreren Glühlämpchen belastet werden, bei

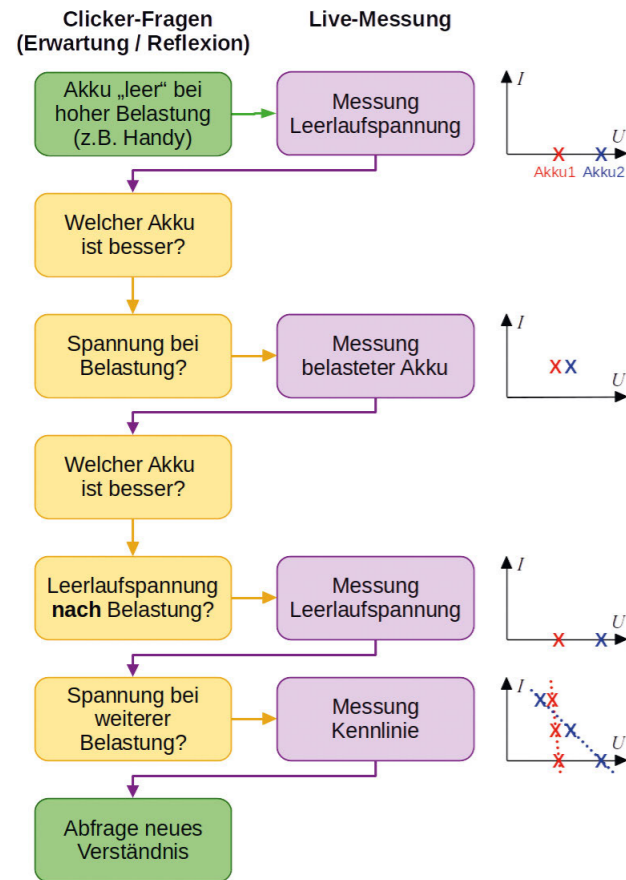


Abb. 3: Ablauf der interaktiven Lehreinheit zu realen Quellen. Die Alltagserfahrung „leerer Akku“ wird der nur oberflächlich sinnvollen Leerlaufmessung gegenübergestellt und mündet im Verständnis der I-U-Kennlinie.

welchen Stromfluss direkt sichtbar wird. Zusätzlich ermöglicht eine Schaltfläche, jederzeit eine lineare Regressionsgerade durch die bisher erstellten Messpunkte zu legen.

Der Ablauf der Lehreinheit ist stark interaktiv aufgebaut. Die Einstiegsfragen (per Clicker) lauten: „Ich kann erklären, wie man feststellen kann, ob ein Akku voll bzw. noch ‚gut‘ ist“ und „Ich habe schon mal erlebt, dass ein vollgeladener Akku in einem Gerät nach kürzester Zeit als leer gemeldet wurde“. Sodann wird eine Abfolge von Fragen und Messungen nach Abbildung 3 durchgeführt. Die Studierenden gleichen somit eigene Erfahrungen und Erwartungen permanent mit realen Messungen ab und verknüpfen diese mit der Erstellung und dem Verständnis einer I-U-Kennlinie.

Das Thema Füllstand und Qualität von Akkus spielt im heutigen Alltagsleben eine große Rolle. Gleichzeitig sind Fehlvorstellungen weit verbreitet, wie z.B. dass eine Messung der Leerlaufspannung (Multimeter am Akku) eine zuverlässige Aussage bieten könnte. Lernziel dieser Einheit ist daher das Verständnis einer korrekten Bestimmung der Akku-Qualität über mehrere Messungen, um zusätzlich zur Leerlaufmessung Informationen über den Innenwiderstand zu erhalten.

#### 4. Ergebnisse und Ausblick

Die Durchführung interaktiver live-Messungen im Hörsaal wurde anhand zweier Beispiele vorgestellt. Das System ist sehr kompakt und enorm vielseitig, somit kann es in praktisch allen Lehrveranstaltungen elektrotechnischer Studiengänge auch spontan eingesetzt werden. Die Interaktion erfolgt über Clicker und Gruppendiskussionen.

In Evaluationen bescheinigen die Studierenden, dass Grundlagenlehrveranstaltungen mit diesem System einen hohen Praxisanteil aufweisen. Durch die Verwendung in verschiedenen Veranstaltungen wird zudem die Vernetzung des Lernstoffs gefördert.

Ziel für die nächsten drei Jahre im Rahmen einer Lehrinnovationsprofessur ist die Weiterentwicklung des Projekts dahingehend, dass jede(r) einzelne Studierende ein eigenes Experimentierset erhält, das in möglichst vielen Lehrveranstaltungen eines Studiengangs eingesetzt wird.

#### Literatur

Crouch, C.H. & Mazur, E. (2001). Peer Instruction: Ten years of experience and results. In: American Journal of Physics. Band 69, Nr. 9, S. 970-977, ISSN 0002-9505, doi:10.1119/1.1374249.

Digilent. (2023). Analog Discovery 2: 100MS/s USB Oscilloscope, Logic Analyzer and Variable Power Supply. Abgerufen von: <https://digilent.com/shop/analog-discovery-2-100ms-s-usb-oscilloscope-logic-analyzer-and-variable-power-supply/>

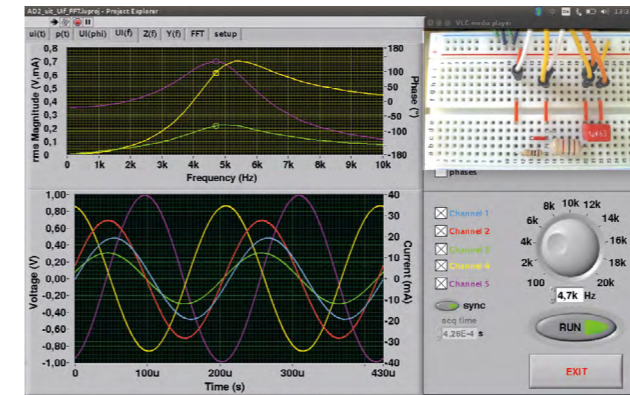


Abb. 4: Aufbau und Messung des Zeitverlaufs der Teilspannungen am realen Serienschwingkreis (rot: Stromverlauf, blau: Gesamtspannung, restliche Farben: Teilspannungen) sowie der Spannungsverläufe über der Frequenz.

#### Beispiel 2: Serienschwingkreis (Grundlagen der Elektrotechnik 2)

Als zweites Beispiel wird am Serienschwingkreis die Messung aller Teilspannungen und des Stroms im Zeitverlauf gezeigt (s. Abb. 4). In dieser Lehreinheit wird die abstrakte Darstellung von Wechselstromschaltungen mittels komplexer Effektivwertzeiger mit realen Zeitverläufen verknüpft. So kann z.B. der Effekt der Spannungsüberhöhung sichtbar gemacht werden. Da es sich beim Funktionsgenerator des AD2 ebenfalls um eine reale Quelle handelt, wird in dieser Lehreinheit der Effekt des Innenwiderstands ca. ein Semester später erneut thematisiert (Der Gesamtwiderstand bei Resonanz ist deutlich größer als der tatsächlich verbaute Ohmsche Widerstand). So können grundlegende Zusammenhänge semester- und fachübergreifend vernetzt werden.

Moreno, L; Gonzalez, C.; Castilla, I.; Gonzalez, E. & Sigut J. (2007). Applying a constructivist and collaborative methodological approach in engineering education. In: Computers & Education, Volume 49, Issue 3, S. 891-915, ISSN 0360-1315, doi:10.1016/j.compedu.2005.12.004.

OTH Regensburg. (2023). ZAP.OTHR – Zukunft akademisches Personal OTH Regensburg. Abgerufen von: <https://www.oth-regensburg.de/zapothr>

#### Angaben zum Autor

##### Heiko Unold

Heiko Unold lehrt seit 2009 an der OTH Regensburg in der Fakultät Elektro- und Informationstechnik Grundlagen sowie Optoelektronik und LabVIEW. Zuvor arbeitete er als Entwicklungsingenieur bei Osram OS, sowie als Post-Doc an der ETH Zürich in der Ultrakurzzeit-Laserphysik. Promoviert wurde er an der Uni Ulm über einmodige oberflächenemittierende Halbleiterlaser. Sein Engagement in der Lehre konzentriert sich auf individuelle Aktivierung und Interaktion mit den einzelnen Studierenden. Ein besonderer Schwerpunkt ist hierbei die praxisnahe Lehre mit interaktiven Experimenten. Zum Sommersemester 2023 wurde ihm für drei Jahre zu diesem Thema eine Lehrinnovationsprofessur der OTH Regensburg verliehen.

## Spannung, Spiel und was zum Programmieren!? – Das „LEGO-Praktikum“ als gamifizierter Programmierkurs

Mathias Magdowski, Thomas Schallschmidt  
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

### Zusammenfassung

Als Beispiel für eine „digital erweiterte Projektlehre“ mit Gamification-Aspekten stellen wir unser Projektseminar Elektrotechnik/Informationstechnik an der OVGU Magdeburg vor, das auch als LEGO-Praktikum bekannt ist. Studierende sollen das Programmieren in MATLAB lernen und bekommen dazu als Vehikel einen LEGO-Mindstorms-Kasten mit programmierbaren Motoren und Sensoren. In kleinen Gruppen konzipieren, entwickeln, bauen und programmieren die Studierenden dann innerhalb von zwei Wochen einen Roboter oder eine Maschine nach eigener Zielstellung. Als außerfachliche Kompetenzen werden im Seminar auch Zeit- und Projektmanagement entwickelt. Die Studierenden üben außerdem in Kick-Off-, Zwischen- und Abschlusspräsentationen das Darstellen und Verteidigen der eigenen Ergebnisse vor einer größeren Gruppe. Abschließend entwickeln die Studierenden auch erste Kompetenzen im wissenschaftlichen Schreiben, weil sie die zentralen Ergebnisse ihres Projekts als kurze 4-seitige Paper veröffentlichen.

### 1. Einleitung, Motivation und Überblick

Das grundlegende Ziel des Projektseminars Elektrotechnik/Informationstechnik an der Otto-von-Guericke-Universität in Magdeburg ist die Vermittlung von Kenntnissen und Fertigkeiten zum Programmieren in der für angehende Ingenieur\*innen relevanten Programmiersprache MATLAB des Anbieters The MathWorks. Das Seminar richtet sich an Studierende der Studiengänge Elektrotechnik und Informationstechnik, Elektromobilität und Mechatronik. Es findet als zweiwöchiges Blockseminar in der semesterfreien Zeit zwischen dem ersten und zweiten Semester statt. Die Studierenden nehmen in Kleingruppen von zwei bis drei Personen teil. Das Finden und Zusammenstellen der etwa zehn studentischen Gruppen passiert meist schon vor Beginn des Seminars und wird durch eine Online-Gruppenwahl in einem Moodle-Kurs organisiert, über den auch die anderen Lehrmaterialien verteilt, Benachrichtigungen verschickt und Einreichungen organisiert werden.

Da Programmierkompetenzen wie alle Kompetenzen nicht vermittelt, sondern nur von den Lernenden bzw. Studierenden selbst entwickelt werden können, ist das Projektseminar auf möglichst viel individuelle Eigenarbeit ausgelegt. Statt einen klassischen Programmierkurs durcharbeiten, bekommen die Studierenden nach einer Schnelleinführung in den grundlegenden Umgang mit der MATLAB-Oberfläche einen LEGO-Mindstorms-Kasten mit programmierbaren Motoren

und Sensoren, weshalb das Projektseminar auch umgangssprachlich als LEGO-Praktikum bekannt ist. Details dazu sind in Abschnitt 2 aufgeführt.

Weil man gemeinsam besser kreativ arbeiten kann und sich auftretende Probleme meist einfacher lösen lassen, konzipieren, entwickeln, bauen und programmieren die Studierenden dann in kleinen Gruppen einen Roboter oder eine Maschine, der oder die irgendeine mehr oder weniger sinnvolle Aufgabe erledigt. Die Zielstellung wird dabei von den Studierenden innerhalb der Gruppe selbst gewählt und entwickelt, was in jedem Jahr eine besondere Spannung wie auch Herausforderung für die betreuenden Lehrpersonen bewirkt, gleichzeitig aber für eine hohe Motivation und Identifikation der Studierenden mit ihren „eigenen“ Projekten sorgt. Die Studierenden üben außerdem in Kick-Off-, Zwischen- und Abschlusspräsentationen das Darstellen und Verteidigen der eigenen Ergebnisse vor einer größeren Gruppe. Die Abschlusspräsentationen wurden dabei auch als Twitch-Stream im Internet übertragen und sind nachträglich als Video bei YouTube abrufbar. Weitere Informationen dazu sind in Abschnitt 3 zusammengefasst.

Abschließend entwickeln die Studierenden auch erste Kompetenzen im wissenschaftlichen Schreiben, weil sie die zentralen Ergebnisse ihres Projekts als kurze 4-seitige Paper festhalten, die über das Open-Journal-System der OVGU veröffentlicht werden, siehe Abschnitt 4.

Da die Studierenden im hybriden Format sowohl von zu Hause als auch innerhalb der Universität arbeiten, erfolgt der gruppenübergreifende Austausch über die sozialen Medien (z. B. Instagram) und macht die studentischen Ergebnisse damit auch für einen größeren Kreis sichtbar, siehe Abschnitt 5. Hinweise zur Bewertung sind in Abschnitt 6 zusammengefasst.

## 2. Einführung in die MATLAB-Programmierung und das LEGO-Mindstorms-System

Zur grundlegenden Einführung in die Arbeit mit der MATLAB-Oberfläche und die Programmierung in MATLAB empfehlen und nutzen wir den verfügbaren Onramp-Kurs von The MathWorks (The MathWorks Inc., 2022). Dieser ist online verfügbar, hat eine umfangreiche Hilfe eingebaut, benötigt nur etwa 2 Stunden zum individuellen Durcharbeiten und gibt doch einen guten Überblick über die vielfältigen Möglichkeiten der Programmiersprache sowie der mathematischen Berechnung und Modellierung. Außerdem gibt es noch ein selbst erstelltes Programmierhandbuch mit weiteren kurzen Aufgaben, mit denen die Studierenden sich auf die notwendigen Grundkenntnisse für die Programmierung der LEGO-Bausteine vorbereiten. Die Idee dieser Einführung ist jedoch nicht, wirklich programmieren zu lernen, sondern erst mal nur zu verstehen, wie eine erfolgreiche Ein- und Ausgabe aussieht, was die vielfältigen Fehlermeldungen bedeuten und wo man in der eingebauten Hilfe, in Handbüchern oder auf Webseiten weitere nützliche Informationen findet. Dieser Prozess dauert insgesamt etwa ein bis zwei Tage, womit der Montag und Dienstag der 1. Woche verplant sind.

Sobald die Studierenden diese Hürde gemeistert haben, bekommen sie einen bzw. zwei LEGO-Mindstorms-Kästen (siehe Abb. 1) mit einem programmierbaren NXT- bzw. EV3-Stein, drei bzw. vier Motoren und verschiedenen Sensoren. Dazu zählen z. B. Tastsensoren, ein Licht- bzw. Farbsensor, ein Ultraschallsensor zur Abstandsmessung, ein Lautstärke-sensor, ein Gyroskop, ein Kompass, etc. je nach Verfügbarkeit, Interesse und Notwendigkeit. Zur Einführung in die Ansteuerung und Abfrage dieser LEGO-Sensoren bzw. -Aktoren gibt es dann eine weitere kurze Einführung und einige kleine



Abb. 1: Typisches LEGO-Mindstorms-Set für das Projektseminar Elektrotechnik/Informationstechnik.

Experimentieraufgaben. Ziel ist auch hier ein grundlegendes Verständnis der Vorgehensweise und der systematischen Fehlersuche. Durch die Gruppenarbeit können die Studierenden bereits das Konzept der Paarprogrammierung (Wikipedia, 2023) nutzen, um eine möglichst hohe Qualität des Programmcodes zu erreichen und potenziell problematische Lösungen zu vermeiden. Diese Einführung in die LEGO-Ansteuerung benötigt meist weitere zwei Tage, die dann am Mittwoch und Donnerstag der 1. Seminarwoche liegen. Weiterhin erhalten die Studierenden eine Einleitung in das Versionskontrollsystem Apache Subversion (Magdowski, 2015), um ihre selbst geschriebenen Quelltexte zu versionieren und zu verwalten.

Während in klassischen Programmierkursen die studentische Motivation erfahrungsgemäß nicht sehr groß ist, sich z. B. das Konzept von Schleifen oder If-Abfragen bis ins letzte Detail anzuschauen, nur weil die Kursanleitung bzw. das Handbuch

es vorgibt, sind die Studierenden nun angehalten, eigene komplexe Projektideen zu entwickeln. Die Idee ist nun, dass dabei ganz automatisch gewisse Programmierkonzepte wie die Nutzung von Funktionen, Schleifen, If-Abfragen, passenden Datentypen, Visualisierungen, Bildverarbeitungsalgorithmen, Debugging-Prozessen, etc. nötig werden. Plötzlich haben die Studierenden aber eine sehr hohe Motivation, sich nahezu beliebig tief in diese Themen einzuarbeiten, weil es übergeordnet um das Voranbringen und die Realisierung ihrer eigenen Projektidee geht. Vorteilhaft an der Kombination aus MATLAB und LEGO ist auch die schnelle praktische Realisierbarkeit selbst komplexer mechanischer Konstruktionen und die einfache Einbindung von weiterem PC-Zubehör wie z. B. Webcams zur Bilderkennung. Nachteilig ist die relativ geringe mechanische Stabilität der Kunststoffteile sowie die Ungenauigkeit und Messunsicherheit der LEGO-Sensoren.

## 3. Projektfindung sowie Kick-Off-, Zwischen- und Abschlusspräsentationen

Um den kreativen Prozess nicht zu unterdrücken, wird die eigentliche Projektfindung von uns nicht weiter angeleitet. Ein gutes Projekt sollte natürlich, originell und attraktiv, aber auch realistisch innerhalb der begrenzten Zeit umsetzbar sein. Ideen und Anregungen dazu finden die Studierenden z. B. in Foren oder auf Videoportalen im Internet, meist auch schon vor Beginn des Seminars. Um die Projektideen zu festigen und vorzustellen, finden meist am Freitagnachmittag der 1. Woche die Kick-Off-Präsentationen statt, auf die sich die Studierenden am Freitagvormittag vorbereiten und dafür kurze Foliensätze erstellen. Ziel dieser Präsentationen ist die gegenseitige Vorstellung der Projektvorhaben ohne die Darstellung von Ergebnissen. Für uns als Seminarbetreuer\*innen

ist das ein sehr wichtiger und spannender Moment, weil sich zu diesem Zeitpunkt entscheidet, was die Studierenden wirklich inhaltlich umsetzen möchten und wie aufwendig sowie herausfordernd diese Umsetzung und damit auch die Betreuung wird. In den letzten Jahren wurden im LEGO-Praktikum z.B. verschiedene Farbsortierroboter, automatische Kartenmischer, eine Robotersteuerung für eine Kaffeemaschine, ein Raumscanner, unterschiedliche Musik- und Melodieroboter, Bewässerungsroboter, Getränke- und Flaschenautomaten sowie Lightpainting-Roboter und viele weitere tolle Ideen entwickelt und umgesetzt.

Die Studierenden erhalten durch die Kick-Off-Präsentationen ebenso einen Überblick über die Vorhaben ihrer Peers und damit vielleicht auch noch Impulse für das eigene Projekt. Manchmal ergänzen sich auch Projektideen inhaltlich, knüpfen aneinander an oder ermuntern aufgrund einer recht ähnlichen Zielstellung zum Wettbewerb um die beste Lösung. Als Betreuer\*in ergibt sich im Rahmen derer auch die Möglichkeit, eventuell etwas zu einfach klingende Projektideen etwas herausfordernder zu gestalten oder allzu ambitionierte Vorhaben etwas zu „entschärfen“ und realistisch umsetzbarer zu machen. Die Reihenfolge für die jeweils etwa fünfminütigen Kick-Off-Präsentationen wird dabei ausgelost (natürlich durch einen Zufallszahlengenerator in MATLAB).

Im Rahmen der 2. Seminarwoche arbeiten die Studierenden dann sehr eigenständig am Projekt, womit als außerfachliche Kompetenzen auch Zeit- und Projektmanagement entwickelt werden. Zur Mitte dieser 2. Woche finden dann ebenfalls etwa fünfminütige Zwischenpräsentationen statt, in denen die Studierenden sich gegenseitig ihren bisherigen Projektfortschritt vorstellen. Auch diese Präsentationen sind für die Betreuenden sehr spannend, weil Errungenschaften und auch Fehlschläge sichtbar werden, und sich meist viele konstruktive



**Abb. 2: Atmosphäre während der Abschlusspräsentationen des Projektseminars Elektrotechnik/Informationstechnik.**

Verbesserungsvorschläge finden lassen, um die Projektidee kurz vor dem Abschluss des Seminars weiter zu verbessern und voranzubringen. Um einen fairen Ablauf zu ermöglichen, finden die Zwischenpräsentationen in umgekehrter Reihenfolge der Kick-Off-Präsentationen statt.

Zum Ende der 2. Seminarwoche präsentieren die Studierenden dann ihre finalen Projektergebnisse in etwa zehnminütigen Abschlusspräsentationen. Im Gegensatz zu den Kick-Off- und Zwischenpräsentationen, die nur seminarintern gehalten wurden, sollen diese Abschlusspräsentationen für einen größeren Personenkreis aus der Fakultät und darüber hinaus sichtbar sein, auch um den Präsentationen einen würdigen Rahmen und das dafür nötige Publikum zu geben. Als Veranstaltungsort werden dafür meist größere, repräsentative Besprechungsräume der Universität genutzt (siehe Abb. 2). In den letzten beiden Semestern wurden die Abschlusspräsentationen dabei auch als Livestream auf der Plattform Twitch



**Abb. 3: Zwei Studenten präsentieren ihr Projekt eines „Smart Cars“ im Livestream der Abschlusspräsentationen des Projektseminars Elektrotechnik/Informationstechnik.**

im Internet übertragen, was weiteren Kommiliton\*innen, Freunden und Familienmitgliedern die Möglichkeit gibt, daran teilzuhaben.

Aufgrund der längeren Dauer jeder Präsentation und der anschließenden kurzen Diskussion und Fragerunde ist für die Abschlusspräsentationen inklusive Vor- und Nachbereitung ein ganzer Tag mit jeweils einer Sitzung aus etwa fünf Präsentationen am Vormittag und am Nachmittag nötig. Für eine bessere Dramaturgie legen wir die Reihenfolge der Präsentationen im Vorfeld fest. Um qualitativ hochwertige Präsentationen zu ermöglichen, gehen wir vorher mit den Studierenden zusammen ihre Folien durch, die nun den kompletten Projektverlauf von der Idee bis zum fertigen Resultat dokumentieren sollen. Für die Kick-Off- und Zwischenpräsentationen

können sich die Gruppenmitglieder auch abwechseln. In der Abschlusspräsentation sollten jedoch alle Gruppenmitglieder aktiv sein. Durch die Kick-Off-, Zwischen- und Abschlusspräsentationen üben die Studierenden ganz allgemein das Darstellen und Verteidigen der eigenen Ergebnisse vor einer größeren Gruppe, was eine wichtige Kompetenz für spätere Verteidigungen von Forschungsprojekten oder Abschlussarbeiten ist (siehe Abb. 3).

#### 4. Veröffentlichung der Projektergebnisse als Paper

Nach Ende der zwei Seminarwochen entwickeln die Studierenden auch erste Kompetenzen im wissenschaftlichen Schreiben, weil sie die zentralen Ergebnisse ihres Projekts als kurze 4-seitige Paper festhalten. Dazu stellen wir eine Microsoft-Word- und eine LaTeX-Vorlage über den Overleaf-Online-Editor bereit, die sich stilistisch an der Konferenzpaper-Vorlage des IEEE (Shell, 2007) orientiert. Außerdem bekommen die Studierenden einige Tipps und Ratschläge in Form eines Vortrags, der auf wichtige inhaltliche und formelle Aspekte eingeht. Zwei Wochen nach Seminarende ist dann eine Einreichungsfrist für eine erste Version des Papers, das von den Betreuenden durchgesehen und mit zahlreichen Korrekturhinweisen versehen zurück an die Studierenden geht. Die Studierenden haben dann weitere zwei Wochen zur Einarbeitung und Umsetzung dieser Hinweise, so dass auch hier ein möglichst hochwertiges Ergebnis erzielt und veröffentlicht werden kann. Abschließend werden die Paper als Sammelband über das Open-Journal-System der OVGU veröffentlicht (Magdowski et al., 2018).

## 5. Vernetzung über die sozialen Medien

Ein wichtiger Aspekt des Projektseminars und auch ein Grund für die Umsetzung als Blockseminar ist die entstehende Gruppendynamik, wenn jeweils etwa fünf Gruppen auf relativ engem Raum in zwei nebeneinanderliegenden Computerlaboren des Universitätsrechenzentrums mehrere Stunden am Tag aktiv sind, sich jederzeit „über die Schulter schauen“ und niederschwellig austauschen können. Da die Studierenden pandemiebedingt in den Jahren 2021, 2022 und auch noch 2023 im hybriden Format sowohl von zu Hause als auch innerhalb der Universität arbeiten, erfolgt der gruppenübergreifende Austausch über die sozialen Medien (z.B. Twitter oder Instagram unter dem gemeinsamen Hashtag #LEGOPraktikum2023) und macht die studentischen Ergebnisse damit auch für einen größeren Kreis sichtbar. Dazu gab es jeden Tag eine kleine Social-Media-Aufgabe, die relativ einfach und schnell umsetzbar sein sollte, aber für engagierte Studierende doch genügend Möglichkeiten bietet, aufwendige Lösungen und Inszenierungen umzusetzen. Beispiel für solche Challenges waren:

- Stellt eine Herausforderung, eine Lösung oder eine Erkenntnis beim Programmieren in MATLAB als Meme dar und postet es auf eurem Kanal.
- Macht ein kleines Video von einer Ursache-Wirkungs-Aktion mit dem LEGO-Set. Beispiele: Wenn man auf einen Taster drückt, wird ein Ton gespielt. Wenn der Sensor eine Farbe erkennt, wird diese Farbe am Bildschirm angezeigt. Wenn ..., dann ...
- Postet ein passendes Foto oder Video zu eurer Projektidee, die euer Entwicklungsziel darstellt und repräsentiert. Darauf kann, muss aber auch nicht notwendigerweise, LEGO sichtbar sein.

- Think Big! Angenommen, Zeit, finanzielle Ressourcen und technische Begrenzungen von LEGO würden keine Rolle spielen – was sollte euer Roboter oder eure Maschine unbedingt können? Was wäre das perfekte Feature? Postet dazu ein Foto oder kurzes Video.

Passende Fotos und Videos sind mit ubiquitär verfügbaren Smartphones sehr einfach und schnell in ausreichender Qualität zu erstellen. Neben den fachlichen Aspekten beschäftigen sich die Studierenden so nebenbei auch mit der Darstellung von Technik in den Medien, einfacher Wissenschaftskommunikation und urheberrechtlichen Fragestellungen.

## 6. Benotung

Das LEGO-Praktikum wird mit 4 ECTS-Punkten honoriert und mit einer Gesamtnote bewertet, die sich je zu einem Drittel aus einer Note für die Mitarbeit, einer Note für die Präsentationen und einer Note für die Abschlusspublikation zusammensetzt. Für die Mitarbeitsnote wurden in den Pandemiejahrgängen insbesondere die Aktivitäten in den sozialen Medien bewertet.

## 7. Fazit und Diskussion

Das vorgestellte Projektseminar findet bereits seit 2013 an der OVGU in Magdeburg statt. Vor der Verankerung im Modulhandbuch der zugehörigen Studiengänge musste es im Kreis der anderen Lehrpersonen und des Fakultätsrates teils gegen massive Widerstände durchgesetzt und verteidigt werden. Typische Kritikpunkte waren der „zu verspielte Ansatz“ oder die „unprofessionelle ingenieurwissenschaftliche Vorgehensweise“. Nach den ersten Seminardurchläufen und dem in anderen

Lehrveranstaltungen bemerkbaren Kompetenzzuwachs der Studierenden konnte sich das Seminar jedoch etablieren und wird seitdem beständig weiterentwickelt und ist aus dem aktuellen Curriculum nicht mehr wegzudenken. Pro Jahrgang nehmen etwa 20 bis 25 Studierende daran teil, die das Seminar typischerweise als sehr fordernd und zeitaufwendig, aber auch als sehr lehrreich, sehr gut organisiert und sehr hilfreich für das weitere Studium einschätzen. Studierende schätzen ebenso die starke Verbindung zwischen Theorie und Praxis sowie die Möglichkeit, eigene Ideen kreativ zu verwirklichen. Für zukünftige Seminardurchläufe ist geplant, git als modernes Versionskontrollsystem zu nutzen, den Studierenden noch mehr Freiheiten bei der Wahl externer Sensoren oder Kameras für eine leistungsfähigere Umwelterkennung der Roboter zu geben, solange diese relativ einfach z. B. per USB an den PC angeschlossen und über MATLAB ausgewertet werden können, und das Seminar noch intensiver zu evaluieren.

## Literatur

The MathWorks Inc., (2023). MATLAB Onramp. Natick, Massachusetts, United States. <https://matlabacademy.mathworks.com/details/matlab-onramp/gettingstarted>

Magdowski, M. (2015). Versionskontrolle mit Apache Subversion. <https://www.slideshare.net/MathiasMagdowski/versionskontrolle-mit-apache-subversion>

Magdowski, M., Schallschmidt, T., & Gerlach, T. (Hrsg.). (2018). LEGO-Praktikum. Entwickeln, programmieren, optimieren: Berichte der Studierenden zum Projektseminar Elektrotechnik/Informationstechnik. <https://journals.ub.ovgu.de/index.php/LEGO>

Shell, M. (2007). IEEEtran Homepage. <http://www.michaelshell.org/tex/ieeetran/>

Wikipedia. (2023). Paarprogrammierung – Wikipedia, die freie Enzyklopädie [[Online; Stand 8. Mai 2023]]. <https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Paarprogrammierung&oldid=232961663>

## Angaben zu den AutorInnen

**Mathias Magdowski** hat von 2003 bis 2008 an der Otto-von-Guericke-Universität in Magdeburg Elektrotechnik studiert und 2012 promoviert. Seitdem arbeitet er dort als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Elektromagnetische Verträglichkeit, ist in der Studienwerbung und MINT-Sensibilisierung aktiv und koordiniert eine universitätsweite Arbeitsgruppe zur Digitalisierung von Studium und Lehre.

**Thomas Schallschmidt** absolvierte ab 1997 ein Studium zum Wirtschaftsingenieurwesen für Elektrotechnik an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, an der er auch 2012 promovierte. Er ist seit 2003 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Elektrische Antriebssysteme und koordiniert die VDE-Hochschulgruppe.

Fotos: Hannah Theile, OVGU Magdeburg

# Erstellung neuer Remote-Labore zur Förderung des MINT-Studiums

Louis Kobras, Marcus Soll, Franziska Herrmann, Bernhard Meussen, Jan Haase, Daniel Versick  
NORDAKADEMIE gAG Hochschule der Wirtschaft

## Zusammenfassung

Praktische Erfahrungen in Laboren unterstützen das Vermitteln von fachspezifischen Kompetenzen in der Lehre. In den letzten Jahren ist dabei zunehmend der Wechsel zu Remote-Laboren erfolgt.

Remote-Labore ermöglichen das Umgehen von logistischen Beschränkungen. Unterschiedliche Institute können beispielsweise zusätzliche physische Instanzen eines Versuchsaufbaus hinter demselben digitalen Experiment hinzufügen oder virtuelle Kopien/digital twins eines Versuchsaufbaus verwenden. Zusätzlich erfordern virtuelle Experimente keine Aufsicht durch Laborpersonal oder Anwesenheit in sicherheitskritischen Bereichen, sodass Lernende ihre Versuche unabhängig von Verfügbarkeit von Laborplatz und -personal durchführen können.

Aktuell befinden sich drei Remote-Labore im Aufbau: Ein IT-Security-Labor, ein Gebäudeautomationslabor und ein CoBotik-Labor. Diese werden kurz präsentiert; ergänzend wird der Aufbau eines Labors beispielhaft am IT-Security-Labor demonstriert.

## 1. Warum digitale Labore?

In der Universitätslehre im MINT-Bereich spielen Labore eine wichtige Rolle (Jochem & Gutmann, 2020), indem sie Studierenden ein besseres Verständnis der Unterrichtseinheiten (Forcino, 2013) sowie wichtige Fähigkeiten vermitteln (Edward, 2002). Viele spezifische Lernziele im Studium können vor allem in Laboren vermittelt werden, wie z.B. „Experimentieren“, „Aus Fehlern lernen“, „Ethik im Labor“ (Feisel & Rosa, 2005) oder „Überblick über den größeren Kontext“, „Arbeitshaltung/Soft Skills“ (Soll & Boettcher, 2022). Während der COVID-19-Pandemie haben die digitalen Labore ihr Potential gezeigt, da physische Labore oft auf Grund von Hygieneregeln nicht betreten werden durften (Gamage et al., 2020; Murphy, 2020).

Laut einer Studie von Brinson (2015) zeigen Remote- und virtuelle Labore mindestens äquivalente, wenn nicht sogar bessere, Lernergebnisse. Zu ähnlichen Ergebnissen gut entworfenen Online-Kurse im Fach Biologie kommen auch Biel & Brame (2016), selbst wenn hier einige untersuchte Kurse einen Vorteil für traditionelle Präsenz-Lehre zeigen. Digitale Labore, wie z.B. Remote-Labore, ermöglichen zudem neue Lernformate wie *hybride Take-Home-Labore* (Henke, Nau, & Streitferdt, 2022).

## 2. Die Entstehung neuer Remote-Labore an der NORDAKADEMIE

Aktuell werden an der NORDAKADEMIE drei Remote-Labore eingeführt: ein IT-Security-Labor, ein Gebäudeautomationslabor sowie ein CoBotik-Labor. Diese Labore adressieren unterschiedliche Herausforderungen im bzw. Anforderungen an das Studium und sollen hier kurz vorgestellt werden.

### IT-Security-Labor

Aktuelle Studien zeigen, dass die Anzahl von Angriffen im Bereich der Cyberkriminalität in den letzten Jahren deutlich zugenommen hat. Nach der Ernst & Young GmbH Wirtschaftsprüfungsgesellschaft (2019) sahen im Jahr 2019 40% der Firmen Anzeichen eines Angriffs, im Vergleich zu 14% im Jahr 2015. Um dieser Gefahr zu begegnen, müssen Bemühungen zur Förderung der Ausbildung im Bereich IT-Security unternommen werden.

Als Teil dieser Anstrengung wird ein neues digitales IT-Security-Labor erstellt. Ziel dieses Labors ist es, realistische Szenarien abzubilden, wie sie auch in Firmen aufzufinden sind. Um dies zu ermöglichen, werden moderne Technologien wie „Infrastructure as Code“ und Cloudinfrastruktur in Form der Microsoft Azure Cloud genutzt. Das Labor ist ausschließlich virtuell verfügbar. Der Zugriff zum Labor erfolgt über das Internet.

Das IT-Security-Labor wird im Detail von Soll et al. (2023) beschrieben. In Abschnitt 3 werden die didaktischen und technischen Grundlagen beleuchtet.

### Gebäudeautomationslabor

Die Gebäudeautomation befasst sich damit, geeignete Steuerungsaufgaben wie Klimaanlagen, Sicherheitsfunktionen oder Energiemanagement in Gebäuden zu automatisieren (Sauter, Soucek, Kastner, & Dietrich, 2011). Demnach umspannt die Gebäudeautomation vielfältige Bereiche aus dem Ingenieurwesen und der Informatik (Sauter, Soucek, Kastner, & Dietrich, 2011).

Die Gebäudeautomation umfasst einige Herausforderungen. Etwa müssen Studierende mit einer Vielzahl von Protokollen und Technologien vertraut sein wie etwa BACnet, LON, KNX, ZigBee, Z-Wave and EnOcean (Butzin, Golatowski, & Timmermann, 2017). Gleichzeitig müssen Studierende mit verschiedenen Anwendungsfällen umgehen können, die die gleichen Protokolle auf unterschiedliche Art verwenden. Damit Studierende auf die Herausforderungen der Gebäudeautomation gut vorbereitet werden, konstruieren wir ein neues Gebäudeautomationslabor. Das Labor soll helfen, die Studierenden auf die Herausforderungen der Gebäudeautomation vorzubereiten. In diesem Labor können Studierende an verschiedenen Experimenten wie z.B. einem Zwei-Kabinen-Fahrstuhl oder einem KNX-Experimentaufbau arbeiten. Alle Experimente sollen als Remote-Labore über das Internet verfügbar gemacht werden.

### CoBotik-Labor

Kollaborierende Roboter – also Roboter, die zusammen mit Menschen sicher arbeiten können (International Organization for Standardization [ISO], 2011) – werden in vielen verschiedenen Kontexten wie zum Beispiel der Pflege (Buxbaum & Sen, 2018) oder der Montage (Brandt, Brinker, Meussen, Mora, & Schönfeld, 2017) eingesetzt.



Durch ein neues CoBotik-Labor sollen die Studierenden mit dieser Zukunftstechnologie effizient umgehen lernen. Dabei können wir auf vorhandene Erfahrung aufbauen (Hieronymus, Finck, & Meussen, 2022). In diesem Labor sollen Studierende zusammen mithilfe eines UR5e-Roboters typische Aufgaben der Automation lösen und sich dabei unter anderem mit den Themengebieten Arbeitssicherheit und Wirtschaftlichkeit im Kontext von Automationslösungen auseinandersetzen.

Der Weg zur didaktischen Gestaltung dieses Labors ist in Kobras, Meussen, & Soll (in Druck) beschrieben.

### 3. Fallbeispiel: IT-Security-Labor

Hier sollen die didaktischen und technischen Grundlagen und damit das Vorgehen bei der Entwicklung des IT-Security-Labors kurz erläutert werden. Für weitere Details siehe Soll et al. (2023).

Die Lernziele des IT-Security-Labors wurden auf der Basis der Lernziel-Taxonomie nach Bloom, basierend auf der überarbeiteten Version in Krathwohl (2002) definiert. Während *remember* und *understand* von klassischen Lehrlösungen angesprochen werden, soll das Remote-Labor ebenso die höheren Stufen (*apply*, *analyse*, *evaluate* und *create*) adressieren. Daher sollte ein System entworfen werden, das:

- 1) Szenarien verschiedener Größe abbildet – von einzelnen Maschinen, um bspw. mit IT Security Tools zu üben (*analyse*) bis hin zu multiplen Netzwerken, die realistische Szenarien abbilden (*evaluate*) bzw. um diese Netzwerke mit Schutzmechanismen auszustatten (*create* nach Blooms Lernzieltaxonomie),

- 2) technisch so stabil ist, so dass die Studierenden frei und ohne Ängste experimentieren können,
- 3) möglichst alle Stufen der Taxonomie nach Bloom anspricht,
- 4) Studierende in ihrem eigenen Lerntempo unterstützt,
- 5) und das Thema der *operational security* adressiert als wichtige Kernkompetenz für die Zukunft (Ervural & Ervural, 2018).

Um die genannten Lernziele technisch zu erreichen, wurde sich für eine *Infrastructure-as-Code*-Lösung (IaC) entschieden. IaC bietet die Möglichkeit, IT-Infrastrukturen mittels Code zu definieren. (vgl. Morris, 2020). Dies erlaubt, die Lernszenarien flexibel nach den Ansprüchen der Lehrveranstaltung zu definieren ohne Limitation auf Hardware oder lokale Infrastruktur. Zudem ist eine hohe Skalierung möglich.

Neben den Anforderungen, die sich aus den didaktischen Zielen ergeben sowie weiterer (z.B. sollte eine Open-Source-Lösung verwendet werden) wurde sich für die IaC-Lösung *Terraform* (Brikman, 2019) in Kombination mit *Microsoft Azure* als Cloud-Anbieter entschieden. Die Lernszenarien werden mittels der domänenspezifischen Sprache HashiCorp Configuration Language (HCL) als Terraform-Module erstellt. Wird ein Lernszenario einer Bibliothek des IT-Security-Labors zugefügt, wird es automatisch beim Cloud-Anbieter gestartet, ohne dass die Lehrperson manuelle Einstellungen tätigen muss. Dort können dann beliebig viele Instanzen des Szenarios gestartet, ausgeführt und vernichtet werden.

Um möglichst flexibel Zugriff auf das Labor zu bekommen, wurde eine Web-Anwendung erstellt. So können Lehrende und Studierende jederzeit auf das Labor zugreifen, unabhängig von Ort und Gerät. Dafür erhalten die Studierenden eine URL von der Lehrperson.

Das User Interface besteht aus einer Web-Anwendung mit zwei Bereichen. Auf der linken Seite wird der virtuelle Computer per Fernzugriff dargestellt, auf der rechten Seite Aufgaben oder Hilfstexte. Der Fernzugriff wird realisiert über SSH oder VNC.

Die Bereitstellung des Labors brachte auch einige Herausforderungen, besonders im technischen Bereich. So haben Cloud-Anbieter im Allgemeinen IT-Security-Labore als Anwendungsfall nicht im Blick. Dementsprechend sind viele Schritte kompliziert – wie zum Beispiel das Einbinden von Systemen mit bekannten Sicherheitslücken. Auch organisatorisch musste hier einiges umgestellt werden, damit die Ersteller des Labors nicht Zugriff auf die Cloud-Dienste der restlichen Universität bekommen.

Zudem ist eine nachhaltige Etablierung immer eine Herausforderung. Zum einen steht die finanzielle Frage zum Ende des Projektes im Raum. Zum anderen soll das Labor auch nachhaltig in verschiedenen Lehrveranstaltungen eingebunden werden – und das nicht nur lokal, sondern auch an anderen Instituten. Hierfür ist ein breites Netzwerk zwischen den Instituten hilfreich.

### 4. Vorteile für Institutionen

Remote-Labore erlauben es, gewisse logistische Probleme zu umgehen. So lassen sich Instanzen eines Experiments über verschiedene Institute verteilen. Dies sorgt für Redundanz, sollten die Geräte an einer Institution ausfallen. Zudem lassen sich die Anschaffungskosten zwischen den verschiedenen Institutionen aufteilen – so können die Institutionen mehr Konfigurationen desselben Gerätes oder sogar unterschiedliche Geräte teilen, die sich eine Institution allein nicht leisten könnte.

Darüber hinaus bieten virtuelle Kopien und Simulationen interessante Möglichkeiten. Sie lassen sich gut skalieren und können dadurch die physischen Instanzen unterstützen. Wenn ein physisches Gerät ausgebucht/ausgelastet/ausgefallen ist, kann ein Studierender stattdessen ein virtuelles/simuliertes Gerät auswählen.

Remote-Labore können außerdem die Sicherheit aller Arbeitenden erhöhen, sowohl von Labormitarbeiter\*innen als auch von Studierenden. Potentiell gefährliche Experimente können in einen physisch getrennten Bereich dargestellt und danach ohne menschliche Interaktion bedient werden. Dadurch können Studierende sogar Experimente durchführen, deren Bedienung zu gefährlich wäre – zum Beispiel an industriellen (nicht kollaborierenden) Robotern.

Ein weiterer Vorteil von Remote-Laboren ist, dass die Studierenden oftmals unabhängig von Lehrpersonen, Laborant\*innen und Lernorten sind. Dies ermöglicht nicht nur ein zeitunabhängiges Arbeiten, welches sich den Zeiten der Studierenden anpasst. Studierende können dort arbeiten, wo es für sie am Angenehmsten ist – sei es von zu Hause oder an einem anderen Ort des Campus oder während einer längeren Pause.

### 5. CrossLab als Bindeglied zwischen Institutionen

Das Projekt CrossLab hat zum Ziel, flexible Remote-Labore zu bauen. Nach Aubel et al. (2022) werden durch das Projekt folgende Ziele angestrebt:

- Cross-Types: Verschiedene Arten von Laborgeräten – wie zum Beispiel aus klassischen Laboren oder Simulationen – sollen miteinander kombinierbar sein.

- Cross-Elements: Ein klassisches Experiment besteht üblicherweise aus mehreren Elementen, z.B. einer Kontrolleinheit und einem Messgerät. Diese Elemente sollen in CrossLab frei kombinierbar und austauschbar sein.
- Cross-Disciplines: Laborelemente aus verschiedenen Bereichen wie Chemie, Informatik oder Maschinenbau sollen frei kombinierbar sein.
- Cross-Universities: Die Labore sollen über Institutionsgrenzen hinweg benutzbar und kombinierbar sein.

Das monolithische Design bisheriger Remote-Labore soll aufgebrochen werden und dadurch neue Konzepte wie *hybride Take-Home-Labore* ermöglicht werden (Nau et al., 2022). Dadurch eignet sich CrossLab als Bindeglied zwischen verschiedenen Remote-Laboren und ermöglicht einen nachhaltigen Betrieb ebendieser. Die technischen Details der Architektur finden sich in Nau & Soll (In Druck). Dabei ist besonders erwähnenswert, dass jede Institution ihr eigenes System laufen lassen kann und diese Systeme dann über ein definiertes Protokoll miteinander kommunizieren. So wird ermöglicht, dass selbst beim Ausfall eines Anbieters/einer Institution die restlichen Institutionen nicht beeinträchtigt werden.

Ein Problem mit vielen bestehenden Laboren ist der fehlende Fokus auf didaktische Konzepte. Soll (2023) konnte zeigen, dass die Hälfte aller in der Literatur beschriebenen Labore kein didaktisches Konzept besitzt. Nach Terkowsky, Schade, Boettcher, & Ortelt, (In Druck) streben selbst die Labore, die ein didaktisches Konzept haben, eher Lernziele im wenig komplexen bzw. theoretischen Bereich an. Auch hier will das Projekt entgegenwirken. So wurden z.B. Lernziele der Industrie für Labore erfasst (Soll & Boettcher, 2022) und eine Checkliste für die didaktischen Ziele eines Labors erstellt (Boettcher et al., In Druck).

### Danksagung

Diese Arbeit ist Teil des Projekts „Flexibel kombinierbare Cross-Reality Labore in der Hochschullehre: zukunftsfähige Kompetenzentwicklung für ein Lernen und Arbeiten 4.0“, gefördert von der Stiftung Innovation in der Hochschullehre.

### Literatur

Aubel, I., Zug, S., Dietrich, A., Nau, J., Henke, K., Helbing, P., ... Versick, D. (2022). Adaptable digital labs–Motivation and vision of the CrossLab project. 2022 IEEE German Education Conference (GeCon), 1-6. <https://doi.org/10.1109/GeCon55699.2022.9942759>

Biel, R., & Brame, C. J. (2016). Traditional versus online biology courses: Connecting course design and student learning in an online setting. *Journal of Microbiology & Biology Education*, 17(3), 417-422. <https://doi.org/10.1128/jmbe.v17i3.1157>

Boettcher, K., Terkowsky, C., Ortelt, T., Aubel, I., Zug, S., Soll, M., ... Streitferdt, D. (In Druck). Work in Progress – Did you check it? Checklist for Redesigning a Laboratory Experiment in Engineering Education addressing Competencies of Learning and Working 4.0. Proceedings of the 20th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation, 978-985. Thessaloniki, Griechenland.

Brandt, N., Brinker, H., Meussen, B., Mora, J., & Schönfeld, T. (2017). Kollaborierende Robotik in der Montage von Baugruppen. *NORDBLICK*, 4, 24-35.

Brikman, Y. (2019). Terraform: Up & Running: writing Infrastructure as Code (Second edition). Beijing [China] ; Sebastopol, CA: O'Reilly Media, Inc.

Brinson, J. R. (2015). Learning outcome achievement in non-traditional (Virtual and remote) versus traditional (Hands-on) laboratories: A review of the empirical research. *Computers & Education*, 87, 218-237. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.07.003>

Butzin, B., Golasowski, F., & Timmermann, D. (2017). A survey on information modeling and ontologies in building automation. In *IECON 2017 – 43rd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society. IECON 2017 – 43rd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society. IEEE*. <https://doi.org/10.1109/iecon.2017.8217514>

Buxbaum, H., & Sen, S. (2018). Kollaborierende Roboter in der Pflege – Sicherheit in der Mensch-Maschine-Schnittstelle. In O. Bendel (Hrsg.), *Pflegeroboter* (S. 1-22). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-22698-5\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-658-22698-5_1)

Edward, N. S. (2002). The role of laboratory work in engineering education: Student and staff perceptions. *The International Journal of Electrical Engineering & Education*, 39(1), 11-19. <https://doi.org/10.7227/IJEE.39.12>

Ernst & Young GmbH Wirtschaftsprüfungsgesellschaft. (2019). Datenklau: Virtuelle Gefahr–Reale Schäden. Eine Befragung von über 450 deutschen Unternehmen. Abgerufen von [https://assets.ey.com/content/dam/ey-sites/ey-com/de\\_de/topics/forensics/datenklaustudie.pdf](https://assets.ey.com/content/dam/ey-sites/ey-com/de_de/topics/forensics/datenklaustudie.pdf)

Ervural, B. C., & Ervural, B. (2018). Overview of cyber security in the Industry 4.0 era. In A. Ustundag & E. Cevikcan, *Industry 4.0: Managing The Digital Transformation* (S. 267-284). Cham: Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-57870-5\\_16](https://doi.org/10.1007/978-3-319-57870-5_16)

Feisel, L. D., & Rosa, A. J. (2005). The role of the laboratory in undergraduate engineering education. *Journal of Engineering Education*, 94(1), 121-130. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2005.tb00833.x>

Forcino, F. L. (2013). The importance of a laboratory section on student learning outcomes in a university introductory earth science course. *Journal of Geoscience Education*, 61(2), 213-221. <https://doi.org/10.5408/12-412.1>

Gamage, K. A. A., Wijesuriya, D. I., Ekanayake, S. Y., Rennie, A. E. W., Lambert, C. G., & Gunawardhana, N. (2020). Online delivery of teaching and laboratory practices: Continuity of university programmes during COVID-19 pandemic. *Education Sciences*, 10(10). <https://doi.org/10.3390/educsci10100291>

Henke, K., Nau, J., & Streitferdt, D. (2022). Hybrid Take-Home labs for the STEM education of the future. In V. L. Uskov, R. J. Howlett, & L. C. Jain (Hrsg.), *Smart Education and e-Learning–Smart Pedagogy* (S. 17-26). Singapore: Springer Nature. [https://doi.org/10.1007/978-981-19-3112-3\\_2](https://doi.org/10.1007/978-981-19-3112-3_2)

Hieronymus, M., Finck, M., & Meussen, B. (2022). Cyber-physische Labore: Abschlussbericht des von der NORDAKADEMIE-Stiftung geförderten Projekts „CPL – inverted laboratories“ (Working Paper Nr. 2022-01). Elmshorn: Nordakademie – Hochschule der Wirtschaft. Abgerufen von Nordakademie – Hochschule der Wirtschaft website: <http://hdl.handle.net/10419/253698>

International Organization for Standardization [ISO] (2011). Industrieroboter – Sicherheitsanforderungen – Teil 1: Roboter (ISO 10218-1:2011); Deutsche Fassung EN ISO 10218-1:2011.

Jochen, B., & Gutmann, M. (2020). Wozu Labor? Zur vernachlässigten Erkenntnistheorie hinter der Labordidaktik. In C. Terkowsky, D. May, S. Frye, T. Haertel, T. R. Ortelt, S. Heix, & K. Lensing (Hrsg.), Labore in der Hochschullehre: Labordidaktik, Digitalisierung, Organisation (S. 35 - 49).

Kobras, L., Meussen, B., & Soll, M. (In Druck). Didactic Design of a Remote Collaborative Robotics Laboratory. 2022 IEEE German Education Conference (GeCon), 1-6.

Morris, K. (2021). Infrastructure as Code: Dynamic systems for the cloud age (Second edition). Beijing [China]; Boston [MA]: O'Reilly.

Murphy, M. P. A. (2020). COVID-19 and emergency eLearning: Consequences of the securitization of higher education for post-pandemic pedagogy. Contemporary Security Policy, 41(3), 492 - 505. <https://doi.org/10.1080/13523260.2020.1761749>

Nau, J., Henke, K., & Streitferdt, D. (2022). New ways for distributed remote web experiments. In M. E. Auer, A. Pester, & D. May (Hrsg.), Learning with Technologies and Technologies in Learning (Bd. 456, S. 257 - 284). Cham: Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-04286-7\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-031-04286-7_13)

Nau, J., & Soll, M. (In Druck). An Extendable Microservice Architecture for Remotely Coupled Online Laboratories. Proceedings of the 20th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation. Thessaloniki, Griechenland.

Sauter, T., Soucek, S., Kastner, W., & Dietrich, D. (2011). The evolution of factory and building automation. IEEE Industrial Electronics Magazine, 5(3), 35 - 48. <https://doi.org/10.1109/MIE.2011.942175>

Soll, M. (2023). What Exactly is a Laboratory in Computer Science? 2023 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON), 1-9. Kuwait, Kuwait: IEEE. <https://doi.org/10.1109/EDUCON54358.2023.10125259>

Soll, M., & Boettcher, K. (2022). Expected learning outcomes by industry for laboratories at universities. 2022 IEEE German Education Conference (GeCon), 1-6. <https://doi.org/10.1109/GeCon55699.2022.9942762>

Soll, M., Helmken, H., Belde, M., Schimpfhauser, S., Nguyen, F., & Versick, D. (2023). Building an IT Security Laboratory for Complex Teaching Scenarios Using 'Infrastructure as Code'. 2023 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON), 1-8. Kuwait, Kuwait: IEEE. <https://doi.org/10.1109/EDUCON54358.2023.10125250>

Terkowsky, C., Schade, M., Boettcher, K. E. R., & Ortelt, T. R. (In Druck). Once the child has fallen into the well, it is usually too late – Using content analysis to evaluate instructional laboratory manuals and practices. Proceedings of the 20th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation, 49 - 60. Thessaloniki, Griechenland.

#### Angaben zu den AutorInnen

##### Louis Kobras, B. Sc.

Wiss. Mitarbeiter im Projekt CrossLab an der NORDAKADEMIE im Bereich des Technology Enhanced Learning.

##### Prof. Dr. habil. Jan Haase

Professor für Techn. Informatik an der NORDAKADEMIE. Schwerpunkte sind Eingebettete Systeme und Gebäudeautomation.

##### Franziska Herrmann, B. Sc.

Wiss. Mitarbeiterin im Projekt CrossLab an der NORDAKADEMIE, forscht zu Usability und UX

##### Prof. Dr.-Ing. Bernhard Meussen

Professor für Maschinenbau an der NORDAKADEMIE, Schwerpunkte Konstruktion und Produktentwicklung.

##### Marcus Soll, M. Sc.

Forscht im Bereich KI und Hochschuldidaktik. Momentan tätig im Projekt CrossLab an der NORDAKADEMIE.

##### Prof. Dr.-Ing. Daniel Versick

Professor für Technische Informatik an der NORDAKADEMIE.

# Integration digitaler Mathematik-Aufgaben in die ingenieurwissenschaftliche Grundlagenausbildung

Reik V. Donner, Oleg Boruch Ioffe, Gozel Judakova, Lisa König  
Hochschule Magdeburg-Stendal

## Zusammenfassung

Digitale Übungsaufgaben bilden speziell in MINT-Fächern eine wertvolle Unterstützung für Studierende, um ihren Kompetenzerwerb fortlaufend selbst überprüfen zu können. Gleichzeitig ermöglicht die Analyse entsprechender Nutzungsstatistiken und Erfolgsquoten innerhalb von Lernmanagement-Systemen auch den Lehrenden einen besseren Überblick über die studentische Inanspruchnahme der Angebote und den Erfolg der eigenen Lehre. Der vorliegende Beitrag berichtet über erste Erfahrungen mit der systematischen Integration von digitalen Übungsaufgaben und e-Assessments in der ingenieurmathematischen Grundlagen-Ausbildung der Hochschule Magdeburg-Stendal. Neben der statistischen Analyse der vom Lernmanagement-System Moodle bereitgestellten Daten liefern qualitative Interviews mit Studierenden wertvolle Hinweise auf Gelingensbedingungen beim Einsatz digitaler Mathematik-Aufgaben.

## 1. Einführung

Das Emergency Remote Teaching während der Covid-19-Pandemie (Erlam et al., 2021) hat den Bedarf an sorgfältig ausgearbeiteten digitalen Selbstlern- und Lernunterstützungsmaterialien verdeutlicht, die die klassischen Lernmaterialien und Lehrformen in der Mathematik-Grundlagenausbildung sinnvoll ergänzen (Liebendörfer, Kempen & Schukajlow, 2022). Um diesem Bedarf gerecht zu werden, haben viele deutsche wie

auch internationale Hochschulen in den letzten Jahren verstärkt digitale Angebote unterschiedlicher Art geschaffen. Die Hochschule Magdeburg-Stendal hat in diesem Zuge kürzlich ein digitales Selbstlernzentrum für Mathematik eingerichtet (Donner et al., 2023). Während die erste Version hierbei auf digitalen Übungsaufgaben basierte, die mit dem kommerziellen Moodle-Plugin WIRIS implementiert wurden, wird aktuell ein didaktisch verbessertes und deutlich umfangreicheres Angebot auf der Grundlage von Moodle-Quizzes mit STACK-Fragen entwickelt (Judakova et al., 2023). STACK (System for Teaching and Assessment using a Computer algebra Kernel) (Sangwin, 2013) besitzt gegenüber WIRIS in didaktischer, technischer und auch praktischer Hinsicht zahlreiche Vorteile und besitzt als Open Source-Projekt eine große deutschland- und weltweite Entwickler-Community. Im Rahmen des hier beschriebenen Projekts wurde eine große Anzahl von bereits in STACK implementierten Übungsaufgaben (insbesondere, aber nicht ausschließlich aus den bestehenden Aufgabensammlungen DOMAIN, kuratiert von der Ruhr-Universität Bochum, sowie Digitaler Aufgabenpool Mathematik der TH Köln) zu wesentlichen curricularen Lehrinhalten der höheren Mathematik (speziell in den Bereichen Lineare Algebra und Analysis, siehe Abb. 1 für ein typisches Beispiel) in der deutschen STACK-Community gesammelt, sorgfältig kategorisiert und teilweise überarbeitet, einschließlich der Entfernung von doppelten Aufgaben und der Ergänzung von anfänglich fehlenden Detaillösungen auf der Feedback-Ebene. Eine weitergehende Implementierung detaillierter Feedback-Bäume ist als Teil zukünftiger Arbeiten geplant.

The screenshot shows the STACK question editor interface. On the left, there is a sidebar with fields for 'Allgemeines', 'Aktuelle Kategorie', 'In der Kategorie sichern', 'Fragetitel', 'Aufgabenvariablen', 'Zufallsgruppe', 'Fragetext', 'Erreichbare Punkte', 'Spezifisches Feedback', 'Abzüge', 'Allgemeines Feedback', 'ID-Nummer', and 'Aufgabenhinweis'. The main area contains the question configuration:

- Category:** Polynom-Division (5) [checked]
- Title:** Polynomdivision (Idee AP)-2 (Kopie) [ID: 886]
- Variables:** a: rand(4)+1; b: rand(2)\*9-5; c: rand(4)+1; v1: rand(2)\*2-1; v2: rand(2)\*2-1;
- Question Text:**

Führen Sie die nachstehende Polynomdivision durch:

$$\sqrt{(p(x) - (x - (x_0)) = \sqrt{(inputans1) \cdot (x^2 + \sqrt{(inputans2) \cdot (x + \sqrt{(inputans3))}}}$$

Entscheiden Sie, ob die folgende Aussage wahr oder falsch ist!  
"Das obige Polynom  $\sqrt{(p(x))}$  lässt sich über den reellen Zahlen vollständig in Linearfaktoren zerlegen."  
[[inputans4]][[validationans1]][[validationans2]][[validationans3]][[validationans4]]
- Points:** 1
- Abzüge:** 0.1
- Feedback:** A 'Lösungsweg' section with the following content:

Wir führen die vorgegebene Polynomdivision durch.

$$\sqrt{((p(x)) : (x - (x_0)) = (pd(1)) \cdot \sqrt{(-(b^3 \cdot x^3 - b^3 \cdot x^0 \cdot x^2))}}$$

$$\sqrt{(quad(quad (@p - b^3 \cdot x^3 + b^3 \cdot x^0 \cdot x^2))}}$$

Abb. 1: Implementation einer Aufgabe zur Polynomdivision bei gebrochen-rationalen Funktionen mit STACK.

Mit dem Sommersemester 2022 wurde mit einer systematischen Integration der entwickelten digitalen Aufgaben in die curricularen Lehrveranstaltungen Mathematik 1 bis 3 der Fachrichtung Bauingenieurwesen begonnen. Diese beinhaltet das Angebot wöchentlicher Übungsbeispiele sowie etwa alle 3-4 Wochen auf freiwilliger Basis stattfindender e-Assessments zum Erwerb von Zusatzpunkten für die Modulabschluss-Prüfungen (verpflichtende Zwischentests sind im Studiengang aktuell durch rechtliche Rahmenbedingungen nicht unmittelbar umsetzbar). Durch einen Learning Analytics-Ansatz, basierend auf einer systematischen Erhebung der Nutzungsstatistiken unterschiedlicher digitaler Lernmaterialien und einzelner Testergebnisse innerhalb des Lernmanagement-Systems Moodle in Verbindung mit qualitativen Interviews mit Studierenden, können vertiefte Aussagen über vorherrschende Lernstrategien, Material-Präferenzen im Selbststudium sowie grundlegende Motivationen und Einstellungen in Bezug auf mathematische Studieninhalte abgeleitet werden (Günther & Brunnhuber, 2019). Die Verknüpfung aller gesammelten Daten liefert empirische Belege dafür, dass auch ohne Berücksichtigung der Zusatzpunkte die Nutzung von digitalen Übungsaufgaben einen messbaren positiven Effekt auf den Erwerb und Ausbau der mathematischen Kompetenzen innerhalb der untersuchten Lehrveranstaltungen hat. Die Einbeziehung der Befragungsergebnisse in die statistische Analyse ermöglicht darüber hinaus einen Zugang zur weiteren tiefergehenden Untersuchung der Wechselbeziehungen zwischen individuellen Vorkenntnissen, Lernmotivation und Lernerfolg in der Mathematik-Grundlagenausbildung.

In diesem Beitrag werden spezifisch die Erfahrungen mit der Integration der genannten digitalen, noch auf WIRIS Quizzes basierenden Angebote in den Kurs Mathematik 2 des Sommersemesters 2022 im 2. Fachsemester vorgestellt. Erste

quantitative Ergebnisse hierzu wurden bereits in Donner et al. (2023) beschrieben und werden in Folgenden weiter vertieft und weitergehend diskutiert.

## 2. Studiendesign

Der Kurs Mathematik 2 umfasste jeweils 2 SWS von Vorlesungen und Übungen und schloss mit einer zweistündigen „klassischen“ (d.h. nicht digitalen) Klausur als Prüfungsleistung ab. Die Vorlesungen wurden dabei im Inverted Classroom-Modell mit Lehrvideos und einer anschließenden wöchentlichen Präsenzphase zur weitergehenden Diskussion und Vertiefung der Lehrinhalte durchgeführt, während die Übungen im klassischen Präsenzformat stattfanden und die gemeinsame Erarbeitung von beispielhaften Aufgaben (als PDF-Datei in der Regel im Vorfeld verfügbar mit zusätzlich im Nachgang bereitgestellten Musterlösungen) beinhalteten. Im Rahmen des Moduls lernen die Studierenden zentrale Konzepte der Analysis von reellwertigen Funktionen einer Veränderlichen kennen mit Behandlung der wichtigsten Funktionsklassen sowie der Differenzial- und Integralrechnung. Ziel ist es, neben dem theoretischen Verständnis dieser Konzepte deren praktische Anwendung zur Lösung von ingenieurwissenschaftlichen Problemstellungen aus dem Bereich des Bauwesens zu vermitteln und die Studierenden hierzu zu befähigen.

Das konkrete Einsatzszenario der digitalen Übungsaufgaben bestand grundsätzlich aus zwei Elementen. Zum einen wurden wöchentlich begleitend zur Präsenzübung jeweils drei digitale Beispielaufgaben ausgewählt und den Studierenden zur freiwilligen Befassung im Rahmen des Selbststudiums zur Verfügung gestellt. Im Rahmen regelmäßiger freiwilliger e-Assessments während der Lehrveranstaltung konnten die Studierenden insgesamt bis zu 12 Zusatzpunkte (pro richtig

gelöster Aufgabe einen Punkt) für die abschließende Klausur (mit 64 regulären Punkten bewertet) erwerben. Grundsätzlich verfolgen beide Formen digitaler Aufgabenstellungen das Ziel, die Studierenden semesterbegleitend zu einer fortlaufenden selbstreflektierenden Beschäftigung mit den Lerninhalten des Moduls anzuhalten und zu befähigen. Hierzu wurden diese getrennt von den anderen digitalen Kursmaterialien innerhalb des Moodle-Kurses des digitalen Mathematik-Lernzentrums der Hochschule angeboten, woraus sich separate Zugriffsstatistiken auf die Angebote des Modul-Kursbereichs sowie des Lernzentrums ergaben, welche auch gesondert analysiert wurden.

## 3. Studienergebnisse

Die in Donner et al. (2023) im Detail dargestellten statistischen Untersuchungen zeigten bereits erste interessante Befunde. Zu den wichtigsten Beobachtungen zählt hierbei die sehr breite Verteilung der Zugriffshäufigkeiten auf Lehrvideos, Skript, klassische Übungsaufgaben mit Musterlösungen, Altklausuren mit Musterlösungen sowie speziell digitale wöchentliche Übungsaufgaben und e-Assessments. Zusammen mit einer insgesamt (vergleichsweise) geringen Prüfungsteilnahme deutet diese darauf hin, dass zahlreiche Studierende des 2. Fachsemesters Bauingenieurwesen sich aufgrund des erhöhten Abstraktionsgrads der Analysis im Vergleich zu den Inhalten der Lehrveranstaltung Mathematik 1, einer generell hohen Kurs- und Prüfungslast im Semesterverlauf und/oder aus anderen individuellen Gründen bereits zu Semesterbeginn gegen eine Lehrveranstaltungs- bzw. Prüfungsteilnahme entschieden hatten. Gleichzeitig konnten Studierende in höheren Fachsemestern, die die Prüfung Mathematik 2 im Sommersemester 2022 nach- oder wiederholen mussten, für die neu integrierten digitalen Angebote (noch) nicht erreicht werden.

Grundsätzlich konnte im betrachteten Matrikel des 2. Fachsemesters (zzgl. den im Moodle-Kurs eingeschriebenen potenziellen Nach- oder Wiederholer:innen der Prüfungsleistung) ein klarer Zusammenhang zwischen der Inanspruchnahme speziell der freiwilligen e-Assessments und der Klausur-Teilnahme nachgewiesen werden (von 23 nicht an der Prüfung teilnehmenden Studierenden nahmen 22 auch an keinem der angebotenen e-Assessments teil, während 21 von 36 Prüfungsteilnehmer:innen zumindest eines der e-Assessments nutzten). Gemäß Beobachtungen der Lehrpersonen bestand darüber hinaus eine weitreichende, jedoch mangels Anwesenheitslisten nicht näher quantifizierbare Übereinstimmung zwischen den regelmäßig an den Präsenz-Lehrveranstaltungen teilnehmenden Studierenden und den Teilnehmer:innen an e-Assessments und abschließender Prüfung.

Betrachtet man die tatsächlich an der abschließenden Klausur teilnehmenden Studierenden, so konnte ein statistisch hoch signifikanter Zusammenhang zwischen der Teilnahme an den zwischenzeitlichen e-Assessments und den Ergebnissen der Abschlussklausur (auch nach Bereinigung um die erworbenen Bonuspunkte) nachgewiesen werden (Donner et al., 2023). Dieser empirische Befund könnte potenziell auf verschiedene Weisen erklärbar sein:

Zum einen wäre denkbar, dass den beschriebenen Ergebnissen ein direkter kausaler Zusammenhang zwischen einer regelmäßigen intensiveren Befassung mit den Lehrmaterialien und einem besseren Prüfungserfolg zugrunde liegt (d.h. durch intensiveres Üben werden die eigenen Kompetenzen verbessert). Im Idealfall würden sich die an den e-Assessments teilnehmenden Studierenden aktiv und gezielt auf diese vorbereiten bzw. ihre dortigen Ergebnisse selbst reflektieren, anstatt die Testmöglichkeit nur wegen der möglichen Zusatzpunkte probeweise ohne direkte Konsequenzen für

ihre individuellen Lernstrategien in Anspruch zu nehmen. Andererseits könnte auch allein durch die Teilnahme an einem entsprechenden Test bereits ein Lerneffekt generiert werden. Zum anderen sind die anhand der jeweiligen Inanspruchnahme der verschiedenen Angebote unterscheidbaren Studierendengruppen und die Studierendengruppen mit unterschiedlichem Prüfungserfolg mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht unabhängig voneinander, da es beiden Gruppierungen gemeinsame erklärende Faktoren gibt. Mögliche Beispiele beinhalten Unterschiede in der allgemeinen intrinsischen Lernmotivation, das Vorhandensein oder Fehlen sozio-demografischer Risikofaktoren, verschiedene Lernstrategien bzw. Lernpräferenzen sowie eine Diversität im mathematischen oder allgemeinen studiengangspezifischen Selbstkonzept der Studierenden.

Leider war die Notwendigkeit umfangreicher und hinreichend spezifischer Daten speziell zu möglichen Hinweisen auf erklärende exogene Faktoren dem Projektteam zu Beginn des hier beschriebenen ersten Implementationszyklus für den betrachteten Kurs noch nicht ausreichend bewusst. Während zur Schließung dieser Lücke ab dem Wintersemester 2022/23 fortlaufend mehrere umfangreiche systematische Studierendenbefragungen durchgeführt werden, wurden im hier beschriebenen Sommersemester 2022 nach Abschluss der Prüfungsphase des Semesters strukturierte qualitative Befragungen mit insgesamt vier Studierenden von jeweils maximal 45 Minuten Dauer durchgeführt (eine umfangreichere Befragung war mangels Interesse an einer Mitwirkung aus den Reihen der Studierenden leider nicht umsetzbar). Die konkreten Fragestellungen folgten dabei einer einheitlichen Struktur und erhoben in offener Art und Weise Informationen zu den individuellen Erfahrungen mit den Lehrveranstaltungen und Lehrmaterialien, deren Nutzung sowie diesbezügliche weitere Wünsche bzw. Anregungen.

Unter den vier befragten Studierenden fanden sich drei Alles-Nutzende (mehrfache Inanspruchnahmen der digitalen Angebote des Modul-Kurses sowie des separaten digitalen Mathematik-Lernzentrums der Hochschule mit den dortigen digitalen Aufgabensammlungen), die auch alle an e-Assessments sowie der abschließenden Prüfung teilnahmen, sowie eine Person, die keines der Angebote aktiv nutzte und auch nicht an der abschließenden Prüfung teilnahm. In letzterem Fall hatte sich die Person, welche neben anderen Verpflichtungen studiert, bereits zu Semesterbeginn gegen eine Prüfungsteilnahme entschieden und auf andere Kurse konzentriert. Bei den anderen drei Studierenden konnten relevante Unterschiede in den Lernpräferenzen und Lernstrategien identifiziert werden, welche sich in durchaus differenzierten Beurteilungen der verschiedenen digitalen Angebote äußerten:

- Regelmäßige e-Assessments wurden grundsätzlich positiv bewertet. In einem Fall wurden diese Tests sogar als wichtigstes Lernelement bezeichnet, während eine andere Person diese nur wegen der potenziellen Zusatzpunkte für die abschließende Klausur nutzte.
- Die digitalen Aufgabensammlungen des Mathematik-Lernzentrums wurden ebenfalls als sinnvoll bewertet und insbesondere für die gut dokumentierten Lösungswege gelobt. Tatsächlich scheint die Bereitstellung schlüssiger und nachvollziehbarer Musterlösungen für die Studierenden ein wichtiges Kriterium für die Beschäftigung mit diesen Lernmaterialien. Eine bislang leider technisch noch nicht umsetzbare Anregung aus den Reihen der Studierenden betrifft die Möglichkeit einer Bewertung der Lösungswege durch die Studierenden, welche zur weiteren Qualitätssicherung der digitalen Aufgaben unbedingt sinnvoll wäre.

- Die Nutzung klassischer Übungsaufgaben nahm trotz weitgehend vorhandener umfangreicher Musterlösungen nur eine sehr untergeordnete Rolle ein und hing unmittelbar mit der Inanspruchnahme der Präsenz-Übung zusammen. Gemeinsam mit dem vorangegangenen Punkt deutet dies darauf hin, dass die befragten Studierenden grundsätzlich eine Substitution klassischer Lehrmaterialien durch inhaltlich und didaktisch hochwertiges digitales Lern- und Übungsmaterial befürworten, solange dieses gut auf die allgemeinen Lerninhalte abgestimmt ist. Zusätzliches Hintergrundwissen vermittelnde Übungsinhalte, welche als nicht unmittelbar prüfungsrelevant angesehen wurden, wurden hingegen speziell von primär prüfungsorientierten Studierenden als nicht hilfreich empfunden.
- Grundsätzlich als wichtiges bis wichtigstes Lernangebot im Sinne des eigenen Prüfungserfolgs wurden die angebotenen Altklausuren mit Musterlösungen wahrgenommen.
- Die eigentlichen primären Lernmaterialien Vorlesungs-Videos und Skript wurden durch die Studierenden als grundlegend akzeptiert, jedoch hinsichtlich der konkreten Ausführung kritisch betrachtet. Die Kritik bezog sich dabei auf verschiedene Aspekte wie Stil, Stoffdichte und Struktur, wobei diesbezüglich eine von der des Lehrpersonals deutlich abweichende Erwartungshaltung an diese Materialien sichtbar wurde, welche sich eher hin zu wenigen kurzen Videos statt inhaltlich vollständigen Vorlesungs-Aufzeichnungen orientiert.

#### 4. Fazit

Die in diesem Beitrag beschriebenen Befunde geben einerseits qualitative wie auch quantitative Hinweise auf die Wirksamkeit der Integration regelmäßiger digitaler Übungsaufgaben sowie e-Assessments in ingenieurmathematische Grundlagen-Lehrveranstaltungen an Hochschulen für angewandte Wissenschaften. Zum anderen liefern sie wichtige Hinweise auf potenzielle Gelingensbedingungen für den Einsatz dieser modernen Lehr- bzw. Lern-Materialien, damit verbundene offene Forschungsfragen sowie mögliche Anknüpfungspunkte für ein dahingehend optimiertes Studiendesign. Im Zentrum der weitergehenden Untersuchungen sollte speziell die Frage stehen, ob Inanspruchnahme digitaler Übungsmaterialien und Prüfungserfolg tatsächlich intrinsisch kausal verknüpft sind oder durch gemeinsame Einflussfaktoren erklärbar sind. Um die entsprechenden weiterführenden Fragestellungen zu adressieren, wurden im Wintersemester 2022/23 bereits einige Änderungen bzw. Ergänzungen im Kurs- und Studiendesign implementiert, insbesondere:

1. Während im Sommersemester 2022 das Moodle-Plugin WIRIS-Quizzes zum Einsatz kam, wurden beginnend mit dem Kurs Mathematik 1 im Wintersemester 2022/23 erstmals Moodle-Tests auf Basis von STACK-Aufgaben genutzt. Die didaktischen Überlegungen hinter diesem Wechsel sowie diesbezüglichen ersten Erfahrungen werden an anderer Stelle im Detail diskutiert (Judakova et al., 2023).
2. Die wöchentlichen digitalen Übungstests sowie die regelmäßigen e-Assessments wurden in den modulspezifischen Moodle-Kurs integriert, um die Erreichbarkeit des Angebots für die konkrete Zielgruppe zu verbessern.

3. Durch den verspäteten Beginn der Datenerhebung innerhalb von Moodle standen im Sommersemester 2022 die entsprechenden Nutzungs- und Erfolgsdaten nicht ab Semesterbeginn zur Verfügung. Im Wintersemester 2022/23 konnten hingegen Daten ab der ersten Lehrveranstaltungs-Woche für die Untersuchungen herangezogen werden.
4. Anders als im Sommersemester 2022 werden seit dem Wintersemester 2022/23 mindestens zwei detaillierte Studierendenbefragungen unter den Teilnehmenden beider Kurse durchgeführt (am Semesterbeginn sowie kurz vor Semesterende), bei denen u.a. Daten zur mathematischen Selbsteinschätzung, Lernpräferenzen sowie Mathematik- und Prüfungsangst erhoben wurden.

Die Studienautoren erwarten sich von der laufenden gemeinsamen Untersuchung der Learning Analytics-Daten aus den Moodle-Kursnutzungen sowie der Befragungen in allen drei Modulen Mathematik 1, 2 (nur Dualstudiengang) und 3 im Wintersemester 2022/23 weitergehende Erkenntnisse zu den Determinanten einer lernwirksamen Integration digitaler Übungsaufgaben und e-Assessments.

#### Danksagung

Die vorgestellte Studie wurden durch die Stiftung Innovation in der Hochschullehre im Rahmen des Projekts h<sup>2</sup>d<sup>2</sup>: didaktisch und digital kompetent lehren und lernen, gefördert. Die Autorinnen und Autoren danken Klaas Brandt und dem Team des e-Value-Labs für die Unterstützung bei der Durchführung der Begleitforschung im Sommersemester 2022 inklusive der qualitativen Interviews.

#### Literatur

Donner, R.V.; Judakova, G.; Ioffe, O.B.; Brandt, K. & König, L. (2023). Das digitale Mathematik-Lernzentrum der Hochschule Magdeburg-Stendal und seine Integration in die Grundlagen-Lehrveranstaltungen Mathematik. In: Liebscher, E.; Hübl, R.; Merker, J. & Wacker, B. (Hrsg.) Digitale Lehre im Rahmen der Grundlagenausbildung in MINT-Fächern an Hochschulen. Merseburg: Hochschulverlag Merseburg, S. 51-71

Erlam, G.D.; Garrett, N.; Gasteiger, N.; Lau, K.; Hoare, K.; Agarwal, S. & Haxell, A. (2021). What Really Matters: Experiences of Emergency Remote Teaching in University Teaching and Learning During the COVID-19 Pandemic. *Frontiers in Education*, 6, 639842

Günther, J. & Brunnhuber, M. (2019). Learning Analytics mit Hilfe von Tests in Moodle. Tagungsband zum 4. Symposium zur Hochschullehre in den MINT-Fächern, DiNa-Sonderausgabe 09/2019, S. 207-213

Judakova, G.; Ioffe, O.B.; König, L. & Donner, R.V. (2023). A Digital Mathematics Learning Support Centre Based on a Curated German-Language Collection of Mathematical STACK Problems, In: Contributions to the International Meeting of the STACK Community 2023. TTK University of Applied Sciences: Tallinn, Estonia, 2023. doi:10.5281/zenodo.8032271

Liebindörfer, M.; Kempen, L. & Schukajlow, S. (2022). First-year university students' self-regulated learning during the COVID-19 pandemic: a qualitative longitudinal study. *ZDM – Mathematics Education*, 55, 119-131

Sangwin, C. (2013). *Computer Aided Assessment of Mathematics*. Oxford: Oxford University Press

#### Angaben zu den AutorInnen

**Reik V. Donner** ist seit 2018 Professor für Mathematik (insbesondere Data Science und Stochastische Modellierung) und leitet seit 2021 das Mathematik-Statistik-Lehr-Lernlabor (MaSta-Lab) im Rahmen des Projekts h<sup>2</sup>d<sup>2</sup> an der Hochschule Magdeburg-Stendal.

**Oleg Boruch Ioffe** ist seit 2021 wissenschaftlicher Mitarbeiter des MaSta-Labs. Zuvor war er bereits an verschiedenen Hochschulen in der Mathematik-Grundlagenausbildung und Entwicklung digitaler Lehrmaterialien tätig.

**Gozel Judakova** ist seit 2021 wissenschaftliche Mitarbeiterin des MaSta-Labs.

**Lisa König** ist seit 2021 Koordinatorin des Projekts h<sup>2</sup>d<sup>2</sup>. Zuvor war sie als wissenschaftliche Mitarbeiterin verantwortlich für die Erstellung digitaler Mathematik-Übungsaufgaben.

# Digitale Übungsaufgaben im STACK-Format

Jonas Gleichmann, Hans Kubitschke, Lydia Kämpf, Frank Stallmach, Jörg Schnauß  
 Universität Leipzig, Institut für Didaktik der Physik

## Zusammenfassung

Mithilfe von STACK, einem kostenfreien Plugin mit integriertem Computer-Algebra-System für die Plattformen Moodle und Ilias, können randomisierte Rechenaufgaben erstellt werden. Anhand der studentischen Eingabe erhalten die Studierenden individuelles Feedback. Durch die Feedbackfunktion, die Randomisierung und die Ressourcenschonung bietet sich STACK für den Einsatz in digitalen Übungsserien/Übungsblättern in MINT-Modulen an. STACK-Aufgaben können via Exportfunktion leicht ausgetauscht und bei allen Kohorten-Größen eingesetzt werden. Unsere ersten Forschungsergebnisse zeigen, dass Studierende mehrheitlich keine Probleme mit der digitalen Eingabe hatten und die Aufgaben häufig zur Prüfungsvorbereitung nutzten. In einer Analyse von Prüfungen hat sich gezeigt, dass Studierende mit STACK-Aufgaben vergleichbare Klausurergebnisse wie Gruppen mit klassischen Übungsaufgaben in Papierform erzielen. Ein wichtiger Vorteil dabei ist die Wiederholbarkeit der digitalen Aufgaben mit randomisiertem Zahlenmaterial. Diese Ergebnisse zeigen, dass STACK als digitales Werkzeug in der MINT-Lehre erfolgsversprechend und skalierbar eingesetzt werden kann.

## 1. Einleitung

STACK, ein Akronym für *System for Teaching and Assessment using a Computer algebra Kernel*, ist ein Open-Source-Projekt zur digitalen Umsetzung von Aufgaben (Sangwin, 2013). Dahinter steckt ein Fragentyp für die Lehr-Lern-Management-Plattformen Ilias und Moodle, welcher als kostenfreies Plugin integriert werden kann. STACK-Aufgaben grenzen sich von anderen Aufgabentypen durch ein Computer-Algebra-System (CAS) ab, welches eine Vielzahl an Vorteilen bietet. Durch das CAS kann eine Eingabe auf algebraische Äquivalenz zu einer vorgegebenen Lösung verglichen und so auch gleichwertige Antworten entsprechend als korrekt bewertet werden. Aus dem CAS resultieren diverse Möglichkeiten und Funktionen von STACK, wie zum Beispiel die Verwendung von randomisierten Parametern für individualisierte Aufgaben. Mai et al. (2021) bieten in ihrer Veröffentlichung einen umfassenden Überblick zu den Einsatzmöglichkeiten von STACK-Aufgaben in Physik-Mathematikkursen und diskutieren einige Vor- und Nachteile dieses Aufgabentyps.

An der Fakultät für Physik und Geowissenschaften der Universität Leipzig werden seit 2021 STACK-Aufgaben in der grundständigen Lehre eingesetzt. Die Aufgaben wurden zunächst durch die Modulverantwortlichen erstellt. Bereits während der Erstellung der Aufgaben wurden hierbei differenziertes Feedback zu den Aufgaben und die Bewertung von Folgefehler einprogrammiert. Nach der Bearbeitung der Aufgaben durch die Studierenden werden/wurden die abgegebenen

Lösungen analysiert und typische Fehler identifiziert. Anhand dieser Fehlerbilder wurden weitere persönliche Feedbackaufgaben erstellt, welche bei der zukünftigen Bearbeitung der Aufgaben auf die entsprechenden Fehler hinweisen (siehe Abb. 1). Gleichzeitig wurde die Folgefehlerbewertung angepasst.

## 2. STACK-Aufgaben als Übungsaufgaben

Der Einsatz von STACK-Aufgaben ermöglicht für Studierende, als auch für Lehrende an vielen Stellen Vereinfachungen und Vorteile. Durch das CAS können Variablen in die Aufgaben eingebaut werden, welche aus einem vorgegebenen Zahlenbereich zufällig Werte annehmen. Dies ermöglicht individuelle Aufgaben für alle Studierenden bei gleichem Lösungsschema. Mittels einer geschickten Wahl des Zahlenmaterials kann sichergestellt werden, dass der Rechenaufwand für alle Lernenden vergleichbar ist. Nach der Bearbeitung einer Aufgabe erhalten die Lernenden, je nach gewünschter Einstellung durch die Lehrperson, ein sofortiges oder zeitversetztes Feedback zu ihrer Lösung. Das Feedback beinhaltet dabei individuelle Hinweise zu gemachten Fehlern, was sich positiv auf den Lernprozess auswirkt (Hattie, 2009). Insbesondere der kurze Zeitraum zwischen Abgabe und Feedback trägt zu einer Reflexion und Lernzuwachs bei (Kerres et al., 2013). Durch die Einbindung in ein Lern-Management-System erhalten Lehrende zudem ein direktes Feedback über richtig beziehungsweise falsch bearbeitete Aufgaben je Studentin und können die folgenden Lehrveranstaltungen entsprechend der Ergebnisse anpassen. Dies kann zum Beispiel durch das Aufgreifen von Fehlkzepten erfolgen oder durch die Besprechung von Aufgaben mit einer hohen Fehlerquote. In den naturwissenschaftlichen Studiengängen spielt neben der algebraischen Lösung eines Problems auch die Angabe der

a Gegeben ist das Vektorfeld:  $\vec{F}(x, y, z) = \begin{bmatrix} 5 \cdot x^3 \\ 5 \cdot y^2 \cdot z^5 \\ 3 \cdot x^3 \cdot y \cdot z^5 \end{bmatrix}$

Berechnen Sie die Rotation des Vektorfelds.

rot ( $\vec{F}(x, y, z)$ ) =  $\vec{\nabla} \times \vec{F}(x, y, z) =$

$$\begin{bmatrix} \text{[ ]} \\ \text{[ ]} \\ \text{[ ]} \end{bmatrix}$$

b Richtige Antwort!  
 Die berechnete Rotation des Vektorfelds F ist korrekt!

Eine richtige Antwort ist  $\begin{bmatrix} 3 \cdot x^3 \cdot z^5 - 25 \cdot y^2 \cdot z^4 \\ -9 \cdot x^2 \cdot y \cdot z^5 \\ 0 \end{bmatrix}$ .

c Die rot unterstrichenen Einträge sind falsch.

$$\begin{bmatrix} \underline{25 \cdot y^2 \cdot z^4} - \underline{3 \cdot x^3 \cdot z^5} \\ \underline{9 \cdot x^2 \cdot y \cdot z^5} \\ 0 \end{bmatrix}$$

Die berechnete Rotation des Vektorfelds F ist falsch.  
 Sie haben im Vektorprodukt die Produkte vertauscht und genau die negative Rotation erhalten.  
 Ihre partiellen Ableitungen sind korrekt.

Eine richtige Antwort ist  $\begin{bmatrix} 3 \cdot x^3 \cdot z^5 - 25 \cdot y^2 \cdot z^4 \\ -9 \cdot x^2 \cdot y \cdot z^5 \\ 0 \end{bmatrix}$ .

Abb. 1: Beispiel für eine Frage im STACK Format.  
 a) Aufgabenstellung mit einem randomisierten Vektorfeld.  
 b) persönliches Feedback für eine korrekte Abgabe.  
 c) persönliches Feedback bei einer falschen Eingabe.



korrekten Einheit eine Rolle. Eine solche Eingabe und der Vergleich von Einheiten sind durch STACK ebenfalls möglich. Das System überprüft die Eingabe und kann zwischen verschiedenen Einheiten differenzieren. Beispielsweise kann geprüft werden, ob eine eingegebene Energie in Joule der Lösung in Elektronenvolt entspricht (siehe Abb. 2).

Für das Erstellen der Aufgaben sind rudimentäre Programmierfähigkeiten in „Maxima“ und Kenntnisse im Umgang mit Programmierumgebungen nötig. Bei MINT-Studierenden sind diese Kenntnisse in der Regel erwartbar. Die Erstellung erfolgt durch einfache Befehle und ist nach einer Einarbeitungsphase meist schnell möglich und auch an studentische Hilfskräfte übertragbar. Zusätzlich gibt es mehrere frei zugängliche Anleitungen und Tutorials (Lowe et al., 2019), welche bei der Umsetzung helfen. Wenn eine Aufgabe erstellt wurde, kann diese mittels Exportfunktion heruntergeladen und unter Dozierenden ausgetauscht werden. Durch das automatische Feedback sind Korrekturarbeiten nicht mehr nötig. Einzig muss in eine effektive Nachbearbeitung der Aufgaben und des Feedbacks für eine kontinuierliche Qualitätssicherung investiert werden, was sich nach mehrmaligem Einsatz der jeweiligen Aufgaben minimiert. Im Vergleich zu den normalen Korrekturen ist dies ressourcenschonend und eine Senkung des Zeitaufwands.

Für die Studierenden sind keine Programmiersprache und -kenntnisse nötig. Durch Hinweise im Aufgabentext können bei nicht intuitiven Eingaben, wie einer Wurzel, Fehler vermieden werden. Nach der Eingabe wird eine Vorschau angezeigt, was Eingabefehler minimiert (siehe Abb. 2). Ein weiterer Vorteil der STACK-Aufgaben besteht im längerfristigen Nutzen der Aufgaben für Studierende während der Prüfungsvorbereitung und auch nach dem Modulende. Durch die

Berechnen Sie die Energie eines Photons der Wellenlänge  $\lambda = 1.2 \mu\text{m}$ .

$E =$

Ihre letzte Antwort wurde folgendermaßen interpretiert:

1033282 eV

In Ihrer Antwort wurden die folgenden Einheiten gefunden: [eV]

✓ Richtige Antwort, gut gemacht!

Eine richtige Antwort ist  $1.65537154762e-13 \text{ J}$ . Sie kann so eingegeben werden:  $1.65537154762E-13*J$

**Abb. 2: Beispiel für eine Frage im STACK Format mit Vorschau der Eingabe und einer richtigen Wertung der Antwort in einer anderen Einheit als die Musterlösung. Die Wellenlänge des Photons ist dabei randomisiert.**

Randomisierung ist es möglich, dass sie die Übungsaufgaben mit anderem Zahlenmaterial erneut bearbeiten. Dabei erhalten sie für ihre neue Aufgabe entsprechendes Feedback. Die Lehrperson kann hierbei selbst entscheiden, ob und wenn ja zu welchem Zeitpunkt die Aufgaben für die erneute Bearbeitung freigeschaltet werden. Die Randomisierung vermeidet, dass sie die gleichen Aufgaben erneut lösen oder auf andere Aufgaben ohne gezieltes Feedback zurückgreifen. Ohne gezieltes Feedback/Lösungen bleiben bestimmte Fehler möglicherweise unerkannt und der Lernprozess wird gehindert. Durch programmierte Bedingungen oder durch zum Beispiel moodleeeigene Instanzen können Aufgabenkomplexe erstellt werden, welche je nach Antwort der Studierenden individualisiert im Schwierigkeitsgrad ansteigen.

### 3. Methodik

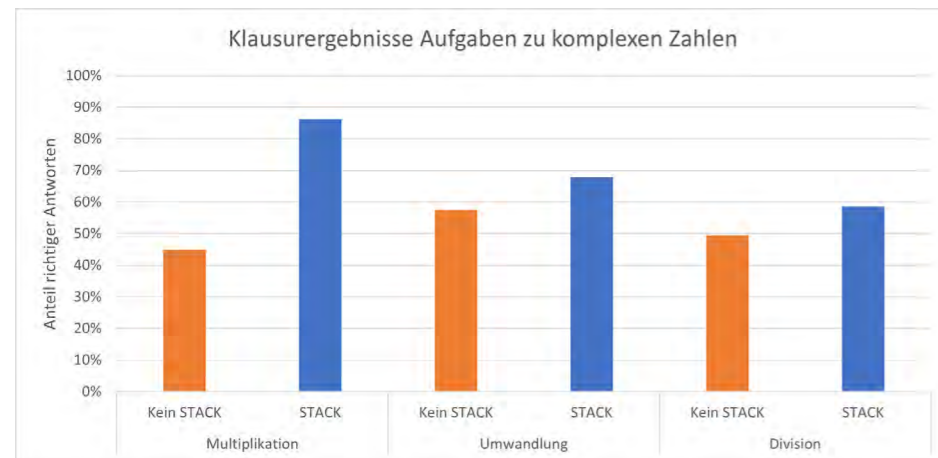
Zur ersten Untersuchung von STACK-Aufgaben als Übungsaufgaben wurde eine Befragung der Studierenden durchgeführt. Im Modul „Mathematische Methoden – Methoden der klassischen Physik“ wurden nur STACK-Aufgaben als Übungsaufgaben eingesetzt. Dieses ist ein Pflichtmodul für die Studiengänge B. Sc. Physik und B. Sc. Meteorologie. Nach der Prüfung wurde den Studierenden des Moduls ein digitaler Fragebogen zugesendet, welcher anonym ausgefüllt werden sollte. Mit einer vierstufigen Likert-Skala wurde die Sichtweise der Studierenden zu mehreren Aspekten der STACK-Aufgaben erfasst.

Neben der studentischen Sichtweise ist auch die Betrachtung der Prüfungsergebnisse ein Indikator für den erfolgreichen Einsatz von STACK-Aufgaben. Der Vergleich der Studierendenleistungen nach der Bearbeitung von STACK-Aufgaben gegenüber „klassischen“ Aufgaben auf Papier erfolgte mittels zweier Kohorten. Infolge der Gleichberechtigung aller Studierenden konnten dafür nicht die Teilnehmenden eines Moduls in zwei Gruppen aufgeteilt werden. Stattdessen wurden für den Vergleich die Teilnehmenden eines Moduls mit STACK-Aufgaben mit denen eines Moduls mit „klassischen“ Aufgaben betrachtet. Im Studiengang B. Sc. Physik wurden im Modul „Mathematische Methoden“ im Wintersemester 2022/2023 STACK-Aufgaben eingesetzt. Als Kontrollgruppe dienen die Studierenden des Studiengangs Lehramt Physik im Modul „Experimentalphysik und ihre mathematischen Methoden EP1 - Mechanik“ aus den Wintersemestern 2021/2022 und 2022/2023, welche „klassische“ Aufgaben lösen mussten. In der Kontrollgruppe liegt der Fokus der Lehrveranstaltung neben der Mathematik vor allem auf physikalischen Themen. Dies führt zu einer Limitation des Vergleichs. Beide Module sind Pflichtmodule des ersten Semesters, in welchen die Übungsaufgaben wöchentlich abgegeben werden müssen.

Für einen exemplarischen Vergleich wurden die Klausuraufgaben zum Thema komplexe Zahlen betrachtet. Dieses mathematische Gebiet gilt als nicht voraussetzbar für ein Physikstudium und wird in der Regel in fast keinem deutschen Bundesland behandelt (Konferenz der Fachbereiche Physik 2011). Aus diesem Grund wird das Thema in beiden betrachteten Modulen eingeführt. Es ist jedoch nicht auszuschließen, dass Studierende vor dem Studium bereits Wissen zum Thema komplexe Zahlen besitzen. Des Weiteren wurden auch Wiederholer:innen der Module mit in die Ergebnisse einbezogen, welche infolge ihrer Studienbiographie unterschiedliche Vorkenntnisse besitzen. Hierbei wurde nicht geprüft, dass alle betrachteten Studierenden zum ersten Mal sowohl den Inhalt als auch die Durchführung des STACK-Moduls erfahren haben. In der Kontrollgruppe wurde das Thema der komplexen Zahlen in einer Lehrveranstaltung von 45 Minuten behandelt. In der Kohorte mit STACK-Aufgaben wurden die komplexen Zahlen in einer 90-minütigen Vorlesung mit anderen Themen zusammen in einem vergleichbaren Umfang wie in der Kontrollgruppe eingeführt. In beiden Modulen wurden im Laufe des Semesters entsprechend Übungsaufgaben in vergleichbarem Umfang gestellt. Die Klausuraufgaben waren nicht identisch, aber beinhalteten die gleichen Operationen und die gleiche Komplexität. Identische Klausuraufgaben waren wegen des zeitlichen Versatzes der Klausuren nicht möglich. Für beide Kohorten fand die Klausur als schriftliche Präsenzprüfung mit einer Abgabe in Papierform statt.

### 4. Ergebnisse und Diskussion

Die Befragung wurde von 35% der Studierenden (N=31), welche am Modul teilgenommen haben, ausgefüllt und abgegeben. In der Umfrage gaben 82% an, dass sie sehr gut oder eher gut mit der Eingabe der Lösung im STACK-Format



**Abb. 3:** Dargestellt ist der Anteil richtig gelöster Aufgaben zum Thema komplexe Zahlen in drei Aufgabenfeldern. Die Aufgaben waren Teil von Modulabschlussprüfungen im ersten Semester zweier unterschiedlicher Module. Die Übungsaufgaben zu den komplexen Zahlen wurden in einem Modul mit (N=87) und in dem anderen ohne STACK (N=101) gestellt.

zurechtgekommen sind. Als Vorteil der Aufgaben gaben sie die Möglichkeit des wiederholten Lösens mit neuer Randomisierung vor den Prüfungen an. Im Gegensatz zur verpflichtenden Bearbeitung der Übungsaufgaben liegt die Wiederholung der Aufgaben vor der Klausur in der Eigenverantwortung der Studierenden und kann nur schwer durch die Dozierenden gefördert werden. Insgesamt gab nur eine Person an, dass sie die Aufgaben nicht im Vorfeld der Klausur erneut gelöst hatte. Die gleiche Person gab ebenso an, dass sie die Klausur nicht bestanden hat. 39% der Teilnehmenden äußerten, die Aufgaben mehrfach vor der Klausur wiederholt zu haben. Dieses Ergebnis deckt sich auch mit der Frage, ob sich die Lernenden auf die Klausur durch die STACK-Aufgaben vorbereitet fühlten. Dies bejahten 79% der Befragten und gaben dies auch mehrfach in einem Freitextfeld am Ende an. Der Einsatz von digitalen Aufgaben ist nicht nur in mathematischen Modulen geplant. Aus diesem Grund wurden die Studierenden nach ihrer Meinung zum weiteren Einsatz von STACK-Aufgaben im Studium gefragt. Hier gaben 29% der Studierenden

an, dass sie keinen weiteren Einsatz wünschen. Anhand der Freitextantworten konnten hierfür zwei Hauptkritikpunkte identifiziert werden: Zum einen waren dies Unklarheiten bei der Eingabe und zum anderen die fehlende Bewertung des Rechenwegs. Mittels eines kleinen Handbuchs zur Eingabe in STACK konnte dem ersten Punkt bereits entgegenwirkt werden. Es sei hier allerdings auch erwähnt, dass die Eingabe im CAS-Format die Studierenden auch auf die Nutzung einschlägiger Analyseprogramme am Fachbereich Physik vorbereitet. So könnte möglicherweise ein positiver Effekt für Praktika und Abschlussarbeiten erzielt werden. Für den zweiten Kritikpunkt der Überprüfung des Rechenwegs sind aktuell Lösungsansätze in Arbeit. So ist die Vorgabe von mehreren Eingabefeldern eine Möglichkeit, jedoch besteht die Gefahr, dass der Lösungsweg dadurch zu sehr vorgegeben wird und alternative Wege wegfallen. Je nach gewünschtem Lerneffekt oder Schwierigkeitsgrad können Zwischenschritte bewusst abgefragt oder auch weggelassen werden.

Neben der Befragung wurden auch die Prüfungsergebnisse ausgewertet. Es zeigt sich, dass die Kohorte mit STACK in allen drei Aufgaben besser als die Kontrollgruppe abschloss (siehe Abb. 3). Bei der Umwandlung zwischen Normal- und Exponentialform sowie der Division zeigten beide Kohorten ähnliche Leistungen. In den Aufgaben zur Multiplikation unterscheiden sich die beiden Kohorten deutlich. Woher dieser Unterschied kommt, lässt sich anhand der Klausurergebnisse nicht sicher ableiten. Ein möglicher Erklärungsgrund könnte der geteilte Fokus der Kontrollgruppe auf Mathematik und Physik sein, wogegen das beobachtete Modul mit STACK-Aufgaben sich nur auf die Mathematik fokussiert.

Anhand der Daten aus den Prüfungen ist erkennbar, dass die Modulteilnehmenden mit STACK in der Klausur im betrachteten Themenbereich der komplexen Zahlen vergleichbar bzw. tendenziell besser abschnitten.

Die Befragung zeigt, dass der Einsatz von STACK bei den Studierenden in größeren Teilen auf Zustimmung trifft und für sie auch die Eingabe keine Hürde darstellt. Es wird auch deutlich, dass nicht alle Studierenden mit den STACK-Aufgaben zufrieden sind und etwa 30% sich keinen weiteren Einsatz wünschen. Mit den Ergebnissen zu den komplexen Zahlen im Vergleich der Klausuren und der mehrheitlichen studentischen Zustimmung in der Umfrage nach dem Modul deutet sich ein positiver Einfluss von STACK-Aufgaben auf das untersuchte Modul an. Damit bietet sich STACK als ein digitales Werkzeug für die MINT-Lehre an. Um diese Aussagen zu bestätigen und valider zu fundieren, ist eine weitere Beforschung des Aufgabenformats nötig.

**Literatur**

Hattie, J. (2009): Visible learning. A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement. London: Routledge.

Kerres, M.; Breimeier, J.; Bonertz, T. (2013): Mediendidaktik. Konzeption und Entwicklung mediengestützter Lernangebote. 4., überarbeitete und aktualisierte Auflage. Munich, Germany: Oldenbourg Wissenschaftsverlag.

Konferenz der Fachbereiche Physik (2011): Empfehlung der Konferenz der Fachbereiche Physik zum Umgang mit den Mathematikkenntnissen von Studienanfängern der Physik. Online verfügbar unter <https://www.kfp-physik.de/dokument/KFP-Empfehlung-Mathematikkenntnisse.pdf>, zuletzt aktualisiert am 2012.

Lowe, T.; Sangwin, Ch.; Jones, I. (2019): Getting started with STACK. Online verfügbar unter <https://docs.stack-assessment.org/en/>, zuletzt aktualisiert im Juli 2019, zuletzt geprüft am 17.05.2023.

Mai, To.; Wassong, T.; Becher, S. (2021): Über das Potenzial computergestützter Aufgaben zur Mathematik am Beispiel eines auf Blended Learning basierenden Vorkurses. In: Biehler R.; Eichler, A.; Hochmuth, R.; Rach S.; Schaper, N. (Hg.): Lehrinnovation in der Hochschulmathematik. Praxisrelevant didaktisch. [S.I.]: Springer (Konzepte und Studien zur Hochschuldidaktik und Lehrerbildung Mathematik), S. 291-320.

Sangwin, C. J. (2013): Computer Aided Assessment of Mathematics. Oxford: OUP Oxford. Online verfügbar unter <https://ebookcentral.proquest.com/lib/kxp/detail.action?docID=1173592>, zuletzt geprüft am 17.05.2023.

**Angaben zu den AutorInnen****Jonas Gleichmann**

wissenschaftlicher Mitarbeiter und Doktorand am Institut für Didaktik der Physik an der Universität Leipzig

**Dr. Hans Kubitschke**

Seit 2013 wiss. Mitarbeiter an der Uni Leipzig im Bereich Biophysik und Didaktik der Physik

**Lydia Kämpf**

wissenschaftliche Mitarbeiterin und Doktorandin am Institut für Didaktik der Physik an der Universität Leipzig

**Prof. Dr. Frank Stallmach**

Sprecher der Abteilung Hochschuldidaktik Physik im IDP. Er lehrt langjährig in der Studieneingangsphase der Lehramtsstudierenden die Experimentalphysik (Mechanik) und ihre mathematischen Methoden und forscht an Konzepten für eine aktivierende und authentische Physik-Lehre.

**PD Dr. Jörg Schnauß**

Institutsdirektor der Didaktik der Physik, forscht zur Studieneingangsphase in der Physik, Einsatz von Digitalisierung im Studium, Biophysik und STACK-Aufgaben

## Wissenserstellung in Kooperation mit Studierenden – Webseiten als innovative Lernplattformen

Uwe Wienkop

Technische Hochschule Nürnberg – Georg-Simon-Ohm

### Zusammenfassung

Anstelle des an vielen Hochschulen mittlerweile etablierten Einsatzes von Learning Management Systemen (LMS) wie Moodle, wird in diesem Beitrag für die Lehrveranstaltungen „Digitale Bildbearbeitung“ und „Programmieren“ gezeigt, dass die vom Dozenten und den Studierenden erstellten Webseiten als Lernplattformen geeignet sind, um über den reinen Wissenstransfer hinausgehende Kompetenzen bei den Studierenden zu fördern und weiterreichende Lehr- und Lernkonzepte zu erproben.

Die Lernplattformen basieren auf einer neuartigen Wissensorganisation mit Wissens-elementen, einer polyhierarchischen Wissenscharakterisierung sowie der Möglichkeit zur automatisierten Generierung von Wissenslinien. Die Realisierung erfolgte auf Basis des Content Management Systems (CMS) WordPress.

Der Beitrag beschreibt die didaktischen und visuellen Anforderungen an die Lernplattformen und das Konzept der Wissensorganisation, er zeigt, wie dieses System auf Basis von WordPress realisiert wurde und beschreibt die Umsetzung der weitergehenden Lehr- und Lernkonzepte „Kooperatives Lehren und Lernen von Studierenden und Dozenten“, „Kompetitives Lernen“ sowie „Responsives Lernen“ auf Basis der geschaffenen Lernplattformen.

### 1. Motivation

Für eine im Jahr 2018 neu begonnene Lehrveranstaltung (LV) „Digitale Bildbearbeitung“ bestanden die Lehrziele erstens in der Vermittlung zentraler Bildbearbeitungstechniken (aktuell etwa 25 aus 205), zweitens in der Präsentation wesentlicher Bildbearbeitungsstile sowie drittens in der Besprechung herausragender Fotografen und ihrer Spezialisierungsgebiete, um die Studierenden zu befähigen, Bildbearbeitungstechniken stimmig und stilsicher anwenden zu können. Herausfordernd für die Präsentation der Lehrmaterialien ist, dass die Lehrziele eng miteinander verwoben und voneinander abhängig sind.

Das nahtlose Kombinieren von Texten, Bildern, Videos und interaktiven Elementen (z.B. für einen vorher/nachher-Bildvergleich) auf allen gängigen Geräteplattformen (Desktops, Tablets und Smartphones) sowie die Schaffung einer visuell ansprechenden Darstellung auf dem Niveau professioneller Foto-Webseiten, wie etwa Flickr, sind wichtige Anforderungen an die Lernplattform. Das didaktische Konzept sieht den ständigen Austausch zwischen Studierenden und dem Dozenten über Lernfortschritte vor. Hierzu ist es notwendig, Bildbearbeitungen für alle verfügbar auf der Lernplattform abzulegen.

Für die Realisierung wurden verschiedene LMS (u.a. Moodle und Mahara) erprobt. Diese Systeme erfüllen die obigen Anforderungen nicht. Die Schwächen liegen in der unzureichenden

Unterstützung vernetzter Informationen sowie in der stark dokumentenorientierten Präsentation, die einem visuell hochwertigen Anspruch nicht genügt.

WordPress als CMS erweist sich hingegen als geeignet, da Wissensselemente in einer Datenbank gespeichert werden und sich über Wissenstaxonomien alle genannten Anforderungen erfüllen lassen. Die hochwertige visuelle Darstellung kann durch WordPress-Plugins hergestellt werden.

Das Konzept dieser Website erwies sich als äußerst leistungsfähig und flexibel, so dass es auf die Lehrveranstaltungen „Programmieren 1 & 2“ übertragen wurde, die nicht mehr stark bildhaft geprägt sind. Bei diesen Veranstaltungen bestehen die Lehrziele erstens in der Vermittlung der zentralen Elemente der prozeduralen und der objektorientierten Programmierung auf Basis der Programmiersprache C# sowie zweitens im Üben von Anwendungsbeispielen. Als besondere didaktische Anforderungen an die Lernplattform werden die Sicherstellung des vollständigen Lernens aller Lerninhalte, die Unterstützung der Übungsphasen durch responsive Elemente sowie die Unterstützung der Prüfungsvorbereitungsphase durch das automatisierte Erstellen von fiktiven Klausuren mit geeignetem Aufgabenumfang aus dem Wissens-Pool verfolgt.

Auch andere Autoren haben sich mit dem Einsatz von CMS, wie WordPress, im Lernumfeld oder als LMS beschäftigt. Tomberg und Laanpere (2008) beschreiben den Einsatz von Blog-basierenden Systemen (wie WordPress) im Lernumfeld unter dem Aspekt der Leistungserhebung studentischer Einreichungen. Ebenso beschreiben Aramo-Immonen et al. (2016) Blogging-Systeme als zentrale Unterstützung eines kollaborativen Lernens – ähnlich wie dies auch bei der LV „Digitale Bildbearbeitung“ praktiziert wird. Krouska et al. (2017) stellen

einen Vergleich zwischen mehreren LMS und CMS an und arbeiten die Vorzüge von LMS bei der Lernfortschrittskontrolle der Studierenden und der Kommunikationsmöglichkeiten heraus, wie z.B. durch Foren. Andererseits benennen sie die Vorteile von CMS in der besseren Anpassbarkeit an die Anforderungen spezifischer Lehrveranstaltungen. Scott (2012) beschreibt sogar detailliert die einzelnen Schritte zum Aufbau eines LMS auf Basis von WordPress-Elementen.

## 2. Wissensorganisation

Die oben formulierten Lernziele und didaktischen Anforderungen an die Lernplattformen für die beiden Lehrveranstaltungen „Digitale Bildbearbeitung“ sowie „Programmieren“ erscheinen zunächst sehr unterschiedlich. Sie lassen sich aber auf Basis der gleichen Wissenstaxonomie aufbauen. „Eine Taxonomie ist eine Art von Wissensorganisationssystem [...], das aus bevorzugten Begriffen besteht, die alle in einer Hierarchie oder Polyhierarchie miteinander verbunden sind.“, Zeng (2008). Die erarbeitete Taxonomie besteht aus folgenden Bestandteilen:

### Wissenselemente

Sie stellen die kleinsten Wissenseinheiten dar. Dies kann eine Bildbearbeitungstechnik, eine Stilrichtung, ein Fotograf, eine Bildbearbeitungseinreichung eines Studierenden, eine Bearbeitungsaufgabe, aber auch ein Programmierkonzept (wie Vererbung), eine Programmierübung, ein Anwendungsbeispiel, etc. sein. Jedes Wissensselement kann multimediale Elemente wie Text, Bilder, Videos oder interaktive Elemente enthalten. Im Unterschied zu Learning-Nuggets (Wikipedia, 2023) haben die hier verwendeten Wissensselemente nicht die Ausrichtung auf eine kompakte Darstellung des Wissens, sondern können beliebig tiefgehend sein. Wissensselemente

können auch weitere Attribute enthalten, wie z.B. eine Bearbeitungsdauer bei Wissensselementen für die LV „Programmieren“ oder ein „Flag“, ob dieses Wissensselement gemäß Selbsteinschätzung bereits erfolgreich gelernt wurde.

### Polyhierarchische Wissenscharakterisierungen

Wissenselemente können vielfältig, auch hierarchisch, selbst polyhierarchisch in orthogonalen Hierarchien charakterisiert werden: Eine Programmierübung kann bspw. als zugehörig zu „Programmieren 2“, Kapitel 3-Vererbung, Übungsaufgabe, Übungslevel 5, Kapitel 2-Verkettete Strukturen, Anwendungsbeispiel, usw. charakterisiert sein. Diese Charakterisierung schafft die in der Motivation geforderte Leistungsfähigkeit der Lernplattform, sie realisiert die Vernetzung der Wissensselemente und eliminiert das Problem von ansonsten redundant anzulegenden Informationen.

### Wissenslinien und automatisierte Wissensrekombination

Mit der zuvor genannten Taxonomie lassen sich vielfältige Darstellungen explizit oder automatisiert erzeugen. Diese werden im Folgenden als Wissenslinien bezeichnet. Eine solche Wissenslinie kann die Abfolge der Kapitel einer Lehrveranstaltung sein. Darüberhinausgehend können Wissenslinien auf Basis der Charakterisierungen dynamisch beim Betrachten eines Wissensselements automatisiert generiert werden. Dies wird als Wissensrekombination entlang einer Wissenslinie bezeichnet. So kann ein Fotograf mit einem oder mehreren Bildbearbeitungsstilen sowie Bearbeitungstechniken verknüpft werden. Dies ermöglicht das nahtlose Vernetzen von einzelnen Wissensselementen zu einem größeren Ganzen.

Die zuvor beschriebene Wissensorganisation geht weit über die Leistungsfähigkeit von LMS wie Moodle hinaus. Dort werden zwar viele für die Lehre hilfreiche Elemente wie Dokumente, Quizzes, Workshops, etc. bereitgestellt. Diese

Elemente besitzen aber keine Metainformationen, die den Inhalt charakterisieren, inhaltlich verwandte Elemente benennen, usw. Außerdem gibt es nur eine sequenzielle Abfolge der Informationen – ein Wechsel zwischen verschiedenen Sichten ist nicht vorgesehen.

## 3. Realisierung der Wissensorganisation mit WordPress

Die zuvor beschriebene Wissensorganisation wurde auf Basis des CMS WordPress (WP) erfolgreich für die Lehrveranstaltungen „Digitale Bildbearbeitung“ sowie „Programmieren“ implementiert und besteht aus folgenden Elementen:

### Realisierung von Wissensselementen durch WP-Beiträge

WP-Beitragsselemente bestehen aus Texten, Bildern, Videos, interaktiven (auch H5P) Elementen und ermöglichen damit die ausdrucksstarke Darstellung von hochwertigen Inhalten. Jedem WP-Beitrag ist ein Beitragsbild zugeordnet, welches auf den Inhalt visuell hinweisen kann.

### Realisierung der Wissenscharakterisierung durch WP-Kategorien

WP-Beiträge besitzen zudem beliebig viele Charakterisierungen in einem oder mehreren hierarchischen WP-Kategorienbäumen. Besonders vorteilhaft ist, dass alle Beiträge in einer Datenbank gespeichert sind und hieraus auch über die Charakterisierungen abgerufen werden können. Neben expliziten Charakterisierungen existieren auch automatisiert gewonnene Charakterisierungen, wie oft abgerufene (beliebte) Beiträge, neue Beiträge, etc.



Abb. 1: Beispielstartseite mit zwei Layoutelementen

Realisierung von expliziten Wissenslinien durch WP-Seiten  
WordPress realisiert eine strikte Trennung zwischen Design/Layout und Content. Während der Content in WP-Beiträgen gespeichert wird, bestehen Seiten aus Layout-Elementen. So enthält die Seite in Abb.1 eine Überschrift („Herzlich Willkommen ...“), eine linke Spalte mit Teaser-Texten der neuesten sowie im rechten Bereich eine Auflistung der beliebtesten Beiträge. Die Teaser-Texte, Bilder, deren Titel, usw. gehören nicht zur Seite, sondern zum jeweiligen WP-Beitrag. Layout-Elemente bestimmen, welche Bestandteile der WP-Beitragselemente jeweils ausgespielt werden sollen (z. B. Titel plus erste 30 Textzeichen eines Beitrags) und unterstützen auch ein Aufzählen, Filtern und Sortieren von Inhaltselementen. Ihr Design wird über Design-Templates gesteuert.

Auf Basis der WP-Seiten können unter Verwendung der Layout-Elemente explizite Wissenslinien (wie z.B. die Kapitel einer Lehrveranstaltung, herausragende Fotografen, Bearbeitungsstile) aufgebaut werden.



Abb. 2: Automatisch generierte Übungsseite mit Schwierigkeitsgraden

Automatisierte Wissensrekombination durch WP-Seitengenerierung auf Basis von WP-Kategorien

Ergänzend können Wissenslinien automatisch nur auf Basis der gewählten Charakterisierungen (d.h. WP-Kategorien) während des Aufrufs generiert werden. Das Design wird wieder über Design-Templates gesteuert. Gerade diese automatisierte Generierung ermöglicht den Wechsel zwischen verschiedenen Betrachtungssichten etwa vom Fotografen zu Stilen zu Bearbeitungstechniken oder eine Auflistung aller Übungsaufgaben eines bestimmten Schwierigkeitsgrads; vgl. Abb. 2.

#### 4. Neue Lehr- und Lernkonzepte auf Basis der Lernplattformen

Das zuvor beschriebene Konzept und seine Umsetzung auf Basis von WordPress wurde in Form je einer Lernplattform für „Digitale Bildbearbeitung“ (4 SWS LV 1 x p.a. mit etwa 25-30 Teilnehmenden) und „Programmieren“ (zwei LV im Semesterwechsel mit je 6 SWS und etwa jeweils 300 Teilnehmenden) seit 2018 intensiv und sehr erfolgreich erprobt. Veranstaltungsteilnehmer loben die Lernplattformen bei Evaluationen.

Während der Erprobung entstanden auf Basis der obigen Wissensorganisation neue Lehr- und Lernkonzepte, die im Folgenden dargestellt werden.

##### Kooperatives/kollaboratives Lehren und Lernen von Studierenden und Dozenten

Insbesondere in der LV „Digitale Bildbearbeitung“ ist der Vorlesungsstoff nicht abgeschlossen. Jedes Jahr entstehen neue Bearbeitungstechniken, es gibt neue herausragende Fotografen, etc. Natürlich soll auch die LV diese Weiterentwicklung des Fachgebiets widerspiegeln. Daher wurde das didaktische Konzept der Lehrveranstaltung erweitert und die Studierenden in die Wissensrecherche sowie -darstellung einbezogen.

Die Studierenden starten auf Basis des auf der Lernplattform vermittelten Wissens, wenden dieses bei eigenen Bearbeitungen an und stellen ihre Bearbeitungen mit Herstellungsanleitungen auf der Lernplattform wieder allen Studierenden des aktuellen und aller nachfolgenden Kurse zur Verfügung (neuer Content).

Durch geeignete Wahl des Prüfungskonzepts in Form einer dreiteiligen Portfolio-Prüfung zu den Themen „Herausragende Fotografen“, „Neue Bearbeitungstechniken“, „Eigene Bildbearbeitungen“ wird der Wissenskorpus auf der Lernplattform exploriert und zugleich erweitert, die Liste der Fotografen um neue Persönlichkeiten ergänzt und gleichzeitig die Bearbeitungstechniken ständig erweitert oder vertieft, was wiederum die studentischen Bearbeitungen qualitativ weiterentwickelt. Die Studierenden sehen die Arbeiten der Vorjahre und lassen sich von diesen zu neuen Bestleistungen anspornen.

Inhalte können dabei sowohl kooperativ (jeder Studierende schreibt an individuellen Wissensselementen) als auch kollaborativ (mehrere Studierende arbeiten am selben Wissensselement) entstehen. Ebenso ist es möglich, dass mehrere Dozenten, welche die gleiche LV halten, den Wissenskorpus kooperativ weiterentwickeln. Das wurde am Beispiel der LV „Programmieren“ erfolgreich erprobt.

WordPress unterstützt das beschriebene didaktische Konzept durch ein gut gestuftes Rechte-/Rollenkonzept, welches ungewünschte Veränderungen verhindert und zugleich ermöglicht, dass Studierende und Dozentenkollegen ihre Wissensselemente direkt im WordPress-System anlegen und diese durch geeignete Charakterisierungen, z. B. „Finals 2023“, an der richtigen Stelle angezeigt werden. Für „Digitale Bildbearbeitung“ existieren derzeit 84, für „Programmieren“ 58 Charakterisierungsmöglichkeiten, welche aber durch mehrere Hierarchieebenen sehr übersichtlich gehalten werden.

### Kompetitives Lernen – Wettbewerb als Motivationssteigerung

Die Vorteile des wettbewerbsorientierten Lernens insbesondere im Hinblick auf die Motivationssteigerung wurden in vielen wissenschaftlichen Beiträgen untersucht, so beispielsweise Burguillo, J. (2010): „Die Nutzung von freundschaftlichen Wettkämpfen bietet eine starke Motivation für Schülerinnen und Schüler und trägt dazu bei, ihre Leistungsfähigkeit zu steigern“. Auch in Studien und Erfahrungen aus eigenen LV wurde die Motivationssteigerung in wettbewerblichen Lernumgebungen bestätigt. So konnte die Durchfallquote im Modul „Programmieren 1“ durch die Einführung eines wettbewerblichen Praktikums um 60% gesenkt werden (Roderus&Wienkop, 2015).

Diese Motivationssteigerung wurde auf der Lernplattform für die LV „Digitale Bildbearbeitung“ ebenfalls erprobt. Hierfür wurde eine Fotowettbewerbskomponente (ein Word-Press-Plugin) integriert. Jeder Jahrgang erhält seinen eigenen (lokalen) Fotowettbewerb, bei dem u.a. Einreichungs- und Bewertungszeiten festgelegt werden. Diese Wettbewerbskomponente unterstützt ein anonymes Bewerten und lässt Sortierungen zu – z.B. beste Bilder zuerst. Die Studierenden werden in der LV aufgefordert, jeweils ihre besten 5 Bilder hochzuladen und nach Ablauf der Einreichungszeit die Bilder der anderen Studierenden mit einer 5-Sterne-Bewertung zu bewerten. Das System stellt sicher, dass keine Doppel- oder Selbstbewertungen erfolgen.

Hierdurch erhalten die Studierenden eine realistische Rückmeldung zu ihren Leistungen durch viele andere Studierende. Das kompetitive Lernen erweist sich oft als anspornender und wirkungsvoller als Leistungsrückmeldungen durch den Dozenten – zumal sich die kollektive Bewertung durch Peers häufig nicht von der Beurteilung des Dozenten unterscheidet. Sehr gute Bewertungen werden von den Studierenden als wirkliche Auszeichnungen durch die Peer-Group

wahrgenommen und negative Bewertungen oft beim Dozenten hinterfragt („Bin ich tatsächlich so schlecht?“). Um ein geschütztes Szenario aufzubauen, befindet sich die Lernplattform im Intranet der Hochschule und Bewertungen durch die Peers gehen selbstverständlich nicht in die Leistungsbeurteilung durch den Dozenten ein.

### Responsives Lernen – Lernen mit Rückmeldungen

Lernen kann durch Rückmeldungen unterstützt und interaktiv gestaltet werden. Dies betrifft eine Unterstützung in der Auswahl der Lerneinheiten, Tipps für den Lösungsweg und verborgene Musterlösungen. Auf der Lernplattform für die LV „Programmieren 1 & 2“ wurden viele derartige Techniken erprobt und ergänzen sich gegenseitig:

Spoiler-Elemente ermöglichen es, noch unsicheren Studierenden Tipps zum Lösungsweg zu geben oder auch verdeckte Musterlösungen bereit zu halten (siehe Abb. 3).

#### Übungen

Bitte arbeiten Sie die nachfolgenden Beispiele durch und stellen Sie sicher, dass Sie diese auch selbst lösen können!

The screenshot shows a programming exercise interface. At the top, it says "Zahl x im Bereich von [25 .. 30[". Below that is a code block with two lines of code: `1. if (x >= 25 && x < 30)` and `2. Console.WriteLine("Zahl im Bereich [25 .. 30]");`. There are several instructions in German: "Drei Fälle x<0 -> Ausgabe "negativ"; 0<=x<=9 -> Ausgabe "einstellig"; x>9 -> Ausgabe "mehrstellig"; "Übung: Vier Unterscheidungen: x<5, x im Zahlenbereich [10..15], x>30, sonst"; "Übung: Ist double x im Bereich [-1.5 .. 3,14]"; "Übung: Ist x eine gerade Zahl?"; "Übung: Ist x eine ungerade Zahl?"; "Übung: Ist x < 5 oder x > 20?". At the bottom, there are two buttons: "Verstanden" (green) and "Nochmal Üben" (red).

Abb. 3: Spoiler-Elemente, um Musterlösungen zunächst zu verbergen

Start > Fragenpool

### Fragenpool

Auf dieser Seite ist es Dir möglich, alle oder nur spezielle Fragentypen zu trainieren. Wähle einfach aus, **wie lange** und **welche Art** von Fragen Du insgesamt üben möchtest. Im Anschluss werden Dir Fragen angezeigt, die in dem von dir ausgewählten Zeitraum zu lösen sind.

The screenshot shows a form for generating exercise sheets. It has four dropdown menus: "Wie viele Minuten willst Du üben?" with "60" selected; "Welche Fragenart hättest Du gerne?" with "Klausurfragen" selected; "Welchen Umfang sollen die Aufgaben haben?" with "Nur kleine Fragen" selected; and "Welches Level sollen die Aufgaben haben?" with "Egal" selected. At the bottom, there is a black button labeled "Abschicken".

Abb. 4: Abfrage für automatisch generierte Übungsblätter

„Verstanden/Nochmal üben“-Button angefügt. Auf diese Weise wird für jeden Studierenden der Lernfortschritt protokolliert und in einer Fortschrittsanzeige dargestellt.

Wissenselemente (sowohl Texte als auch Übungsaufgaben) können zudem mit einer Bearbeitungsdauer versehen werden. Diese Information gestattet das automatische Generieren von fiktiven Klausuren mit einem bestimmten Zeitumfang aus dem Pool der Wissenselemente; siehe Abb. 4.

Für WordPress existiert eine sehr gelungene H5P-Integration. Alle Wissenselemente können daher auch mit gängigen H5P-Elementen versehen werden. Im Rahmen der LV „Programmieren 1 & 2“ werden die H5P-Techniken „Fill in the Blanks“, „Question Set“, „Mark the Words“, „Image Hotspots“ und „Drag the Words“ erfolgreich eingesetzt.

Selbst „Live-Programming“ direkt auf der Lernplattform ist möglich. Das Programm kann ohne eine Entwicklungsumgebung auf der Website vervollständigt und die Ergebnisse automatisch geprüft werden.

Insgesamt werden diese Unterstützungen von den Studierenden sehr gut angenommen. Gerade weitere Übungen mit responsiven Elementen werden von den Studierenden immer wieder nachgefragt.

## 5. Fazit

Der didaktisch gewinnbringende Einsatz der Webseiten-Lernplattformen in den beiden vorgestellten Modulen wurde über mehrere Jahre hinweg erprobt und hat sich bewährt. Sie unterstützen die Lehre bei geringem Pflegeaufwand sehr. Insbesondere die positiven Rückfragen der Studierenden, wie „Kann ich die Seite von Digitale Bildbearbeitung auch für mich persönlich haben?“, zeigen den Wert der Lernplattformen für die Studierenden. Das kooperative bzw. kollaborative, das wettbewerbsorientierte und das responsive Lernen auf Basis der dargestellten Lernplattformen zeigen neue Wege im Umgang mit digitalen Medien auf. Die Qualität der Lernergebnisse ist hoch.

**Literatur**

Aramo-Immonen, H., Ammirato, S. & Jussila, J. (2016). Blogging as a Virtual Co-Learning Environment in the International Course Context. 8th International Conference on Education and New Learning Technologies, pp. 1383-1391

Burguillo, J. (2010). Using game theory and Competition-based Learning to stimulate student motivation and performance; Computers & Education, Vol 55, Issue 2, pp. 566-575

Krouska, A., Troussas, C. & Virvou M. (2017). Comparing LMS and CMS Platforms Supporting Social e-Learning in Higher Education; 8th International Conference on Information, Intelligence, Systems & Applications (IISA)

Roderus, S. & Wienkop, U. (2015): Verbesserung der Bestehensquoten durch ein Peer Assessment-Pflichtpraktikum. In: Forbig/Magenheim (Hrsg.). HDI 2014 – Gestalten und Meistern von Übergängen. pp. 45-60

Scott, A., (2012). Wordpress for education, Packt Publishing Ltd, 2012.

Tomberg, V. & Laanpere, M. (2008). Towards Lightweight LMS 2.0: A Blog-Based Approach to Online Assessment; European Conference on Technology Enhanced Learning, pp. 431-436

Wikipedia. (2023). Learning Nugget. Abgerufen von en.wikipedia.org/wiki/Learning\_nugget

Zeng, M. (2008). Knowledge Organisation Systems (KOS); Knowledge Organisation, Jan. 2008

**Angaben zum Autor**

**Uwe Wienkop** studierte und promovierte an der Universität Dortmund im Fachgebiet Informatik. Er arbeitete in der Zentralen Forschung und Entwicklung der Siemens AG in München und Princeton und forscht und lehrt seit 1997 als Professor an der TH Nürnberg – Georg Simon Ohm. Er beschäftigt sich mit dem Einsatz digitaler Werkzeuge in der Lehre, war an der Einführung des Moodle-LMS beteiligt, führte das Moodle-basierte Peer Assessment Praktikum ein, leitete das Online-Self-Assessment-Team und entwickelt seit 1998 die Hochschuljobbörse, die nun ein Kooperationsprojekt von 19 Hochschulen ist. Seit 2021 ist er der Akademische Leiter des Instituts für Angewandte Informatik mit dem Schwerpunkt Produktivsoftware und Wissenschaftskommunikation.

## Vom Standard zur Exzellenz – Konzepte zur Verbesserung von Moodle-Kursen an Hochschulen

Nicolas Romero, Andreas Geppert, Michael Kipp  
Technische Hochschule Augsburg

**Zusammenfassung**

Die Evaluation der Kurscharakteristika von Moodle-basierten Kursen an der TH Augsburg zeigt, dass Moodle-Kursräume oft strukturelle Mängel aufweisen und die Möglichkeiten der Plattform meist nur unzureichend genutzt werden. Unter dem Arbeitstitel „Moodle Next Level“ hat sich das Didaktik-Medien-Zentrum der TH Augsburg deswegen zum Ziel gesetzt, Lehrende bei der strukturellen Verbesserung und didaktisch sinnvollen Nutzung von Moodle zu unterstützen.

In dieser Arbeit schlagen wir Richtlinien für verschiedene Kurstypen vor, z. B. die Einbindung von Lernzielen und Ablaufplänen für den Typ „Vorlesungsbegleitung“. Ferner definieren wir Prinzipien etwa für die leichte Auffindbarkeit, klare Strukturierung und gestalterische Organisation, Interaktionsmöglichkeiten wie Kommunikations- und Feedbackkanäle sowie aktivierende Elemente wie Peer-Prozesse und Möglichkeiten zum Self-Assessment. Unser Ziel ist es, Verbesserungspotentiale von Moodle-basierten Kursen aufzuzeigen und Lehrende in diesen Kompetenzen zu stärken.

**1. Problemstellung**

Lernmanagementsysteme (LMS) wie z. B. Moodle sind im Zeitalter der Digitalisierung ein fester Bestandteil der Hochschullehre, der nicht mehr wegzudenken ist - sowohl aus didaktischer, technischer als auch struktureller Sicht. Sie ermöglichen moderne Lehr-/Lernszenarien, indem sie digitale Tools als „zusätzliche Möglichkeiten für individualisiertes und kollaboratives Lernen“ (Wissenschaftsrat, 2022) bereitstellen. Um das Potential voll auszuschöpfen, sollten die Moodle-Kurse Elemente zur Interaktion zwischen Studierenden, Lehrenden und LMS enthalten. Eine kollaborative Gestaltung der Moodle-Kurse kann einen positiven Einfluss auf den individuellen Wissenserwerb, die Gruppenleistung, die soziale Interaktion und den Erwerb von Fähigkeiten haben (Mayweg, 2022). Auch das Kurs-Design kann die Zufriedenheit der Studierenden mit dem Moodle-Kurs positiv beeinflussen (Agyeiwaah, et al., 2022).

Eine stichprobenartige Evaluation der Moodle-Kurse an der TH Augsburg zeigte erheblichen Verbesserungsbedarf hinsichtlich ihrer Interaktivität und ihrem Design. Zwei Mitarbeitende des Didaktik-Medien-Zentrums (DMZ) bewerteten die Interaktivität der Kurse anhand eines eigenen dreistufigen Kategoriensystems (keine, regelmäßige, sehr viele) und das Design in Hinblick auf Klarheit, Benutzerfreundlichkeit und Ästhetik. Die meisten untersuchten Kurse hatten gar keine interaktiven Elemente. Schwächen im Design waren beispielsweise mangelnde Instruktionen, überfüllte Abschnitte oder keine klare Struktur.

Anlässlich der vorliegenden Ergebnisse hat sich die TH Augsburg zum Ziel gesetzt, die Qualität der Moodle-Kurse unter dem Motto „Moodle-Next-Level“ zu verbessern. In einem ersten Schritt befasste sich das Team mit Interaktivität und Design der Kurse. Folgender Artikel beschreibt die stichpunktartige Analyse vorhandener Kurse durch das DMZ und erläutert die entwickelten Guidelines und geplanten Weiterbildungskonzepte.

## 2. Theorie und Recherche

Ein guter Moodle-Kurs sollte nicht nur informativ und klar strukturiert sein, sondern auch über ein ansprechendes Design und interaktive Elemente verfügen, um den Lernprozess von Lernenden zu unterstützen und die Motivation zur Nutzung der Moodle-Kurse zu erhöhen: Design, im Kontext von Moodle-Kursen, beziehen wir auf den gestalterischen Aufbau in der Lernplattform, der Aspekte wie Ästhetik, Struktur, Klarheit und Layout umfasst. Es geht um die visuelle und strukturelle Gestaltung des Kurses, die dazu beitragen soll, die Lerninhalte ansprechend, übersichtlich und verständlich zu präsentieren. Die Qualität und Präsentation von Instruktionen sind entscheidend für den Erfolg von LMS-Kursen. Unklare Formulierungen können Studierende frustrieren (Gabriel & Pecher, 2020), während ein ansprechendes Design durch eine klare Struktur, einen übersichtlichen Aufbau und grafische Elemente die Motivation und Zufriedenheit der Studierenden erhöhen kann (Hancock, 2004; Scribner, 2007; Glore, 2010).

Das Thema Interaktivität und dessen Einfluss auf die Zufriedenheit und das Lernverhalten von Studierenden auch im Kontext des Einsatzes von LMS ist in der Bildungsforschung von großer Bedeutung. Interaktivität hat einen positiven

Einfluss auf die Zufriedenheit der Studierenden (Nguyen, 2021; Croxton, 2014) und kann das Lernverhalten fördern und die Lerneffekte verbessern (Weaver et al., 2008). Eine höhere Interaktivität zwischen Lehrenden und Studierenden kann auch zu einer höheren Lernwirksamkeit führen (Sun et al., 2022).

Die Ergebnisse unserer Literaturrecherche stimmen mit den Resultaten einer eigenständig durchgeführten Internetrecherche zu bestehenden Tutorials und Videos zum Thema guter Moodle-Kurse überein. Für die Internetrecherche wurden deutsche und englische Schlagwörter zu den Bereichen Moodle, Design, Struktur, Formate, Aufbau, Übersichtlichkeit und Interaktivität in Google.de eingesetzt. Dabei wurden 45 Videos und 39 Webseiten identifiziert, die zeigen, dass Interaktivität, Übersichtlichkeit, grafische Gestaltung und klare Instruktionen für die erfolgreiche Gestaltung eines Moodle-Kurses von Bedeutung sind, was sich mit den theoretischen Grundlagen deckt. Darunter beispielsweise ein Moodle-Guide der North Carolina State University (Best Practices, o.D.), oder YouTube-Videos von future teaching (future teaching, o.D.) oder Captain Moodle (Captain Moodle, o.D.).

Des Weiteren wurden Überschneidungen mit den Ergebnissen eines eigenen Workshops „The Good, the bad and the ugly – Towards better organized moodle courses“ auf der Konferenz *MoodleMootGlobal 2022* festgestellt. Dort diskutierten am 27.09.22 über 50 Moodle-Expert:innen (Lehrende und Betreuende von Hochschulen und Universitäten) in einem Workshop zum Thema Kursgestaltung. Insbesondere eine klare Struktur, detaillierte Instruktionen, kein Überladen der Kurse und Hilfestellungen wie Einleitungen und Lernziele wurden als bedeutende Kriterien hervorgehoben. In Kapitel 4 werden diese exemplarisch erläutert.

Statische Elemente 161.737		Interaktive Elemente 35.327	
Buch	673	Aufgabe	10142
Verzeichnis	5564	Chat	282
Textfeld	26848	Abstimmung	893
Textseite	5186	Gruppenwahl	1131
Datei	97802	Datenbank	214
Link	26337	Feedback	1845
		Forum	9830
		Glossar	377
		H5P	2805
		Lektion	127
		Befragung	893
		Test	5563
		Gerechte Vert.	120
		Planer	429
		Umfrage	8
		Wiki	603
		Gegens. Beurt.	65

Statisch vs. Interaktiv

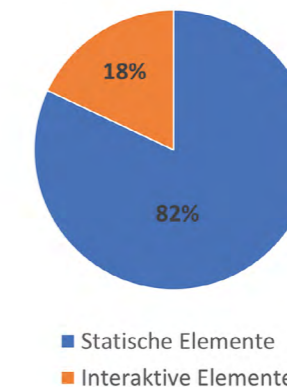


Abb. 1: Verteilung von statischen und interaktiven Elementen in den untersuchten Moodle-Kursen (5300 Kurse).

## 3. Analyse der Ausgangssituation an der THA

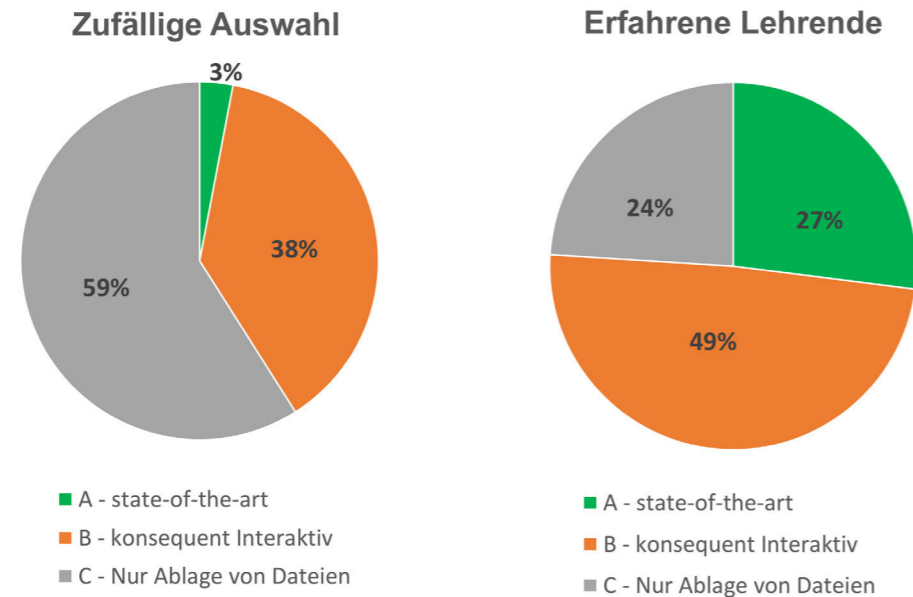
Die Moodle-Instanz der TH Augsburg hat ca. 5300 Kurse (aktiv und inaktiv) und ca. 11.500 Nutzer, bei täglich ca. 2500 Personen, die sich in Moodle einloggen. Um Maßnahmen zur Verbesserung der Moodle-Kurse entwickeln zu können, wurde eine punktuelle Analyse der bestehenden Situation an unserer Hochschule durchgeführt. Dazu wurden in der Moodle-Admin-Ansicht die Summen der Elemente (interaktiv vs. statisch) aller Kurse analysiert. Anschließend wurden stichpunktartig beliebige Kurse und Kurse von erfahrenen Moodle-Nutzern überprüft. Das Vorgehen wird im Folgenden noch genauer erläutert. Die Analyse ergab zusammenfassend, dass die Kurse an der TH Augsburg im Durchschnitt noch zu wenig interaktiv sind und Verbesserungspotential im Bereich des Kurs-Designs besteht.

Zunächst wurden alle Elemente aller existierenden Kurse in die Kategorien statisch und interaktiv aufgeteilt (siehe Abb. 1). Dabei ergab sich eine Gesamtverteilung von 18% interaktiven Elementen zu 82% statischen Elementen. Die häufigsten (statischen) Elemente waren dabei Datei (97.802), Textfeld (26.848) und Link (26.337). Das häufigste interaktive Element ist die Aufgabe (10.142), gefolgt von Test (5563).

Anschließend wurden 34 zufällig ausgewählte Moodle-Kurse unserer eigenen Hochschule analysiert. Die Analyse umfasste eine Bewertung der Qualität hinsichtlich Design und Interaktivität. Zunächst wurden alle Kurse in drei Qualitätskategorien A, B und C eingestuft. Dabei entspricht C einer reinen Datei-Ablage ohne jegliche weiteren Aktivitäten oder Interaktionen. Unter B fallen Kurse mit regelmäßigen strukturierten Interaktionen, zum Beispiel mit wöchentlichen Abgaben. Mit A



Abb. 2: Verteilung der Kategorien A, B und C.



sind State-of-the-art-Kurse gemeint, mit wöchentlichen Abgaben, mehreren Foren, Tests, Gruppenarbeiten und weitere Aktivitäten. Das Design (Aufbau, Klarheit, Ästhetik) wurde durch eine Einteilung in schlecht/mittel/gut von Mitarbeitenden des DMZ beurteilt. 20 Kurse (59%) entsprachen der Kategorie C. 13 Kurse (38%) entsprachen der Kategorie B. Nur 1 Kurs (3%) entsprach der Kategorie A (siehe Abb. 2, links).

In einem zweiten Schritt wurden insgesamt 41 Kurse von engagierten Lehrenden, die dem DMZ als digitale Pioniere bekannt sind und verschiedene digitale Tools erfolgreich in ihre Lehre einsetzen, analysiert. 10 Kurse (24%) entsprachen der Kategorie C, 20 Kurse (49%) der Kategorie B und 11 Kurse (27%) der Kategorie A (siehe Abb. 2, rechts).

Wir stellen fest, dass über die Hälfte der Kurse an der TH Augsburg nur als Datei-Ablagen genutzt werden. Viele Kurse, auch von erfahrenen Lehrenden, haben Schwächen in Struktur und Design. Das Verbesserungspotenzial ist also sehr groß.

Abb. 3: Übersicht der Guidelines im Bereich Struktur und Gestaltung.

Übersicht der Guidelines im Bereich Struktur & Gestaltung		
Lesefluss	Ästhetik	Struktur
Vermeidung Wall of Text	Buttons	Wöchentlich vs. Thematisch
Horizontalen Linien	Grafiken, Bilder oder Icons	Formate für Vorlesungen
Nutzung von Textseiten	Banner	Wöchentliche Struktur
Elemente Einrücken	Formaten	Sequenzierung von Inhalte
Nutzung von weißen Flächen	Barrierefreiheit	Leere Abschnitte
Nutzung von Verzeichnissen		Aktivitäten
Einsatz von Zwischenüberschriften		Kontaktaten
HSP Materialien (zb. Timeline)		Kalender
Klickbare Links		Neue Aktivitäten
Verstecken von Abschnitten		
Verstecken von Materialien & Aktivitäten		
Konsistente Benennung von Materialien		
Aussagekräftige Titel		
Abschnittstiel anpassen		

Abb. 4: Übersicht der Guidelines im Bereich Didaktik.

Übersicht der Guidelines im Bereich Didaktik		
Informationen	Interaktivität	Prüfungen
Einleitungen	Foren, Feedback, Abschlussverfolgung	Bewertungskriterien
Zusammenhang mit Präsenz	Bonuspunkte & Aktivitäten	Statistiken nach Prüfungen
Lernziele	Peer assessment, Quizze	
Beschreibungsfelder Abschnitte	Selbstevaluation & Übungsklausuren	
Beschreibungsfelder Aktivitäten	Wikis & Cloud-Dokumente	
Templates für Studierende	Gruppen bilden	
	Gruppenfunktionen	

#### 4. Guidelines für gute Kurse

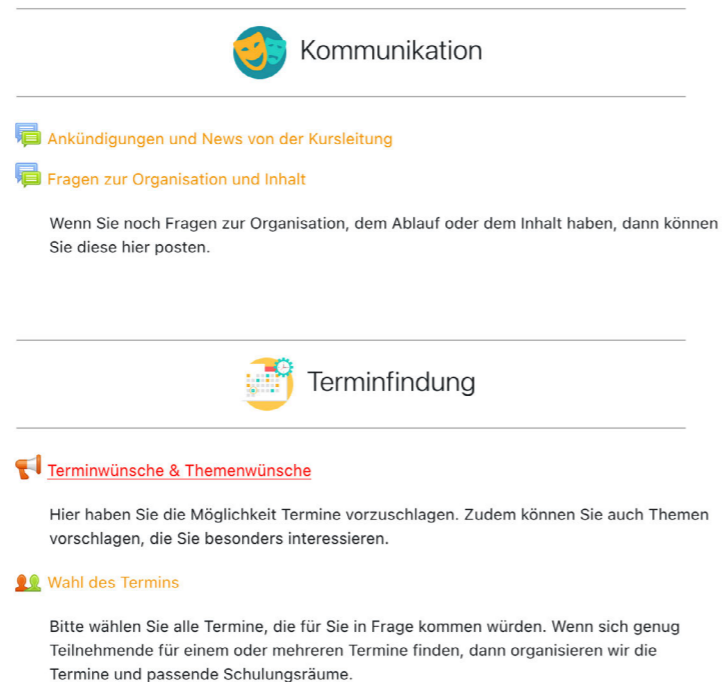
Alle Erkenntnisse aus der Literaturrecherche, dem Workshop auf der MoodleMootGlobal Konferenz und den Analysen der eigenen Kurse werden von Mitarbeitenden des DMZ zu Richtlinien und Guidelines ausgearbeitet. Eine Übersicht aller Guidelines wird in den Abbildungen 3 und 4 dargestellt. Im Folgenden werden exemplarisch einige Punkte genauer erläutert.

#### Struktur und Gestaltung

Im Zentrum steht die Strukturierung und Gestaltung von Moodle-Kursen im Hinblick auf ihre Struktur, die Ästhetik und den Lesefluss. Gelingen kann das durch die einheitliche Benennung von Kursinhalten, die Verwendung von Zwischenüberschriften, Einrückungen und Trennstrichen. Darüber hinaus kann die Ästhetik von Kursen maßgeblich von Grafiken, Bildern oder Icons profitieren.

Ein gutes Beispiel ist die Kombination von Zwischenüberschriften mit Icons, die gut für größere Kurse mit wöchentlichen Abgaben und mehr Interaktion geeignet sind. Zwischenüberschriften mit Icons bieten die Möglichkeit, eine zweite

Abb. 5: Trennung von Inhalten mit horizontalen Linien, Icons und Zwischenüberschriften.



klare Ebene einzufügen, um innerhalb der wöchentlichen Abschnitte zwischen Materialien, Videos oder Aufgaben trennen zu können. Die zusätzlichen Zwischenüberschriften mit gleichbleibenden Icons helfen den Studierenden, den Überblick zu behalten und die Struktur des Kurses zu verstehen (siehe Abb. 5).

Die Lernplattform Moodle stellt verschiedene Möglichkeiten zur Strukturierung von Kursen zur Verfügung. Darunter fallen die Abschnitte, Kursformate oder Textseiten. Die Auswahl des geeigneten Formats zur Grundstrukturierung des Kurses hängt hierbei von verschiedenen Faktoren ab und erfordert eine sorgfältige Planung. Je nach Art der Lehrveranstaltung kann eine unterschiedliche Strukturierung notwendig sein. Bei einem wöchentlichen Kurs ist es evtl. sinnvoll, die Lerninhalte nach Datum und Thema zu gliedern. Man kann

innerhalb jedes Abschnitts Skripte, Aufgaben und Tests bereitstellen, auf die sich die Studierenden jede Woche vorbereiten. Bei einem größeren Projektseminar hingegen, bei dem ein übergeordnetes Thema sukzessive bearbeitet wird, empfiehlt es sich, die Materialien anders anzuordnen. Hier wäre es beispielsweise sinnvoll, einen Abschnitt mit allgemeinen Informationen und einen weiteren Abschnitt für die Themenschwerpunkte anzulegen, die nur für die Gruppen sichtbar sind, die das jeweilige Thema bearbeiten.

#### Didaktik

Moodle-Kurse sind Teile des Lehrkonzepts und sollten daher genauso wie die Inhalte und Methoden in Präsenzsitzungen gut durchdacht und aufeinander abgestimmt sein. Die

Verzahnung zwischen den Elementen in den Moodle-Kursen und den Präsenzkursen muss deutlich gemacht werden. Insbesondere je mehr Interaktion im Moodle-Kurs stattfindet.

Studierende finden sich in Moodle-Kursen schneller zurecht, wenn der Zusammenhang zwischen dem Moodle-Kurs und der Präsenzveranstaltung explizit dargestellt wird. Oft fehlen jedoch am Anfang des Kurses wichtige Informationen und den Studierenden fällt es schwer, sich einen Überblick über die Inhalte zu verschaffen oder verstehen die Reihenfolge der Abarbeitung nicht. Um Studierende dabei zu unterstützen, empfiehlt es sich, im ersten Abschnitt des Moodle-Kurses kurz und knapp den Zusammenhang zur Präsenzveranstaltung herzustellen. Man sollte erläutern welche Aufgaben online und welche in Präsenz bearbeitet werden sollen. Es ist auch wichtig, den Studierenden gleich zu Beginn die Lernziele zu kommunizieren. Diese geben einen Überblick darüber, worum es in dem Kurs geht und erleichtern die Orientierung.

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, um die Interaktionen der Studierenden mit der Lernumgebung, anderen Studierenden und Lehrenden zu fördern. Dazu gehören reguläre Tests und H5P-Elemente, Peer Assessment und zeitnahes Feedback. Allerdings scheuen Lehrende oft komplexere Online-Interaktionen, da der Arbeitsaufwand als hoch eingeschätzt wird, insbesondere dann, wenn automatisiertes Feedback nicht möglich ist. Hier könnte man Peer Assessment einsetzen. Hierbei bewerten die Studierenden gegenseitig ihre Arbeit. Mit der Aktivität „Gegenseitige Beurteilung“ können Lehrende die Studierenden in Gruppen oder einzeln ihre eigenen Lernprodukte (Recherchen, Konzeptionen usw.) hochladen lassen und von anderen Studierenden bewerten lassen. Um die Qualitätssicherung zu gewährleisten, sollten gut dokumentierte

Beurteilungsbögen zur Verfügung gestellt werden. Peer Review zeichnet sich als Lernmethode aus, die Lernergebnisse direkt beeinflussen kann (Herzog, et al., 2018).

## 5. Fortbildungsmaßnahmen

Um Lehrenden die Prinzipien und Unterstützungsmaßnahmen für die Gestaltung von Moodle-Kursen zur Verfügung zu stellen, werden an der Hochschule Augsburg eine Vielzahl von Maßnahmen entwickelt.

Zur selbständigen Weiterbildung bieten sich thematische Kurz-Guides auf der Webseite der Hochschule, Check-Listen zur Erstellung von Kursen sowie YouTube-Videos an, insbesondere für die Design-Prinzipien.

Es ist hilfreich, Best-Practice-Kurse zur Verfügung zu stellen, um realistische Beispiele als Vorlage nutzen zu können. Ein Beispiel hierfür sind diverse nach verschiedenen Kriterien gestaltete State-of-the-art Kurse, die detailliert zeigen, wie das volle Potential in den Bereichen Design und Interaktion genutzt werden könnte. Mit Kurs-Templates haben Lehrende anpassbare Grundgerüste für ihre eigenen Kurse.

Coaching-Konzepte können ebenfalls von Vorteil sein, da regelmäßige Reflexionsgespräche vor, während und nach der Veranstaltungsreihe stattfinden können. Kurseinreichungen können Lehrenden mit wenig Zeit helfen, da diese vom DMZ analysiert werden und konkrete Rückmeldungen und Vorschläge zur Verbesserung erfolgen können. Für neue Lehrende kann ein Onboarding-Konzept hilfreich sein, um die Grundlagen für erfolgreiche Moodle-Kurse frühzeitig zu legen.

## 6. Ausblick

Für die Zukunft sind diverse Weiterbildungsmaßnahmen geplant, die sich an unterschiedliche Zielgruppen richten und den individuellen Bedürfnissen der Lehrenden gerecht werden sollen. Hierzu zählen unter anderem Selbstlernmaterialien, praxisorientierte Best-Practice-Beispiele sowie Weiterbildungsszenarien in Präsenz, einschließlich Onboarding und Coaching.

Eine nachgelagerte Evaluation der Wirksamkeit der Maßnahmen ist sinnvoll, um die Breitenwirkung der durchgeführten Verbesserungen und Anpassungen angemessen beurteilen zu können. Die Evaluationen werden voraussichtlich zwei Semester nach der Implementation der Weiterbildungsmaßnahmen durchgeführt um die Wirkung der Maßnahmen einschätzen zu können.

### Danksagung

Diese Arbeit wurde teilweise gefördert aus Mitteln des Projektes *gP cycle – mit digitalen Innovationen Studierfähigkeit erhöhen und Lehre professionalisieren*, Stiftung Innovation in der Hochschullehre.

### Literatur

Agyeiwaah, E., Baiden, F. B., Gamor, E. & Hsu, F. (2022). Determining the attributes that influence students' online learning satisfaction during COVID-19 pandemic. Abgerufen von <https://doi.org/10.1016/j.jhlste.2021.100364>

Best Practices for Designing Your Moodle Course. (o.D.). North Carolina State University. Abgerufen von <https://teaching-resources.deltanctu.edu/best-practices-for-designing-your-moodle-course>

Captain Moodle. (o.D.). Videos. Abgerufen von <https://www.youtube.com/@CaptainMoodle/videos>

Croxton, R. (2014). The Role of Interactivity in Student Satisfaction and Persistence

in Online Learning. MERLOT Journal on Online Learning and Teaching. Abgerufen von [https://jolt.merlot.org/vol10no2/croxton\\_0614.pdf](https://jolt.merlot.org/vol10no2/croxton_0614.pdf)

Future teaching. (o.D.). Videos. Abgerufen von [https://www.youtube.com/channel/UCq0UAFpT1l3caJctUaJqbtw/videos?view=0&sort=p&shelf\\_id=0](https://www.youtube.com/channel/UCq0UAFpT1l3caJctUaJqbtw/videos?view=0&sort=p&shelf_id=0)

Gabriel, S., & Pecher, H. (2020). Chancen, Herausforderungen und Entwicklungsaufgaben für eLearning an Hochschulen: Eine qualitative Studie aus Studierendenperspektive. R&E-SOURCE. Abgerufen von <https://journal.ph-noe.ac.at/index.php/resource/article/view/824>

Glore, P. (2010). Identifying motivational strategies to engage undergraduate learning in web-based instruction. (Doctoral dissertation, Capella University). Retrieved October 14, 2010, from Dissertations & Theses: Full Text Database. (Publication No. 3422080)

Hancock, D. (2004). Improving the Environment in Distance Learning Courses Through the Application of Aesthetic Principles, Graduate Theses and Dissertations. Abgerufen von <https://scholarcommons.usf.edu/etd/1065>

Herzog, M. A., Katzlinger-Felhofer, E. & Franz, L. (2018). Digitales Peer Review in der Hochschullehre. Wie eine Evaluationsmethode den Lernprozess direkt unterstützt. Abgerufen von [https://www.researchgate.net/publication/328315251\\_Digitales\\_Peer\\_Review\\_in\\_der\\_Hochschullehre\\_Wie\\_eine\\_Evaluationsmethode\\_den\\_Lernprozess\\_direkt\\_unterstuetzt](https://www.researchgate.net/publication/328315251_Digitales_Peer_Review_in_der_Hochschullehre_Wie_eine_Evaluationsmethode_den_Lernprozess_direkt_unterstuetzt)

Mayweg, E. (2022). Wie der Einsatz von (digitalen) kollaborativen Lernformen in der Hochschullehre gelingt – Einblicke in die aktuelle Forschung. Abgerufen von <https://hochschulforumdigitalisierung.de/de/blog/einsatz-von-digitalen-kollaborativen-lernformen>

Nguyen, N. (2021). A study on satisfaction of users towards learning management system at International University – Vietnam National University HCMC. Abgerufen von <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1029313221000336>

Romero, N., Wangler, M. & Kipp, M. (2019) Der Lehre eine Homepage oder wie man ein LMS hochschulweit neu startet. In: Tagungsband zum 4. Symposium zur Hochschullehre in den MINT-Fächern, Nürnberg

Scribner, D. (2007). High school students' perceptions: Supporting motivation to engage and persist in learning. (Doctoral dissertation, Capella University). Retrieved February, 28, 2008, from Dissertations & Theses: Full Text Database. (Publication No. 3288869)

Sun, H., Sun, T., Sha, F., Gu, X., Hou, X., Zhu, F. & Fang, P. (2022). The Influence of Teacher-Student Interaction on the Effects of Online Learning: Based on a Serial Mediating Model. Abgerufen von <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8966226/>

Weaver, D., Spratt, C., & Nair, C. S. (2008). Academic and student use of a learning management system: Implications for quality. *Australasian Journal of Educational Technology*, 24(1).

Wissenschaftsrat (2022). Empfehlungen zur Digitalisierung in Lehre und Studium. Köln. <https://doi.org/10.57674/sg3e-wm53>

### Angaben zu den Autoren

#### Nicolas Romero

Stellvertretender Leiter Didaktik-Medien-Zentrum, Experte für Lernmanagementsysteme, zuvor Projektmanagement bei <https://eins+null.de/>

#### Andreas Geppert

Projektmitarbeiter gP cycle, Didaktiker, Bildungswissenschaftler

#### Michael Kipp

Leiter des Didaktik-Medien-Zentrums, Professor an der Fakultät Informatik der TH Augsburg

# Netzwerk von Lernräumen für projektorientiertes Lernen an der TU Ilmenau

Nicola Henze, Matthias E. Testa, Sabine Fincke, Isabel Weber, Claudia HaaBengier  
TU Ilmenau

## Zusammenfassung

Die Entwicklung von Methoden- und Handlungskompetenzen Studierender in komplexen Problemlösungsprozessen sowie die Befähigung zum kollaborativen Lernen und Arbeiten muss gezielt gefördert werden. Dazu erhalten Studierende die Möglichkeit, in (interdisziplinären) Teams an Entwicklungen von Prototypen mitzuarbeiten oder eigene Projekte durchzuführen. Für die Umsetzung hierfür nötiger didaktischer Szenarien ist eine passende und flexible Gestaltung von Lernräumen und des Ressourcenmanagements erforderlich.

Um Lernräume und Angebote für die Studierenden einfach nutzbar zu machen, wurde das „Blended Makerspace“-Konzept ausgearbeitet. Realisiert als FabLab@TU-Ilmenau sind damit nun Ressourcen und realisierte Projekte verschiedener Akteure zentral beschrieben, Zugangsmöglichkeiten erklärt und Reservierungsmöglichkeiten vorgesehen. Diese Arbeiten zur Unterstützung der MINT-Lehre werden maßgeblich im Rahmen der Projekte examING<sup>1</sup> und Ilmkubator<sup>2</sup> an der TU Ilmenau vorangetrieben.

<sup>1</sup> Gefördert durch die Stiftung Innovation in der Hochschullehre

<sup>2</sup> Gefördert aus Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) in der Linie EXIST Potentiale, Projektträger Ptl

## 1. Motivation und Ausgangslage

Ingenieure haben effiziente und effektive Lösungen für komplexe technische Probleme zu schaffen und zukunftssträchtige Technologien zu entwickeln. Die Arbeitsweise von Ingenieuren ist zunehmend durch eine interdisziplinäre und agile Bearbeitung von Projekten in Teams geprägt. Problemlösungskompetenz, Kreativität, unternehmerisches Denken und Handeln sowie Dialog- und Konfliktfähigkeit sind hierfür relevante Kompetenzen. Das Ermöglichen von aktivierenden und motivierenden Lernsituationen an Universitäten ist deshalb eine wichtige institutionelle Aufgabe und Herausforderung, um Studierende neben einer exzellenten wissenschaftlichen Ausbildung, auch mit den erforderlichen Kompetenzen auszustatten, um nach dem Studium selbstverantwortlich und kompetent zu agieren, weiter zu lernen und innovativ gestalterisch tätig zu sein. Dies ist auch wichtig im Hinblick auf die von der europäischen Kommission geforderten „employability“ (European Commission, 2018).

## Rahmenbedingungen in der Ingenieurausbildung an der TU Ilmenau

Jedem Studierenden der TU Ilmenau wird die Möglichkeit eingeräumt, von Studienbeginn an praktische Erfahrungen in der Nutzung spezieller Technologien sowie in Entwicklungsprozessen und Projekt- und Teamarbeit in unterschiedlichen Kontexten sammeln zu können und dabei fachkundige Begleitung zu nutzen:

- An der TU Ilmenau erlaubt das „Gemeinsame ingenieurwissenschaftliche Grundlagenstudium“ (GiG) einen studiengangsübergreifenden Einstieg in das Ingenieurstudium.
- Fachbezogene und curricular verankerte Formate des projektorientierten Lernens in Teams – z.B. in Form von Softwareprojekten, Projektseminaren, Konstruktionsbelegen – bieten besonders in höheren Semestern Möglichkeiten zur Kompetenzentwicklung.
- Die Erprobung des BASIC-Lehrkonzeptes ([www.tu-ilmenau.de/basic](http://www.tu-ilmenau.de/basic)) führte zu zusätzlichen Angeboten in der ingenieurpraktischen Ausbildung insbesondere für die Studieneingangsphase (Geigenmüller et al., 2021).

## Herausforderungen in der Umsetzung

Herausforderungen ergeben sich bei der Ausgestaltung von authentischen und ansprechenden Lernräumen. Diese sollen flexibel zugänglich und nutzbar sein, sowie eine effektive Team- und Projektarbeit unterstützen. Vorhandene Lernräume wurden deshalb schrittweise ausgebaut und weiterentwickelt.

Ziel ist es, einen transparenten Zugang für ingenieurpraktische und projektorientierte Lernangebote zu schaffen. Nach einer kurzen Darlegung unserer didaktischen Überlegung (Kap. 2) beschreiben wir die dezentral verorteten Ressourcen

(Kap. 3). Im Projekt examING wurde zur Unterstützung und Nutzbarmachung der Lernorte das „Blended Makerspace“-Konzept entwickelt (Kap. 4). Im darauffolgenden Abschnitt wird unsere Umsetzung als FabLab@TU-Ilmenau vorgestellt.

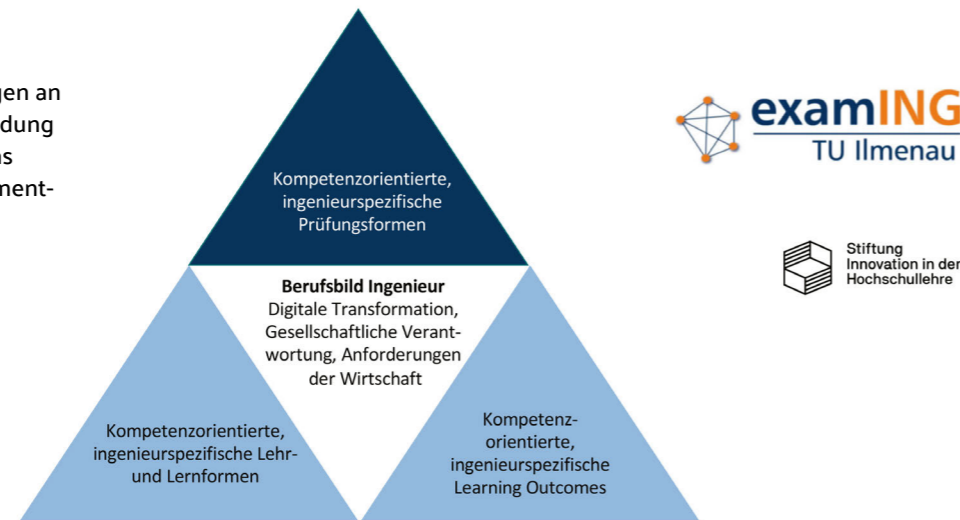
## 2. Didaktische Konzepte

Um die Entwicklung der oben beschriebenen Kompetenzen zu erreichen, müssen Lernsituationen geschaffen werden, die – im Sinne einer Ermöglichungsdidaktik (Deutsches Institut für Erwachsenenbildung, 2015) – den Studierenden die erforderlichen Freiräume bieten, um sich selbst einzubringen, in einer positiven Fehlerkultur Dinge auszuprobieren und erworbenes Wissen in praktischen Projekten zu erproben und zu festigen. Sie lernen damit, „kompetent mit Technologie umzugehen und vom passiven Konsumenten zum selbstbewussten Produzenten zu werden“ (Bergner, 2017).

Um diese Konzepte künftig noch zielgerichteter in der curricularen Lehre für Bachelor-Ingenieurstudierende zu verankern, befasst sich das Projekt examING an der TU Ilmenau ([www.tu-ilmenau.de/examing](http://www.tu-ilmenau.de/examing), siehe auch Kap. 4) damit, das Spektrum der Möglichkeiten zur Erbringung kompetenzorientierter ingenieurspezifischer Studienleistungen zu erweitern, neue Settings zu erproben und benötigte Infrastruktur dafür weiterzuentwickeln. Die Einordnung der im Projekt bearbeiteten Aufgaben verdeutlicht Abb. 1 in Anlehnung an das Constructive Alignment-Konzept (Biggs & Tang, 2011).

Bei der Umsetzung setzen wir auf eine Basisinfrastruktur mit einem Netzwerk von Lernräumen, die praktische, projektorientierte Arbeit über verschiedene Fachrichtungen hinweg fördert. Inspiriert durch die FabLabs und die Makerbewegung (vgl. z.B. Gershenfeld, 2006) entstehen verschiedene offene

Abb. 1: Anforderungen an die Ingenieurausbildung in Anlehnung an das Constructive Alignment-Konzept.



Labs, die miteinander vernetzt sind und Lernenden die erforderliche Ausstattung an Werkzeugen, Maschinen und Arbeitsplätzen für unterschiedlichste Projekte und Zielsetzungen zur Verfügung stellen (siehe Kap. 5).

Die FabLabs sind damit einerseits Orte des Machens, an denen Dinge entstehen, aber auch Orte des Austausches, des Lernens, der Kooperation und des Transfers. Andererseits lernen die Nutzenden durch die Erfahrung, etwas selbst herzustellen. Sie betreiben sich gegenseitig und erwerben dabei wertvolle Kenntnisse über Maschinen, Materialien, Designprozesse und die Technik, die in Erfindungen und Innovationen einfließt, wie von der Fab Foundation beschrieben (Fab Foundation, 2023). Das Zusammenspiel der drei großen Bereiche Make – Learn – Share ist in Abb. 2 dargestellt.

In Studien wurde bereits nachgewiesen, dass FabLabs einen positiven Einfluss auf Teamkommunikation und Selbstwirksamkeit der Studierenden haben (Andrews & Roberts, 2017) und das Studienergebnis insgesamt positiv beeinflussen (Hilton, Nagel & Linsey, 2018).

### 3. Orte der praktischen Ausbildung

Dieser Abschnitt bietet einen Einblick in die Vielfalt der dezentral verorteten Akteure, die Studierenden ingenieurpraktische Lernmöglichkeiten am Campus bereitstellen – ergänzend zu den curricular verankerten Praktika und Möglichkeiten zum Prototypenbau in den Laboren. Diese bereits vorhandenen gewachsenen Strukturen werden aktiviert und für die Lernenden transparent zugänglich gemacht.

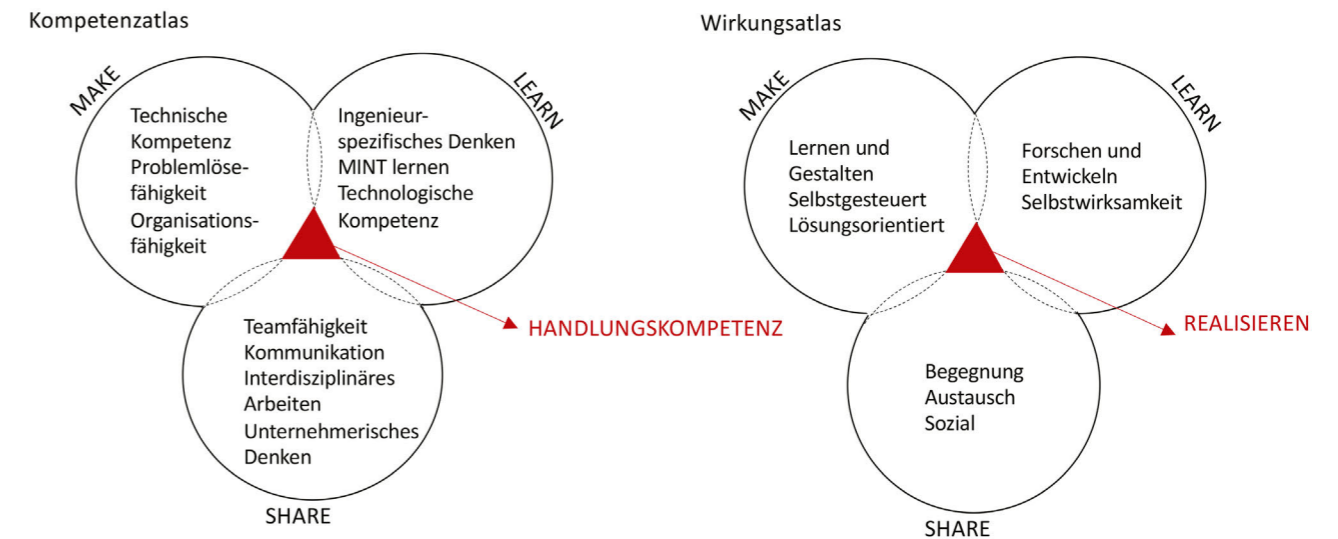


Abb. 2: Zusammenwirken der FabLab-Bereiche Make, Learn und Share.

UNIKAT ist eine studentisch initiierte und geführte Werkstatt für Schüler:innen und Studierende, die rund um die Uhr zugänglich ist. Im zentralen Campus-Bereich gelegen kann diese für die Umsetzung eigener Projekte und Ideen sowie den Austausch unter „Makern“ genutzt werden. Angeboten werden auch spezielle Workshops und Events wie z.B. zu Themen wie 3D-Druck, Löten, Arduino-Programmierung, Umgang mit speziellen Maschinen sowie fachlich betreute Öffnungszeiten (OpenLab). [www.tu-ilmenau.de/unikat](http://www.tu-ilmenau.de/unikat)

In der **Lehrwerkstatt** werden auch Workshops z. B. im Bereich Drehen und Fräsen für Studierende und Universitätsangehörige angeboten sowie Projekte von Studierenden im Bereich Mechanik begleitet. [www.tu-ilmenau.de/universitaet/quicklinks/zentralinstitut-fuer-bildung/lehrwerkstatt](http://www.tu-ilmenau.de/universitaet/quicklinks/zentralinstitut-fuer-bildung/lehrwerkstatt)

In der Universitätsbibliothek ist mit der **Lernwelt** ein weiterer multifunktionaler Lehr- und Lernraum entstanden. Dieser wird seit seiner Fertigstellung für projektbasiertes Lernen mit Gruppen dynamischer Größe und Zusammensetzung genutzt. [www.tu-ilmenau.de/universitaet/quicklinks/universitaetsbibliothek/lernen-arbeiten/arbeitsraeume/lernwelt](http://www.tu-ilmenau.de/universitaet/quicklinks/universitaetsbibliothek/lernen-arbeiten/arbeitsraeume/lernwelt)

Mit den **practicING-Angeboten** können insbesondere Ingenieurstudierende ihr Studium von Studienbeginn an um praktische Zusatzangebote erweitern. Die Angebote sind interdisziplinär gestaltet. Die Teilnehmenden werden strukturübergreifend durch Fachgebiete, Lehrgruppen sowie studentische Tutoren begleitet und unterstützt. Themen reichen von ergänzenden Experimenten, praktischen Seminaren und Workshops bis zu komplexen interdisziplinären Projekten in Teams. [www.tu-ilmenau.de/practicng](http://www.tu-ilmenau.de/practicng)

Der **Ilmenauer Ideen Inkubator** (kurz IImkubator) bietet als Gründungsservice den Studierenden, Promovierenden und Mitarbeiter:innen der TU Ilmenau die Möglichkeit, gezielt unternehmerisches Denken und Handeln zu erlernen. Im Sinne der Entrepreneurial Skills Charta (2023) werden zukunftsweisende Kompetenzen wie z.B. visionäres Denken, Kreativität und Kooperationen geschult, sowie die Arbeit in interdisziplinären Teams und die Fähigkeit, Ressourcen zu mobilisieren, gefördert. Die am Rande des Campus-Areals gelegenen Lern- und Arbeitsorte werden z.B. für Workshops, Gründer-Coaching als Coworking- und Kreativräume sowie zur Fertigung von Prototypen genutzt. Besonders unterstützt werden hier EXIST-Gründerstipendiaten, Maßnahmen zum EXIST-Forschungstransfer und die Arbeiten der Teilnehmenden in den IImkubator-Classes.  
[www.tu-ilmenau.de/forschung/service/ilmkubator-gruender-service/page](http://www.tu-ilmenau.de/forschung/service/ilmkubator-gruender-service/page)

Weiterhin nutzen viele Studierende die Mitwirkungsangebote von regional aktiven Vereinen, wie z.B. „Ingenieure ohne Grenzen“ mit regelmäßigen Angeboten wie zum Beispiel Repariertreff, usw., dem Team Starcraft e.V., dem Hochschulfunk (hsf) oder der Forschungsgemeinschaft elektronische Medien e.V. (FEM).

#### 4. Ansatz im Projekt examING

Das Projekt examING hat zum Ziel, innovative, digital gestützte und studierendenzentrierte Ideen für kompetenzorientierte Prüfungen/ Studienleistungen für ingenieurwissenschaftliche Bachelor-Studiengänge zu entwickeln und in die Hochschulpraxis zu bringen.

Besonders im Fokus sind innovative Ansätze zur Weiterentwicklung der benötigten Infrastruktur zur nachhaltigen Verankerung der erprobten Konzepte. Dazu wurde ein sogenanntes **„Blended Makerspace“-Konzept** ausgearbeitet. Darunter ist zu verstehen, dass die Einstiegs- und Orientierungsphase für die Nutzung der FabLab-Angebote digital abgebildet wird. Die Projektdurchführung geschieht dann vor Ort in den verschiedenen Werkstätten und Arbeitsräumen. Fertige Projekte können wiederum in diesem digitalen Raum präsentiert und geteilt und weiterführende Angebote wie beispielsweise Gründungsunterstützung genutzt werden.

Das „Blended Makerspace“-Konzept hilft somit, die spezielle Situation der verteilten Labore an der Universität aufzufangen, indem es diese digital zusammenführt, die speziellen Angebote an den verschiedenen Standorten aufzeigt und eine gemeinsame Buchungsplattform bietet. Kap. 5 beschreibt den aktuellen Stand der Implementierung dieses Konzeptes auf der Basis eines speziell an die Ilmenauer Erfordernisse angepassten FabLabs.

#### 5. FabLab@TU-Ilmenau

Kollaborative physische Plattformen, offene Werkstätten, Hacker- oder Makerspaces, FabLabs, Reparaturcafés usw. haben in den letzten Jahren eine starke Zunahme erlebt und können als Wegbereiter für transformative Wirtschaftsentwicklungen verstanden werden (Lange, 2017). Nach Aryan (Aryan, 2021) bieten FabLabs eine gute Grundlage für eine neue vernetzte Sozialstruktur. Die Investmentkosten für die Ausstattung eines FabLabs (FabLab Charta, 2012) mit den benötigten Maschinen und Werkzeugen belaufen sich auf ca. 100.000 € (Troxler, 2014).

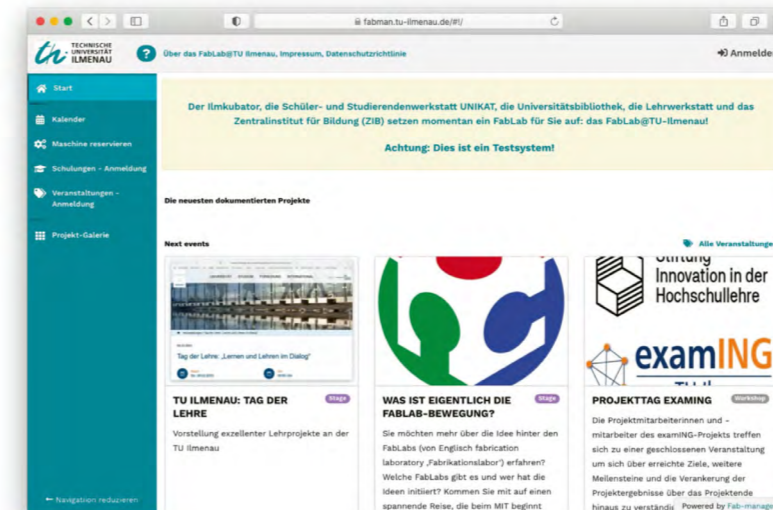


Abb. 3: Screenshot der Digitalen Präsenz des FabLab@TU-Ilmenau.

Es wurde festgestellt, dass ein großer Teil der Infrastruktur an der TU Ilmenau physisch vorhanden, aber auf dem gesamten Campusgelände verteilt ist. Das Ziel der Beteiligten war es, diese Ressourcen sichtbar zu machen und somit eine möglichst vielfältige Nutzung zu ermöglichen. Durch die Transparenz der Angebote können individuelle Unterstützungsszenarien ermöglicht werden, bspw. für Gründungsteams aus dem MINT-Fächern, die zum Prototypenbau verschiedene Werkstätten, Labore und Infrastrukturen nutzen können.

Damit einher geht eine intensive Zusammenarbeit der Lernortbetreiber. In regelmäßigen Treffen mit allen Akteuren wurde und wird sich über aktuelle Entwicklungen, Wünsche und Bedürfnisse ausgetauscht, umsetzbare Konzepte werden erarbeitet und eigenständig und schrittweise umgesetzt. Der Prozess kann auch als Commons-Based Peer Production (Benkler, 2007) betrachtet werden, da alle Beteiligten stets

selbständig entschieden haben, welche der benötigten Tätigkeiten sie übernehmen können und welche Beiträge sie leisten wollen.

#### Das Portal zum FabLab

Mit einem zentralen digitalen Einstieg werden Prozesse des „Blended Makerspace“-Konzeptes abgebildet.

Für die Anbietenden werden dabei redaktionelle Funktionalitäten zur Verfügung gestellt, um

- die Lernräume (Ort, Öffnungszeiten, Zugang, Kontakt, Ausstattung, Einweisungen und Belehrungen) zu beschreiben,
- einzelne Maschinen und Werkzeuge sowie Experimentierumgebungen (z.B. 3D-Drucker, Laser- und Plotter-Schneidemaschinen, Mikrocontroller) zu charakterisieren,

- Tutorien und Workshops anzubieten,
- Belegung und Anmeldungen überprüfen zu können.

Für die Nutzenden werden folgende Optionen angeboten:

- Einstiegs- und Orientierungsbereiche für die Nutzung des FabLabs,
- Möglichkeiten zum intuitiven Recherchieren in den Angeboten,
- ein Buchungssystem von Angeboten,
- die Möglichkeit fertige Projekte zu präsentieren,
- Hinweise zu weiterführenden Angeboten (z. B. Gründungsservice).

Für die aktuelle Umsetzung wird nach umfassender Marktanalyse die Software Fab Manager (Fab Manager, 2023) als Basis genutzt und an die spezifischen Bedarfe der dezentralen Orte adaptiert. Anpassungen waren bisher notwendig hinsichtlich des Bezahlsystems, der Raumreservierung und -zuordnung. Eine Herausforderung ist eine nutzergerechte Strukturierung der Angebotsbeschreibungen. Hierzu wurden Interviews mit Akteuren und Nutzergruppen durchgeführt und Kataloge für die Strukturierung, Metadaten sowie Mustereinträge bereitgestellt. Abbildung 3 zeigt einen Screenshot des implementierten Systems.

Die aktuelle Version wird auf <https://fablab.tu-ilmenau.de> gehostet. Es erfolgt ein kontinuierlicher Ausbau der Inhalte sowie der schrittweise funktionelle Ausbau des Systems. Durch das FabLab-Portal und die Vernetzung der Akteure sind bereits weitere Ideen für praktische Angebote entstanden. Sehr positiv ist die Beteiligung der Studierenden in den Laboren, die auch außerhalb ihres Curriculums engagiert in den Lernorten arbeiten und ihre Projekte vorstellen.

## 6. Fazit und Ausblick

In diesem Beitrag wird die Umsetzung für Lernräume zum individuell initiierten projektorientierten und praktischen Lernen an der TU Ilmenau vorgestellt. Kern des Projekts ist ein standortspezifisches „Blended-Makerspace“-Konzept, um dezentrale Akteure und Ressourcen einzubeziehen und einen transparenten und einfachen Zugang für Lehrende und Studierende zu ermöglichen. Dieses Konzept wird mit dem neu erstellten Portal FabLab@TU-Ilmenau implementiert.

Die Rückmeldungen der beteiligten Lehrenden zeigen, dass die Studierenden durch die Realisierung eigener Projekte unternehmerisches Denken, den Austausch mit anderen sowie gemeinsames Arbeiten lernen. Sie entwickeln dabei die Fähigkeit, ein möglicherweise zunächst unklares Ziel zu spezifizieren, in erforderliche Arbeits- und Erfolgsschritte einzuteilen, diese umzusetzen und die Ergebnisse am Ende zu präsentieren. Weitere Lehrende haben bereits ein Interesse bekundet, die kreativen und praktischen Lernorte zu nutzen.

Zukünftige Arbeiten sind die kontinuierliche Koordinierung des FabLabs, Qualitätssicherung und die Weiterentwicklung des Systems gemäß technologischer und rechtlicher Standards. Die Erweiterung um spezifische Angebote in den technologischen Zentren der Universität und den An-Instituten ist möglich.

## Literatur

Andrews, D. & Roberts, D. (2017). Academic Makerspaces: contexts for research on interdisciplinary collaborative communication. Proceedings of the 35th ACM International Conference on the Design of Communication SIG-DOC '17: ACM Press.

Aryan, V.; Bertling, J. & Liedtke, C. (2021). Topology, typology, and dynamics of commons-based peer production: On platforms, actors, and innovation in the maker movement. *Creat Innov Manag.* 30. 63-79.

Benkler, Y. & Nissenbaum, H. (2006). Commons-based Peer Production and Virtue. *Journal of Political Philosophy* 14 (4), 394-419. DOI: 10.1111/j.1467-9760.2006.00235.x.

Bergner, A. (2017). Make-Design-Innovate. Das Potential des Maker-Movements für Innovation, Kreativwirtschaft und Unternehmen. Coburg: Hochschule für angewandte Wissenschaften Coburg.

Biggs, J. & Tang, C. (2011). *Teaching for Quality Learning at University: What the Student Does* (4. Aufl.). Maidenhead: Open University Press.

Botta, A.; Donato, W. de; Persico, V. & Pescapé, A. (2016). Integration of Cloud computing and Internet of Things. A survey. In *Future Generation Computer Systems* 56, 684-700. DOI: 10.1016/j.future.2015.09.021.

Deutsches Institut für Erwachsenenbildung (2015). Wissensbaustein Ermöglichungsdidaktik. <https://www.die-bonn.de/wb/2015-ermoeglichungsdidaktik-01.pdf> (Download am 08.05.2023).

Entrepreneurial Skills Charta (2023). Stifterverband. <https://www.stifterverband.org/entrepreneurial-skills-charta> (Download am 08.05.2023).

European Commission (2018). Council recommendation on key competences for lifelong learning. 2018/C 189/01, [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.LC\\_2018.189.01.0001.01.ENG&toc=OJ:C:2018:189:TOC](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.LC_2018.189.01.0001.01.ENG&toc=OJ:C:2018:189:TOC) (Aufgerufen 08.05.23).

Fab Foundation (2023). <https://fabfoundation.org/getting-started/#fablabs-full> (Aufgerufen am 29.06.2023).

FabLab Charter (2012). <https://fab.cba.mit.edu/about/charter/> (Aufgerufen am 08.05.2023).

Fab Manager (2023). <https://www.fab-manager.com/> (Aufgerufen am 08.05.2023).

Ferdinand, J.-P.; Petschow, U. & Dickel, S. (Eds.) (2016). *The Decentralized and Networked Future of Value Creation. 3D Printing and its Implications for Society, Industry, and Sustainable Development*. Cham: Springer International Publishing (Progress in IS).

Gershenfeld, N. (2006). Unleash your creativity in a Fab Lab. TED-Talk 02/2006. [https://www.ted.com/talks/neil\\_gershenfeld\\_unleash\\_your\\_creativity\\_in\\_a\\_fab\\_lab](https://www.ted.com/talks/neil_gershenfeld_unleash_your_creativity_in_a_fab_lab).

Geigenmüller, A.; Fincke, S.; Haaßengier, C. (2021). BASIC 2 – Neue Lehr- und Lernformen in der Ingenieurausbildung – insbesondere in der Studieneingangsphase: Schlussbericht. Projektlaufzeit: 01.01.2017-31.03.2021. Technische Universität Ilmenau.

Hilton, E. C.; Nagel, R. L.; Linsey, J. S. (2018). Makerspace Involvement and Academic Success in Mechanical Engineering. 2018 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE), San Jose, CA, USA, 2018, 1-5. DOI: 10.1109/FIE.2018.8658875.

Lange, B. (2017). Open workshops and post-growth economies. Collaborative places as forerunners of transformative economic developments? In Zeitschrift für Wirtschaftsgeographie – The German Journal of Economic Geography 61 (1), 394. DOI: 10.1515/zfw-2016-0029.

Troxler, P. (2014). Fab labs forked: a grassroots insurgency inside the next industrial revolution. Journal of Peer Production, 5, 1-3. <http://peerproduction.net/issues/issue-5-shared-machine-shops/editorial-section/fab-labs-forked-a-grassroots-insurgency-inside-the-next-industrial-revolution> (Download am 08.05.2023).

#### Angaben zu den AutorInnen

##### Dr. Nicola Henze

Wissenschaftliche Mitarbeiterin im Projekt examING, TU Ilmenau, Zentralinstitut für Bildung, Schwerpunkte Hochschuldidaktik, Kompetenzorientiertes und digitales Prüfen.

##### Matthias E. Testa

Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Projekt Ilmkubator an der TU Ilmenau, Schwerpunkt Coaching und FabLab

##### Sabine Fincke

Wissenschaftliche Mitarbeiterin TU Ilmenau, Zentralinstitut für Bildung, Koordination practicING-Angebote, Dipl.-Ing. für Informationsverarbeitung

##### Isabel Weber

Wissenschaftliche Mitarbeiterin im Projekt examING, TU Ilmenau, Zentralinstitut für Bildung, Schwerpunkte Qualitätssicherung, Transfer

##### Dr. Claudia Haaßengier

Geschäftsführende Referentin des Zentralinstituts für Bildung an der TU Ilmenau, Schwerpunkt Curriculumsentwicklung.

## Next-Level Lernen und Lehren: Die Campus-App der TH Augsburg

Corinna List, Lena Wagner, Bianca Fasel, Daniel Neubert, Angela Prochaska, Prof. Dr. Michael Kipp  
Technische Hochschule Augsburg

### Zusammenfassung

Wir präsentieren die Campus-App der TH Augsburg, die innovative, interaktive Lehrmethoden (Peer Instruction) fördert und gleichzeitig typische Interessen von Studierenden (Stundenplan, Mensa etc.) adressiert. Die Einführung didaktischer Methoden (z.B. Gruppenarbeiten) kann herausfordernd sein und involviert oft mehrere Tools. Die App soll in einheitlicher Umgebung didaktische Aktivitäten in Planung (*offline*) und Durchführung (*live*) unterstützen. Für die Konzeption der App wurden mit 35 Studierenden und 10 Lehrenden Design-Thinking-Workshops durchgeführt. Daraus wurden über 40 Featurevorschläge abgeleitet und so priorisiert, dass eine schnelle Verbreitung der App gefördert wird und gleichzeitig didaktischer Mehrwert entsteht. Bei der agilen Entwicklung der App unterstützt ein Expertinnenrat aus Informatik, Wirtschaft und Gestaltung. In einer ersten Studie mit über 250 Studierenden wurden zahlreiche Rückmeldungen zum Bedienkonzept der App, die auf hohe Akzeptanz stieß, gesammelt. Die App wird in zwei weiteren Phasen bis Mitte 2024 finalisiert.

### 1. Einleitung

In diesem Artikel stellen wir die Campus-App der TH Augsburg vor, welche die Interaktion zwischen Lehrenden und Lernenden sowie Lernenden untereinander fördert und die Lehrperson bei der didaktischen Gestaltung der Veranstaltung unterstützt. Dabei wird insbesondere die Implementierung von synchronen Interaktionen in Präsenzformaten (Live-Features) mithilfe digitaler Tools wie Peer Instruction, Vorlesungs-Assistenz und dem Management von Gruppenaktivitäten in den Fokus gerückt.

Die Campus-App ist zentrales Element des Projekts *gP cycle* (2021-24) der TH Augsburg, das zum Ziel hat, die Studierfähigkeit der Studierenden zu erhöhen, die Lehre zu professionalisieren und Lehrinnovationen zu fördern. Wir beleuchten die möglichen Vorteile einer solchen App für Lehrende und Studierende vor und während der Veranstaltung sowie für Studierende im Hinblick auf soziale Vernetzung, das Finden von Lernpartnerinnen und das Bilden von Lerngruppen. Die Einbindung aktueller KI-basierter Technologien wie ChatGPT ermöglicht zudem eine personalisierte Unterstützung der Lehrenden und Lernenden und eröffnet neue Möglichkeiten für den Bildungssektor.

Die Campus-App soll nicht nur primäre Bildungsziele unterstützen, sondern auch als zentraler Hub für eine Vielzahl digitaler Dienste unserer Hochschule dienen (z.B. Moodle, Zoom



und Incom). Weitere wichtige und erwünschte Dienste der App, die für eine hohe Akzeptanz und Verbreitung sorgen, sind die Navigation auf dem Campus, Erinnerungen an wichtige Termine oder die Anzeige des Mensa-Speiseplans.

Die agil entwickelte App folgt einer studierendenzentrierten Konzeption. Der erste Prototyp wird seit Sommersemester 2023 in mehreren Pilotgruppen getestet und zyklisch evaluiert, während parallel an der Implementierung des nächsten Prototyps gearbeitet wird.

In dieser Publikation stellen wir den aktuellen Stand des Projekts dar. Durch die Untersuchung der vielfältigen Potenziale einer Campus-App tragen wir dazu bei, den Bildungsbereich weiter zu transformieren und eine zeitgemäße, digitale Lern- und Lehrumgebung zu schaffen, die den Bedürfnissen der heutigen Studierenden gerecht wird.

## 2. Projekt

Das Projekt *gP cycle* verfolgt eine zentrale Innovationsidee: eine digitale Lifecycle-Plattform, die relevante Ressourcen und Funktionen vereint – die Campus-App.

Studierende und Lehrende sollen entsprechend ihrer Lebenszyklusphase optimal gefördert und mit Peer-to-Peer-Formaten unterstützt werden. Hierbei wird das bereits bekannte Lifecycle-Modell für Studierende auf die Laufbahn von Lehrenden übertragen. Kombiniert mit einem Kompetenzraster und einem Weiterbildungsprogramm samt digitaler Badges soll die Lehre verbessert und die Studierfähigkeit erhöht, sowie Abbruchzahlen und Durchfallquoten reduziert werden. Zudem wird eine stärkere Lehrprofessionalisierung und Modernisierung der Weiterbildung angestrebt. Die Campus-App

vereint dabei als digitales Herzstück wichtige Informationen und lehr- wie lernunterstützende Funktionen.

Das Projekt *gP cycle – Mit digitalen Innovationen Studierfähigkeit erhöhen und Lehre professionalisieren* startete im August 2021 mit einer Laufzeit von drei Jahren am Didaktik-Medien-Zentrum der TH Augsburg. Unter dem Titel *Hochschullehre durch Digitalisierung stärken. Präsenzlehre, Blended Learning und Online-Lehre innovativ weiterdenken, erproben und strukturell verankern* fördert die *Stiftung Innovation in der Hochschullehre* das Projekt mit einem Volumen von 2,2 Millionen Euro.

Neun technische und didaktische Expertinnen entwickeln die App in agilen Prozessen. Scrum erweist sich als ideales Vorgehensmodell, da es die parallele Entwicklung von Prototyp und Konzeption effektiv fördert. Ein Expertinnenrat unterstützt die Softwareentwicklung durch regelmäßige Beratung und Identifizierung von Optimierungspotenzialen. Zum Rat zählen akademische Expertinnen der TH Augsburg aus dem Bereich Software Engineering, Design und Konsumentenpsychologie sowie Usability- und Software-Experten aus der Wirtschaft. Nach einem Jahr Projektlaufzeit wurde Prototyp eins, mit wichtigen Features ausgestattet, erfolgreich in die Testphase mit studentischen Pilotgruppen überführt.

## 3. Konzeption

### Campus-Apps im Vergleich

Im Zuge des Benchmarkings wurde das didaktische Potenzial von 30 Hochschul-Apps betrachtet. Zusätzlich wurden neun kommerzielle Apps analysiert, die explizit zur Verwendung an Hochschulen entwickelt wurden, sowie sieben Apps,

\* Kommerzielle Campus-App \*\* Lehr-Lern-App

Features	Campus	Information	Interaktion	Studienprofil	Individualförderung	Lehrbegleitung
App/Plattform	<b>A</b> Outdoor-Navigation/Fahrpläne	<b>D</b> Wiki	<b>I</b> Chat/Messenger	<b>M</b> Kurssuche	<b>S</b> Lerntagebuch (Ziele, Routinen)	<b>V</b> Didaktische Methoden
	<b>B</b> Indoor-Navigation	<b>E</b> News/Kalender	<b>J</b> Gruppen/Workspaces	<b>N</b> Kurs-/Prüfungsanmeldungen	<b>T</b> Feedback zum Lernerfolg	<b>W</b> Gruppeneinteilung
	<b>C</b> Mensaplan	<b>F</b> Serviceportal	<b>K</b> Projektmanagement	<b>O</b> Stundenplan	<b>U</b> Konzentrationshilfen	<b>X</b> Q&A-Sektion
		<b>G</b> Personensuche	<b>L</b> Mail	<b>P</b> ECTS/Noten		<b>Y</b> Lehrevaluation
	<b>H</b> Karriereportal			<b>Q</b> Semesterbeitrag		
				<b>R</b> Bibliothek		
Uni-App Innsbruck	<b>A B C</b>	<b>E</b>	<b>L</b>	<b>M N P</b>		
Uni-App Freiburg: Studienstart	<b>B C</b>	<b>D E F</b>			<b>S</b>	
UniNow*	<b>B C</b>	<b>E H</b>	<b>I L</b>	<b>O P R</b>	<b>S</b>	
Studo*	<b>B C</b>	<b>D E H</b>	<b>I J L</b>	<b>N O P</b>	<b>S</b>	<b>Y</b>
TUUDO*	<b>A B C</b>	<b>E F G H</b>		<b>N O P R</b>		<b>Y</b>
StudySmarter*			<b>I J K L</b>	<b>M R</b>	<b>S T</b>	<b>X</b>
MobiDics**						<b>V</b>
Engross**		<b>E</b>			<b>S T U</b>	
Oncoo**						<b>V Y W</b>
TeacherStudio**			<b>K L</b>	<b>M O P</b>		

Abb. 1: Hochschul-Apps im Vergleich als Grundlage für die Entwicklung der Campus-App der TH Augsburg.

die Lehren und Lernen fördern, jedoch nicht kategorisch an die Zielgruppen gerichtet sind. Die zehn relevantesten Apps wurden in Bezug auf sechs Feature-Kategorien als Best-Practice-Beispiele verglichen (siehe Tabelle in Abb. 1).

Nur die Apps *Studo* und *UniNow* bieten Features in (fast) allen Kategorien an (Studo, 2023; UniNow, 2023). Die weiteren acht Apps setzen spezifische Schwerpunkte: So zeichnet sich beispielsweise die App der Universität Innsbruck durch die einfache, aber informative Aufbereitung einer Übersicht von Credit Points in Form von Radial Bar Charts aus (Universität Innsbruck, 2023). *StudySmarter* sticht durch das Feature einer „Wall of Fame“ hervor, auf der das Abschließen von Lernchallenges honoriert wird (StudySmarter, 2023). *MobiDics* bietet

eine asynchrone Lehrunterstützung mit einer Methodensammlung (MobiDics, 2023); *Oncoo* wiederum stellt Werkzeuge für interaktives Lernen während der Lehrveranstaltung bereit, wie eine digitale Kartenabfrage für Brainstormings (Oncoo, 2023). Ferner wurden die Apps nach Anzahl und Qualität der Bewertungen in den App-Stores in einer Matrix strukturiert, nach der die Apps mit Features zur Individualförderung sowie *Studo* am besten abschnitten.

Aus dem Vergleich resultierte ein umfangreicher Feature-Katalog, welcher Features zur Lern- und Lehrförderung vereint. Aktuell weist keine App der Analyse eine synchrone Anwendung von Lehrmethoden in Veranstaltungen in dem Umfang, wie in Abschnitt 4 (Live-Features) dargestellt, auf.

### Konzeptionsmethoden

Mit 35 Studierenden und 10 Lehrenden unterschiedlicher Studiengänge führte das Projektteam Design-Thinking-Workshops durch, um sicherzustellen, dass die Bedürfnisse der Zielgruppen berücksichtigt werden. Die Teilnehmenden folgten dem 6-Phasen-Modell des *Hasso-Plattner-Instituts* (HPI, 2022), das einen kreativen Entfaltungsspielraum mit systematischem Vorgehen vereint (Lewrick, Link & Leifer, 2020).

In der Phase (1) *Verstehen* näherten sich die Gruppen der Frage „Was ist Studierfähigkeit?“ an. Dabei wurden mehrere Problemfelder wie „Studieninformationen“ und „Lernmanagement“ identifiziert. Hinsichtlich dieser kommunizierten die Teilnehmenden in Phase (2) *Beobachten* ihre Emotionen. Beispielsweise fällt es einigen schwer, die Fülle an Tools und Links, die über verschiedene Kanäle verbreitet werden, zu bewältigen. Im nächsten Schritt wurden die Resonanzen in (3) *präzise Definitionen* transferiert, wie exemplarisch die fehlende Motivation zum Lernen. Für die Problem-Statements wurden in der Phase des (4) *Brainstormings* Ideen entwickelt. Große Zustimmung fand die Idee, dass Fragen in einer Q&A-Sektion von der Lehrperson als sinnstiftend markiert werden können. Gemäß den experimentellen Phasen (5) *Prototypen entwickeln* und (6) *Testen* wurden in Kollaboration mit Studierenden eines Kurses im Bereich Interfacedesign die Skizzen aus den Workshops in klickbare Wireframes überführt. Im Rahmen eines Wettbewerbs wurden die zwei besten Entwürfe prämiert. Diese enthielten Ideen und Konzepte etwa für Screendesign und Gamification, die für die Entwicklung der App verwendet wurden.

### 4. Campus-App der TH Augsburg

Die App bietet Features sowohl für die Zielgruppen (Studierende, Lehrende) als auch für alle Hochschulangehörigen. Die Funktionen wurden so gewählt, dass sie einen didaktischen Mehrwert bieten (Lerngruppen, Gamification, Vorlesungs-Live-Modus), die Verbreitung der App fördern (Mensaplan, Stundenplan, Terminübersicht) und den Studienalltag erleichtern. Einige Features sind bereits im Prototypen enthalten (Mensaplan, Stundenplan, Startseite, Hörsaal-Interaktion), andere befinden sich in der Entwicklung (Terminübersicht, Gruppen- und Vorlesungsassistent, Gamification, Lerngruppen).

#### Allgemeine Features (Studierende, Lehrende)

Diese Features dienen primär der Förderung einer hohen Akzeptanz der App.

**Mensaplan:** Der Mensaplan zeigt aktuelle Gerichte an. Nutzer:innen können die Speisen mit Zusatzstoffen und individuellem Preis einsehen und sich mittels eines Like-Systems bei der Auswahl unterstützen lassen.

**Terminübersicht:** Nutzer:innen sehen hier relevante Events und Termine wie die Prüfungsanmeldung oder die Zahlung des Semesterbeitrags.

**Stundenplan:** Der Stundenplan enthält die individuellen Kurse der Studierenden und Lehrenden. Studierende können auch Wahlfächer oder Kurse, die nachgeholt werden müssen, eintragen. Für Lehrende und Koordinator:innen entsteht kein Mehraufwand.

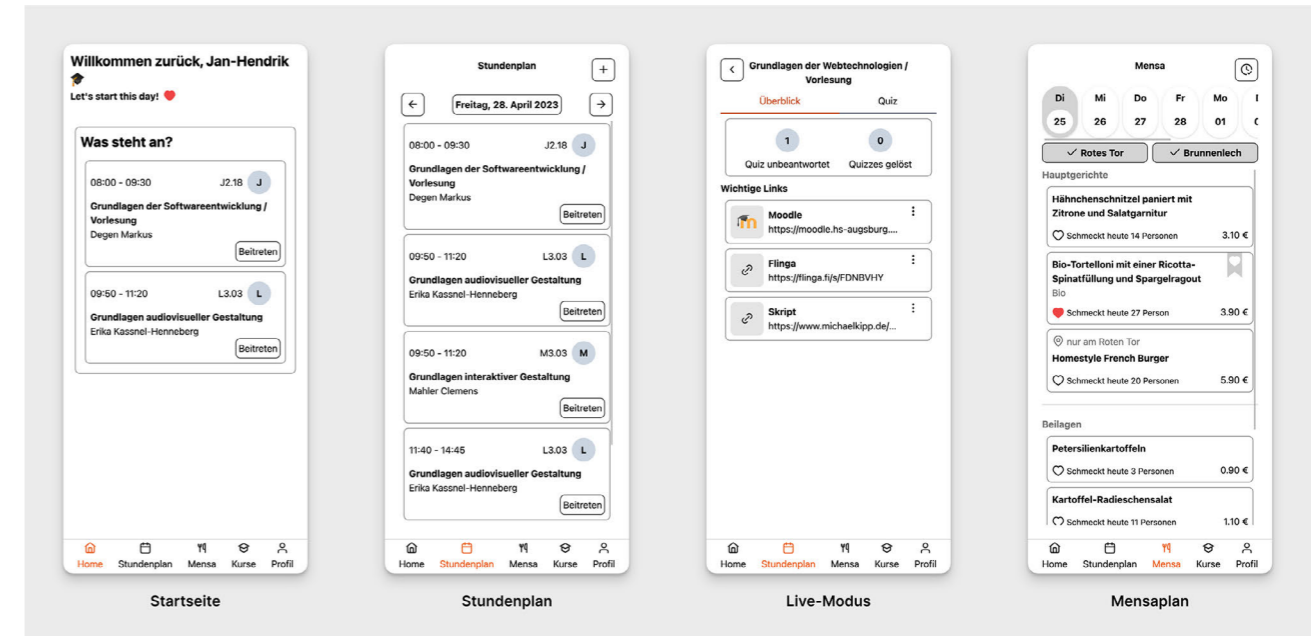


Abb. 2: Überblick über die allgemeinen Features der App.

**Startseite:** Die Startseite zeigt wichtige Inhalte in kompakter Form, wie die aktuell laufende Vorlesung oder den nächsten Termin.

#### Live-Features (Studierende, Lehrende)

Der Stundenplan wird zusätzlich um einen *Live-Modus* ergänzt. Hier besteht die Möglichkeit einer Vorlesung beizutreten und durch verschiedene Arten der Interaktion sowie Lehrmethoden unterstützt und motiviert zu werden. Die App dient

als digitaler Lehrbegleiter und hilft in didaktischen Belangen in der Vorbereitung und Durchführung der Lehrveranstaltung. Die Features richten sich an Lehrende (Planung, Durchführung) und Studierende (Durchführung).

**Hörsaal-Interaktion (Peer Instruction):** Die App fördert insbesondere den Einsatz aktivierender Lehrmethoden wie *Peer Instruction*, bei der die Studierenden anhand einer Verständnisfrage zur aktiven Auseinandersetzung mit den Lerninhalten aufgefordert werden. Mithilfe dieser Methode können Lehrende Verständnisschwierigkeiten aufdecken, den aktuellen

Abb. 3: Einsatz von Peer Instruction mit Hilfe der Quiz-Funktion der Campus-App.

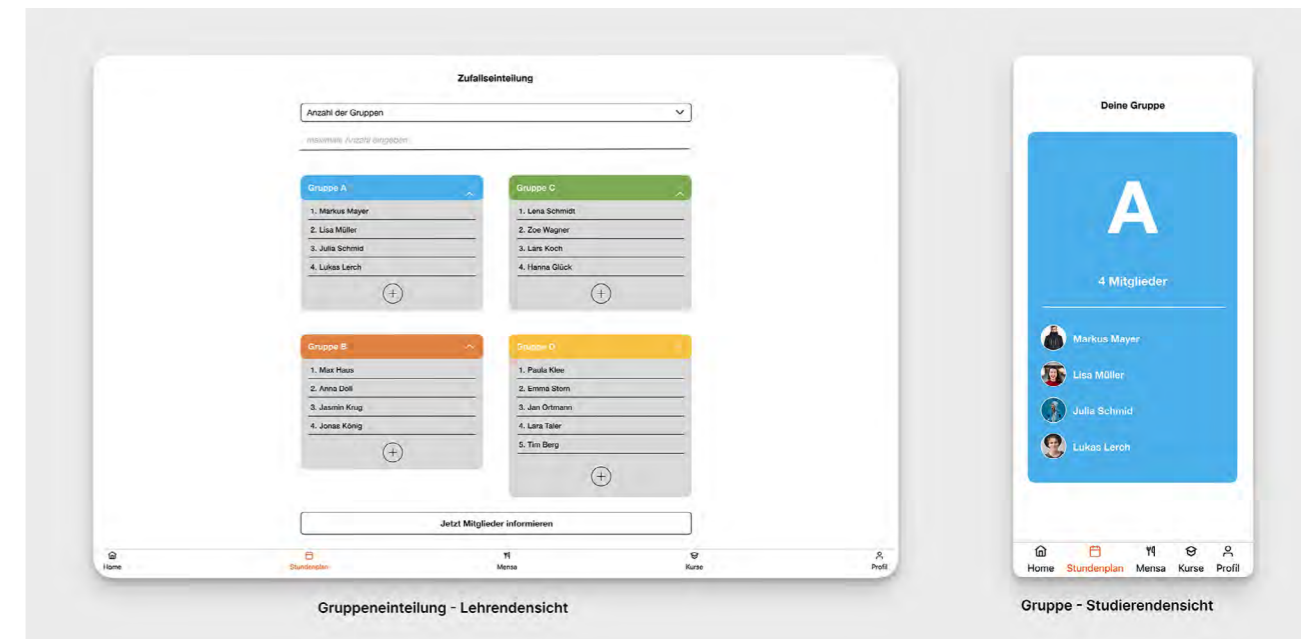
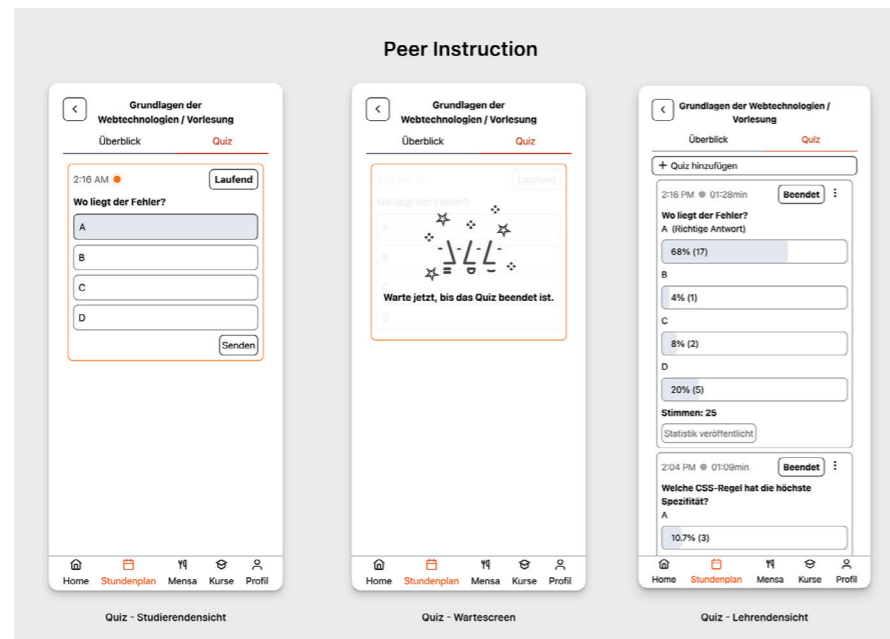


Abb. 4: Der Gruppenarbeits-Assistent aus Sicht der Lehrenden und Studierenden.

Leistungsstand erfassen und das Verständnis der Studierenden fördern (Brunnhuber et al., 2021). Das Feature *Quiz* ermöglicht Lehrenden *Peer Instruction* schnell und flexibel in ihre Vorlesung einzubinden. Quizfragen können in diversen Formaten, wie Single Choice, gestellt werden. Die Studierenden beantworten diese dann in der App. Quizfragen können zukünftig auch mit Hilfe von ChatGPT generiert werden, sodass der Vorbereitungsaufwand sinkt. Weitere Abfragemöglichkeiten bietet die App in Form von Wortwolken oder Stimmungsbaremtern.

**Gruppenarbeiten-Planung:** Bei Gruppenarbeiten werden Lehrende durch den Methodenassistent in der Vorbereitung von Lehrmethoden wie Infomarkt oder Gruppenpuzzle<sup>1</sup> unterstützt. Der Assistent führt durch die einzelnen Planungsschritte, schlägt Zeiten vor und berechnet Gruppengrößen und die Gesamtdauer. Dadurch erhalten die Lehrenden einen Überblick über alle Phasen und können ihre Veranstaltung zeitlich besser planen.

<sup>1</sup> Weiterführende Informationen zu den Lehrmethoden unter Waldherr et al., 2021.

**Gruppenarbeiten-Live:** Der *Methodenassistent* unterstützt die Durchführung der Lehrmethode. Beim Gruppenpuzzle erfolgt nach der Planung eine automatische Gruppeneinteilung und führt den Lehrenden schrittweise durch die Methode. Pro Phase wird ein Timer gestartet, der das Zeitmanagement optimiert.

Im Vergleich zu klassischen Methoden der Gruppeneinteilung (z.B. Durchzählen) lassen sich die Studierenden mithilfe des *Gruppenarbeits-Assistenten* in der Veranstaltung schnell in Gruppen einteilen. Es gibt unterschiedliche Einteilungsverfahren: Zufallseinteilung, Gruppenwahl und Einteilung nach

Abstimmung. In der Zufallseinteilung erhält die Lehrperson nach Eingabe der Gruppengröße oder Anzahl der Gruppen eine Übersicht über die generierten Gruppen. Die Studierenden, die zuvor der Vorlesung digital beigetreten sind, werden via App über die zugeteilte Gruppe informiert. Die Farbcodierung erleichtert das Zusammenfinden. Für zeitbegrenzte Arbeitsphasen können individuelle Timer mit den Gruppen über die App geteilt werden.

**Vorlesungsassistent:** In Anlehnung an den didaktischen Dreischritt (Straka & Macke, 2006) leitet der *Vorlesungsassistent* die Lehrperson durch die Phasen der Veranstaltung und gibt

Erinnerungshinweise bezüglich Pausen. Außerdem hilft eine vergleichende Auswertung der vergangenen Lehrveranstaltungen die gehaltenen Veranstaltungen zu reflektieren.

### Features zur Lernförderung (Studierende)

**Gamification:** Elemente wie Punkte und Ranglisten sollen zur Nutzung der App und zur Beteiligung in der Vorlesung motivieren (Sailer, 2016; Schöbler & Söllner, 2019). Punkte können zum Beispiel beim Beantworten von Quizzes gesammelt werden.

**Lerngruppen:** Außerhalb der Vorlesung fördert die App das Lernen, indem sie Studierende proaktiv basierend auf didaktischen Prinzipien (Szepansky, 2006; Berg, 2006) auf Lernpartner:innen hinweist. In Lerngruppen können Materialien geteilt und Termine vereinbart werden.

## 5. Technik und Evaluation

Für den ersten Prototypen wurden der Mensaplan, Stundenplan und die Hörsaal-Interaktion (siehe Abschnitt 4 Live-Modus) ausgewählt.

Die App wird als Progressive Web App (PWA) entwickelt. Im Vergleich zu nativen Apps wird diese über den Browser geöffnet und kann auf Smartphones, Tablets und Desktopgeräten genutzt werden. Native Apps werden in der Regel für jedes Betriebssystem separat entwickelt, was zeit- und ressourcenintensiver ist. Das Frontend der App wird mit JavaScript (VueJS), das Backend mit PHP (Laravel) entwickelt. Die Authentifizierung erfolgt über den hochschulweiten LDAP-Dienst. Für eine einfache Anbindung werden bestehende Datensätze

für den Stundenplan (WebUntis) und den Mensaplan (Hochschul-Website) verwendet.

Der erste Prototyp wurde im Oktober 2022 fertiggestellt. Im Wintersemester 2022/23 erfolgte der Einsatz im Studiengang *Interaktive Medien* mit 55 Studierenden. Im März 2023 startete der Piloteinsatz mit acht Studiengängen (z.B. *International Management, Informatik, Umwelt- und Verfahrenstechnik*) aus verschiedenen Fakultäten. Der erste Einsatz der App mit den ca. 250 Studierenden und sieben Lehrenden wurde dabei durch User-Test-Methoden wie *Guerilla-Testing* begleitet. Die Teilnehmenden erhielten konkrete Aufgaben; es wurden O-Töne protokolliert und Fragebögen beantwortet.

Die resultierenden 148 Feature-Vorschläge wurden kategorisiert und analysiert. Häufige Wünsche waren eine Wochenansicht des Stundenplans sowie eine Notifikation bei Quizfragen. Bedenken bzgl. Datenschutz wurden bei der Anzeige der Noten geäußert. Hier wurde eine klare Kommunikation zur Datenverarbeitung und -sicherheit gewünscht. Auf Wunsch der Lehrenden wurden die Wortwolke und das Stimmungsbarometer hinzugefügt. Der nächste Prototyp soll bis Oktober 2023 fertiggestellt werden und den Gruppenarbeits- und Vorlesungsassistent (siehe Abschnitt 4) beinhalten.

## 6. Fazit und Ausblick

In diesem Artikel wurde die Campus-App der TH Augsburg und ihre Potenziale zur Förderung der Interaktion zwischen Lehrenden wie Studierenden und zur Unterstützung bei der Planung und Durchführung der Veranstaltungen untersucht. Aus Studierendensicht bietet die App Vorteile für das digital gestützte, selbstregulierte Lernen und die soziale Vernetzung. Für die Lehrenden dient die App als digitaler Lehrbegleiter

und hilft in der Vorbereitung und Durchführung und somit der Professionalisierung der Lehre. Die mögliche Integration von KI-basierten Technologien wie ChatGPT ermöglicht personalisierte Unterstützung und eröffnet neue Möglichkeiten in der Lehre. Die Campus-App dient als zentraler Hub für digitale Dienste einer Hochschule und trägt so zur besseren Integration und Akzeptanz bestehender Plattformen bei. Allerdings sind Herausforderungen wie Schnittstellen (WebUntis, LDAP), Datenschutz und IT-Sicherheit zu berücksichtigen, insbesondere bei Diensten, welche die individuellen Studienleistungen der Studierenden betreffen. Der erste Prototyp der Campus-App wird aktuell in acht Studiengängen getestet und auf Basis von Feedback von Studierenden und Lehrenden weiterentwickelt. Die App soll bis Sommer 2024 finalisiert werden. Bis dahin sollen insbesondere die Live-Features zur Unterstützung der Lehrenden ausgebaut werden. Auch die Integration von KI-Tools wie ChatGPT z.B. zum automatischen Generieren von Peer-Instruction-Fragen soll untersucht werden.

### Danksagung

Diese Arbeit wurde finanziert aus Mitteln des Projektes *gP cycle*, das gefördert wird durch die Stiftung Innovation in der Hochschullehre.

### Literatur

Berg, C. (2006). *Selbstgesteuertes Lernen im Team*. Heidelberg: Springer.

Brunnhuber, M.; Hank, B.; Hoechstetter, K.; Nissler, A.; Kämper, A. & Wolf, K. (2021). Spezielle Methoden für die Lehre in MINT-Fächern. In: F. Waldherr & C. Walter (Hrsg.), *Didaktisch und praktisch. Methoden und Medien für die Präsenz- und Onlinelehre* (3. Auflage). Stuttgart: Schäffer-Poeschel Verlag. S. 59-80.

Engross (2019). *Improve focus and finish work faster*. <https://engrossapp.com/>

Hasso-Plattner-Institut (HPI) (2022). *Die sechs Schritte im Design Thinking Innovationsprozess*. School of Design Thinking. <https://hpi.de/school-of-design-thinking/design-thinking/hintergrund/design-thinking-prozess.html>

Lewrick, M.; Link, P. & Leifer, L. (2020). *Das Design Thinking Toolkit. Die besten Werkzeuge & Methoden*. München: Franz Vahlen.

MobiDics (2023). *Willkommen bei MobiDics!*. <http://www.mobidics.org/startseite.html>

Oncoo (2023). *Oncoo – online kooperativ lernen*. <https://www.oncoo.de/oncoo.php>

Sailer, M. (2016). *Die Wirkung von Gamification auf Motivation und Leistung. Empirische Studien im Kontext manueller Arbeitsprozesse*. Wiesbaden: Springer.

Schöbler, S. & Söllner, M. (2019). *Leitfaden für die Identifikation, Auswahl und Kombination von Gamification-Elementen am Beispiel des Lernkontextes*. In: J. M. Leimeister & K. David (Hrsg.), *Chancen und Herausforderungen des digitalen Lernens. Methoden und Werkzeuge für innovative Lehr-Lern-Konzepte*. Berlin: Springer. S. 143-161.

Straka, G. A. & Macke, G. (2006). Lern-Lehr-Theoretische Didaktik (4. Auflage). Münster: Waxmann.

Studo (2023). Die Nr. 1 bei Studierenden und Hochschulen. <https://studo.com/at>

StudySmarter (2023). Die All-in-one Lernapp. <https://www.studysmarter.de/>

Szepansky, W. P. (2006). Souverän Seminare leiten. Gruppenprozesse und Leitungsrolle. Bielefeld: Bertelsmann.

TeacherStudio (2023). TeacherStudio. Schülerverwaltung, Lehrerkalender und Kursheft in einer App für PCs, Tablets und Smartphones. <https://teacherstudio.de/>

TUUDo (2023). Tuudo. Simplicity for your success. <https://www.tuudo.fi/>

UniNow (2023). Die Nr. 1 Campus-App in Deutschland. <https://uninow.com/de>

Universität Freiburg (2023). Studienstart – Uni Freiburg. <https://www.osa.uni-freiburg.de/app-studienstart/>

Universität Innsbruck (2023). App der Universität Innsbruck. <https://www.uibk.ac.at/uni-app/index.html.de>

Waldherr, F.; Walter, C.; Wendorff, J. & Kipp, M. (2021). Methoden zum Erwerb und zur Verteilung neuen Wissens. In: F. Waldherr & C. Walter (Hrsg), Didaktisch und praktisch. Methoden und Medien für die Präsenz- und Onlinelehre (3. Auflage). Stuttgart: Schäffer-Poeschel Verlag. S. 33-48.

Waldherr, F. & Walter, C. (Hrsg) (2021). Didaktisch und praktisch. Methoden und Medien für die Präsenz- und Onlinelehre (3. Auflage). Stuttgart: Schäffer-Poeschel Verlag. <https://doi.org/10.34156/9783791053080>

#### Angaben zu den AutorInnen

##### **Corinna List**

Projektmitarbeiterin (gP cycle), Frontend-Entwicklerin, Lehrbeauftragte an der Fakultät Informatik der TH Augsburg

##### **Lena Wagner**

Projektmitarbeiterin (gP cycle), Mediendidaktikerin, E-Learning-Autorin, zuvor wiss. Mitarbeiterin am imwk der Universität Augsburg

##### **Bianca Fasel**

Projektmitarbeiterin (gP cycle), Hochschuldidaktikerin, Wirtschaftspädagogin, zuvor Referentin für finanzielle Bildung der Stiftung Deutschland im Plus

##### **Daniel Neubert**

Projektmitarbeiter (gP cycle), Backend-Entwickler, Full-Stack-Entwickler, IT-Security

##### **Angela Prochaska**

Projektkoordinatorin (gP cycle), Scrum-Masterin, zertifizierte Projektmanagerin, Wirtschaftsfachwirtin

##### **Michael Kipp**

Leiter des Didaktik-Medien-Zentrums, Professor an der Fakultät Informatik der TH Augsburg



## ÜBER DEN TELLERRAND HINAUS – Erfolgreiche Integration überfachlicher Kompetenzen

# Mathe meets Medi(t)ation – ein integratives Lehrkonzept zur Förderung von Future Skills

Gianluca Amico, Susan Pulham  
Hochschule für Technik und Wirtschaft des Saarlandes (htw saar)

## Zusammenfassung

Mathe meets Medi(t)ation beschreibt ein innovatives Lehrkonzept, das auf der Verbindung des integrativen Ansatzes zur Förderung von fachlichen und überfachlichen Lerninhalten (Future Skills) und dem Lehrkonzept des Lernteamcoachings basiert (LTC). Das Konzept kann als Beispiel dienen, wie Future Skills in fachliche Lehre integriert und gefördert werden können und wie fachliche Lehre davon profitieren kann.

Ziel des innovativen Konzepts ist es Studierende mithilfe von Future Skills für das Studium und die sich schnell verändernde Arbeitswelt vorzubereiten und zugleich den Lernstoff auf tiefer kognitiver Ebene zu erschließen.

Hierzu wird das Future Skills Modell der htw saar vorgestellt, die einzelnen Elemente des integrativen Lehrkonzepts, die in den synchronen und asynchronen Phasen des LTC eingebettet wurden, werden beschrieben und exemplarische Szenarien werden dargestellt. Abschließend werden erste Erfahrungen und Zukunftsvisionen des erstmalig pilotierten Lehrkonzepts diskutiert.

## 1. Einleitung & Theoretischer Hintergrund

Überfachliche Kompetenzen werden stets komplementär zu fachlichen Kompetenzen betrachtet, wobei die rasante Veränderung der Anforderungen an überfachliche Kompetenzen oder sogenannte Zukunftskompetenzen und deren Wichtigkeit zunehmend diskutiert werden (OECD, 2020; Stifterverband & McKinsey, 2021). Insbesondere die schnellen und komplexen Veränderungen der Arbeitswelt und der Technik werden als Antrieber für den stetigen Anpassungsprozess genannt, dem sich die Menschen mithilfe von Kompetenzen stellen müssen (European Commission, 2021; Kultusministerkonferenz, 2019). Die Bedeutung für diesen Boom der Kompetenzentwicklung wird vom Europäischen Parlament verdeutlicht, welches das Jahr 2023 als „Year of Skills“ betitelt hat (European Commission, 2022).

Wissenschaftler haben Stellenbeschreibungen analysiert und Prognosen zur Entwicklung des Arbeitsmarktes in den nächsten Jahren aufgestellt, aus denen Kompetenzen abgeleitet wurden, die aktuell und in Zukunft besonders wichtig für den Erfolg in der Arbeitswelt sind und sein werden (Binkley et al., 2012; Ehlers, 2020; Stifterverband & McKinsey, 2021). Je nach Modell werden diese Zukunftskompetenzen z. B. als 21Century Skills, Future Skills, Schlüsselkompetenzen oder Next Skills bezeichnet und beziehen sich teilweise ausschließlich auf überfachliche Kompetenzen, während andere Modelle auch Fachkompetenzen einbeziehen. Für die praktische Anwendung ist es daher hilfreich sich auf ein bestehendes Modell

zu beziehen oder ein eigenes hochschulinternes Modell für Future Skills zu erstellen. Zu diesem Zweck wurde das Future Skills Modell der htw saar entwickelt (siehe Abschnitt 2).

Wie können Future Skills der Studierenden gefördert werden? Welche Lehrformate bieten sich hierfür an? Für den Erwerb von Future Skills müssen Lernende in Situationen gebracht werden, in denen sie handeln und dieses Handeln reflektieren. Es werden Formate benötigt, die Lernaktivitäten wie Ausprobieren, Üben, Präsentieren und Diskutieren beinhalten, da sich Kompetenzen nur durch das eigene Handeln erwerben lassen (Erpenbeck & Sauter, 2016). Ein für dieses Anliegen geeignetes Lehrkonzept ist das Lernteamcoaching (LTC), da es bereits erwiesene Kompetenzen, wie z. B. Kooperation und Selbstorganisation fördern kann und gut mit weiteren überfachlichen Kompetenzen angereichert werden kann (Fleischmann et al., 2006). Eine dieser Kompetenzen kann z. B. Resilienz sein, auf die im Beitragstitel mit dem Begriff „Meditation“ angespielt wird.

### Lernteamcoaching als Lehrkonzept zur Kompetenzförderung

Das LTC ist gekennzeichnet durch einen Wechsel zwischen synchronen und asynchronen Lerneinheiten, die sich auf drei konsekutiv durchgeführte Phasen verteilen: *Selbstlernen, Teamlernen und gecoachtes Lernen* (Fleischmann et al., 2014). In den Selbstlernphasen werden Lerninhalte anhand von Lernvideos, Skript und anderer Materialien selbstständig erarbeitet und Fragen notiert. In der anschließenden Phase des Teamlernens bearbeiten die Lernteams (Kommilitonen) offene Fragen aus der vorherigen Phase und besprechen, welche Inhalte mit der Lehrperson diskutiert werden müssen (Problemspeicher). Der Problemspeicher hat einen klar strukturierten Aufbau:

- Diese Punkte haben wir verstanden
- Diese Punkte sind uns unklar
- Diese Punkte sind uns für das Coaching am wichtigsten
- So sind wir beim Lernen und im Lernteam vorgegangen
- Dies waren unsere Probleme beim Lernen und im Lernteam

In der Phase des Teamcoachings mit der Lehrperson werden offen gebliebene Fragen zum Stoff diskutiert. Die Lehrperson nimmt hier die Rolle eines Coaches und Mediators ein und steht auch für Fragen zur Teamarbeit und bei Konflikten im Team zur Verfügung. Das Teamcoaching ist in drei Phasen gegliedert:

1. Kontraktphase: Die Rollen (Zeitnehmer, Moderator, etc.) der Studierenden werden festgelegt. Der Problemspeicher und die Priorisierung der offenen Fragen werden vorgestellt.
2. Kernphase: Die inhaltlichen Verständnisprobleme des Lernteams werden ergründet und der Lerngegenstand wird gemeinsam mit dem Dozierenden erforscht. Die Dozierenden coachen das Lernteam und versuchen individuelle Wissenslücken zu schließen.
3. Abschlussphase: Ergebnisse, offene Fragen und die weiteren Schritte werden festgehalten, das Coaching und der Lernprozess werden reflektiert. Rollen für das nächste Coaching werden festgelegt.

Das LTC bietet gegenüber einer klassischen Vorlesung verschiedene Vorteile. Durch den konsekutiven Aufbau der drei Lernphasen, gibt das LTC trotz eines hohen selbstorganisatorischen Anteils seitens der Studierenden eine Struktur für den Lernprozess vor. Das Lernen in Lernteams fördert die Teamfähigkeit und Kommunikationskompetenzen (Fleischmann et al., 2014). Darüber hinaus profitieren Studierende durch das Prinzip des Lernens durch Lehren, indem sie sich gegenseitig Fragen beantworten. Der über die Vorlesungszeit gleichbleibende Arbeitsaufwand im LTC beugt dem Binch-Learning

der Studierenden kurz vor dem Klausurtermin vor, wodurch Lerninhalte längerfristig erinnert werden können (mehr zur Umsetzung und Lerneffekten des LTCs hier: (Pulham et al., 2021; 2023)).

Mithilfe von Anpassungen in der didaktischen Gestaltung der im LTC verwendeten Lehrmaterialien, wie z.B. der Übungs- und Reflexionsaufgaben, können gezielt ausgewählte Future Skills trainiert werden, was eines der Ziele des entwickelten integrativen Lehrkonzepts darstellt (siehe Abschnitt 3).

## 2. Future Skills Modell der htw saar

Mit dem Ziel die Zukunftskompetenzen der Studierenden der htw saar stärker zu fördern und Studierende bestmöglich für die sich schnell entwickelnde Arbeitswelt vorzubereiten, wird an der htw saar im Projekt DIGITAM unter anderem ein Future Skills Modell entwickelt. Das Modell stellt die Basis der Future Skills dar, die im hier vorgestellten integrativen Lehrkonzept fokussiert werden. Im Rahmen des Future Skills Modells der htw saar werden Future Skills wie folgt definiert:

„Future Skills sind überfachliche Kompetenzen, Fähigkeiten und Fertigkeiten, die Menschen befähigen, Herausforderungen in der aktuellen und künftigen (digitalen) Arbeitswelt und im Alltag zu begegnen. Sie werden im Zusammenspiel mit Motivation, Wissen, Werthaltungen und Volitionen in Handlungen sichtbar und können erworben und entwickelt werden. Der Erwerb kann dezentral, selbstgesteuert und kollaborativ erfolgen und geschieht in formellen und informellen Kontexten.“

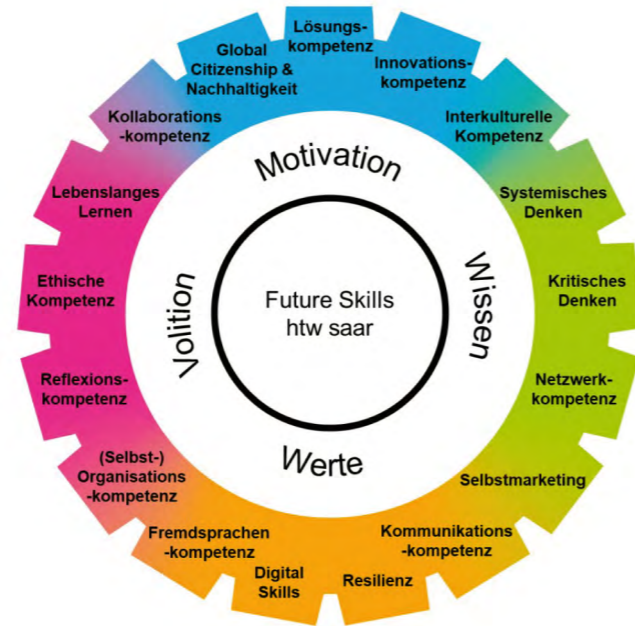


Abb. 1: Darstellung des Future Skills Modells der htw saar mit den 17 identifizierten Future Skills.

Das Future Skills Modell der htw saar besteht aus derzeit 17 Future Skills (siehe Abb. 1). Alle Future Skills sind im Modell definiert und inhaltlich beschrieben, sodass Lernaktivitäten und Lernergebnisse für Veranstaltungen abgeleitet werden können. Die Begriffe des inneren Kreises stellen hierbei die Basis dar, die beim Erwerb und der Anwendung der Future Skills einwirken. Das Modell wird als fluides Modell verstanden, welches sich mit künftigen Veränderungen der Arbeitswelt mitentwickeln wird.

Future Skill	Definition
<b>Resilienz</b>	Beschreibt die Kompetenz, psychische, soziale und körperliche Belastungen als solche zu erkennen und Maßnahmen zu ergreifen, um diese Belastungen zu reduzieren oder sich von ihnen zu regenerieren, sodass Belastungen ohne anhaltende Beeinträchtigungen widerstanden werden kann, unter diesen Belastungssituationen Fehlreaktionen vermieden werden können und man weiterhin zielorientiert und sachlich begründet handeln kann.
<b>Reflexionskompetenz</b>	Beschreibt die Kompetenz, das eigene Verhalten, Entscheidungen, Gefühle und Haltungen sowie das Verhalten anderer aus verschiedenen Perspektiven zu beleuchten und zu hinterfragen. Dies erfordert metakognitive Fähigkeiten und die Fähigkeit aus den eigenen Erfahrungen und dem Feedback anderer Schlüsse für künftiges Verhalten zu ziehen. Reflexion findet vor, während und nach einem Ereignis statt.
<b>Kollaborationskompetenz</b>	Beschreibt die Kompetenz, mit Einzelpersonen oder Gruppen, auch aus unterschiedlichen Fachrichtungen, zu kommunizieren, Differenzen auszuhalten und beizulegen, Konsens zu schaffen, offen für Kompromisse zu sein und Arbeitsprozesse als Team zu planen, durchzuführen und abzuschließen.

Abb. 2: Exemplarische Darstellung ausgewählter Future Skills Definitionen.

Zur Veranschaulichung der Future Skills werden in Abbildung 2 die Definitionen von drei exemplarischen Future Skills dargestellt.

### Entwicklungsprozess

Als Ausgangslage wurden bestehende Kompetenzmodelle analysiert (Binkley et al., 2012; Ehlers, 2020; Eichhorn et al., 2017; OECD, 2020; Stifterverband & McKinsey, 2021). Anschließend wurde aus der Literaturanalyse eine Liste an

Kompetenzen extrahiert, deren Wichtigkeit für Studierende in einer Umfrage mit den Stakeholdergruppen der Studierenden und Lehrenden der htw saar und Vertretungen von regionalen Unternehmen und Institutionen auf einer 4-Punkte Skala eingeschätzt wurde. Aus den Ergebnissen dieser Umfrage hat das Projektteam eine Skill-Liste erstellt, die im Rahmen eines ganztägigen Hackathons mit Vertretern aus allen Stakeholdergruppen diskutiert und überarbeitet wurde. Mehr zum Entwicklungsprozess und dem Hackathon ist auf der Projektwebsite und im Beitragsband der TURN-Konferenz 2022 zu finden (DIGITAM, 2023; Amico et al., 2022).



### 3. Das integrative Lehrkonzept im Modul Mathematik

Integrative Lehre bedeutet, dass überfachliche Lerninhalte, wie z.B. Future Skills, eng verzahnt mit fachlichen Inhalten trainiert werden, während additive Ansätze überfachliche Themen in getrennten Lehrveranstaltungen behandeln (Chur, 2012). Der integrative Ansatz ermöglicht alle Studierenden in den Pflichtveranstaltungen zu erreichen, während im additiven Ansatz oftmals nur stärkere Studierende erreicht werden können, die die Kapazität zur Teilnahme an extracurricularen Studienangeboten haben. Die Integration fachlicher und überfachlicher Themen können den gegenseitigen Lernerfolg unterstützen, indem Studierende z.B. gelernte Lernstrategien direkt im Fach anwenden können (Beers, 2011). Aufbauend auf dieser Idee wurde das Mathematik Modul des Studiengangs Aviation Business, welches seit 2020 erfolgreich nach dem Konzept des LTCs strukturiert ist, im WS 22/23 mit Elementen zur Förderung ausgewählter Future Skills angereichert.

Im dargestellten Zeitplan des Mathematik Moduls sind die einzelnen Lehrelemente in synchron und asynchron, sowie in die Themen Mathematik und Future Skills eingeteilt (siehe Abb. 3). Mit der Bearbeitung der asynchronen Lehrelemente bereiteten sich die Studierenden im Selbststudium auf die synchronen Termine vor. Vor jedem Coachingtermin verabredete sich das Lernteam zu einem wahlweise virtuellen oder physisch stattfindenden Treffen, um ihre offenen Fragen aus der individuellen Selbstlernphase zu besprechen. Das Lehrkonzept integriert in seinen Lernphasen somit unterschiedliche Kombinationen der drei Ebenen des Blended Learnings miteinander: Zeit (synchron vs. asynchron), Ort (virtuell vs. physisch), Sozialform (individuell vs. Gruppe), wodurch Kompetenzen variabel trainiert werden können (Schoop et al.,

2006). Die neu zum Modul hinzugefügten interaktiven Lehrvideos der Future Skills wurden von der Hochschule für angewandte Wissenschaften Kempten zur Verfügung gestellt und bilden einen informativen Einstieg in das Thema. In den Lernvideos klicken sich Studierende selbstständig durch Informationen, Übungs- und Reflexionsaufgaben, sowie durch Quizze und Lückentexte zur Lernerfolgskontrolle. Studierenden, die alle im Moodle Kurs integrierten Lehrvideos bis zum angegebenen Zeitraum absolvierten, wurden fünf Prozentpunkte für die Modulabschlussklausur gutgeschrieben (die Bestehensgrenze liegt an der htw saar bei 40%). Die Teilnahme am LTC und den asynchronen Elementen des Future Skill Trainings waren freiwillig, jedoch nahmen alle Studierende des Moduls teil. In den Testatterminen präsentierten die Lernteams nacheinander die bearbeiteten Testataufgaben und beantworten Fragen der Dozentin zum Themenbereich. Als Zulassungsvoraussetzung zur Klausur müssen vier von sechs der Testate bestanden werden. Die Themen der Mathematik und der Future Skills wurden in den 45-minütigen Coaching- und Testatterminen mit Diskussionen, Übungs- und Reflexionsaufgaben miteinander verbunden. Die Struktur der Coachings und Testattermine des LTCs blieben bestehen, wurden jedoch durch didaktische Methoden angereichert und hinsichtlich Future Skills reflektiert. Im Folgenden werden zwei Szenarien vorgestellt, die zeigen, wie die Verzahnung der Lerninhalte gelingen kann.

#### Beispielszenario 1: Termine 2 & 3 im Zeitplan

In der asynchronen Vorbereitungsphase schauten die Studierenden die interaktiven Lehrvideos zu den Future Skill Themen *Networking*, *Selbstmotivation*, *Virtuelle Kommunikation* und *Mobiles Arbeiten*. In den darauffolgenden Präsenzterminen nahm die Lehrperson während des Coachings und im

Termin	Datum Präsenzveranstaltung	Art des Präsenztermins	KW	Synchrone Elemente		Asynchrone Elemente			
				Thema Präsenztermine		zu lesende Kapitel im Mathe Skript	zu schauende Lehrvideos		zu bearbeitende Übungsaufgaben aus dem Mathe Skript
				Mathematik	Future Skills		Mathematik	Future Skills	
1	24.10.2022	Einführung, Socializing	43	Einführung, Vorstellungsrunde					
2	31.10.2022	Coaching	44						
3	07.11.2022	Testat 1	45	Lösen von quadratischen Gleichungen; Potenz-, Wurzel-, Logarithmusgesetze; Summenzeichen; Produktzeichen; Fakultäten und Binomialkoeffizienten; vollständige Induktion; Idee des Ableitens, Berechnung von Ableitungen	Future Skills: Was ist das? Networking, Selbstmotivation, Virtuelle Kommunikation, Mobiles Arbeiten	1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 1.6, 2.1, 2.2	1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 1.6, 2.1, 2.2	Networking, Selbstmotivation, Virtuelle Kommunikation, Mobiles Arbeiten	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9
4	14.11.2022	Coaching	46	Kurvendiskussion, ökonomische Funktionen, Integration als Umkehrung der Differentiation, (un-)bestimmte Integrale, Fundamentalsatz der Integration und Differentiation	Reflexionskompetenz mit Lerntagebuch	2.3, 3.1, 3.2, 3.3, 3.4	2.3, 3.1, 3.2, 3.3, 3.4	Grundlagen Lernstrategien, Kognitive Lernstrategien, Metakognitive Lernstrategien	10, 11, 12, 13, 14, 15
5	21.11.2022	Testat 2	47						
6	28.11.2022	Coaching	48	Grundintegrale, Stammfunktion, Integrationsregeln, Integrationsmethoden (Substitution, partielle Integration, Partialbruchzerlegung)	Lernstrategien & Resilienz	3.5, 3.6, 3.7, 3.8	3.5, 3.6, 3.7, 3.8, 1, 3.8.2, 3.8.3	Ressourcenbezogene Lernstrategien, Learning Agility, Lebenslanges Lernen	16, 17, 18, 19, 20
7	05.12.2022	Testat 3	49						
8	12.12.2022	Coaching	50	Zinsrechnung, Zinseszinsrechnung, durchschnittliche und unterjährige Verzinsung, stetige Verzinsung	Meditationstraining & Stress	6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5	6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5, 1, 6.5.2, 6.5.3, 6.5.4	Anpassungsfähigkeit, Podcast Meditation	31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40
9	19.12.2022	Testat 4	51	allg. Tilgungsschuld, gesamtfallige Tilgungsschuld mit/ohne Zinsansammlung; Ratentilgung; Annuitätentilgung; Anmerkungen zur Zinsrechnung; Effektivverzinsung	Entscheidungskompetenz & Problemlösekompetenz	6.6, 6.7	6.6.1, 6.6.2, 6.6.3, 6.6.4, 6.6.5, 6.6.6, 6.7	Problemlösekompetenz 1 & 2	41, 42, 43, 44, 45, 46, 47
10	02.01.2023	Coaching	1						
11	09.01.2023	Testat 5	2	Matrix-Schreibweise eines GLS; Gauß-Verfahren; Vektoren; Matrizen; LGS und Matrizen; BWL-Anwendungen von Matrizen; Maximierungsprobleme, grafische Lösung von Optimierungsproblemen; Arten von Minimierungsproblemen	Selbsteinschätzung zum Lernfortschritt Future Skills & Mathe	7.1, 7.2, 7.3, 7.4, 8.1, 8.2, 8.4.1	7.2.1, 7.2.2, 7.3, 7.4, 8.1, 8.2, 8.4.1		48, 49, 50, 51, 52, 53, 56 (grafisch), 58 (grafisch)
12	16.01.2023	Coaching	3						
13	23.01.2023	Testat 6	4						
14	30.01.2023		5	Übungstermin					
15	06.02.2023		6	Probeklausur					
16	17.02.2023		7	Wiederholungstermin/ Fragestunde					
17	21.02.2023		8	Klausur					

Abb. 3: Zeitplan für das Modul Mathematik im Wintersemester 2022/23.

Anschluss an das Testat Bezug auf Themen des Problemspeichers und der Future Skill Einheiten, indem sie gezielt zur Reflexion aufforderte. Es wurden z.B. Kommunikationsregeln für das Lernteam diskutiert und besprochen, wie man sich im Lernteam besser kennenlernen kann (Networking & Kommunikation). Die Studierenden tauschten sich über ihre Arbeitsumgebungen zu Hause aus und planten, wie die Umgebung lernförderlich gestaltet werden könnte (Mobiles Arbeiten). In den synchronen Phasen werden insbesondere die Interaktion und die Gruppenarbeit der Studierenden gefördert, während in den asynchronen Phasen ein Fokus auf Selbstorganisation und individuelles Arbeiten gelegt wird.

#### Beispielszenario 2: Termine 6 & 7 im Zeitplan

In der asynchronen Vorbereitungsphase schauten die Studierenden interaktive Lehrvideos zu den Future Skill Themen *Ressourcenbezogene Lernstrategien und Lebenslanges Lernen*, die auf den Videos zu kognitiven und metakognitiven Lernstrategien aufbauten. Im Bereich der Mathematik bereiteten die Studierenden das Thema Integration mithilfe des Skripts, Übungen und Lehrvideos vor. Bereits in der asynchronen Phase wurde Fachliches und Überfachliches in einer Übungsaufgabe verknüpft, indem die Studierenden eine Mind-Map zu ihrer persönlichen Herangehensweise an Integralaufgaben erstellen sollten. Im Präsenztermin wurden die Mind-Maps diskutiert und überarbeitet. Hierdurch konnten die Studierenden eine kognitive Lernstrategie direkt am Thema der Integration anwenden. Mithilfe von Reflexionsfragen werden die Studierenden in metakognitiven Denkprozessen geschult, die den Lernprozess begünstigen.

#### 4. Diskussion und Fazit

Das LTC mit integrativem Lehransatz zur Förderung von Fachkompetenzen und Future Skills wurde im Wintersemester 2022/23 erstmals in dieser Form mit einer kleinen Studiengruppe von 9 Studierenden getestet. Bisher konnte kein Feedback der Studierenden systematisch erhoben werden. Aus Einzelmeldungen der Studierenden ging hervor, dass das Training der Future Skills als hilfreich eingeschätzt wurde, dass jedoch der Vorbereitungsaufwand für das Modul hoch gewesen sei, was sich in der Aussage eines Studierenden widerspiegelt: „Die Future Skill Themen haben mein Lernen echt verändert, aber man muss dafür auch viel selbst machen.“ Das Feedback des hohen Arbeitsaufwandes im LTC deckt sich mit früheren Evaluationen (Pulham et al., 2023). Es wird vermutet, dass die im Modul geforderte kontinuierliche Vor- und Nachbereitung der Modulinhalte ein Grund für den höher empfundenen Arbeitsaufwand sein könnte. Faktisch entspricht der Arbeitsaufwand den 5 Credit Points des Moduls. Eine Unterteilung in verpflichtende Lehrvideos, die essenziell für die Präsenzphasen sind und ergänzende Lehrvideos, die nur bei Bedarf gesehen werden können, könnte den Arbeitsaufwand regulieren. Mithilfe strikter Zeitfenster für Coaching- und Testattermine kann das Konzept auch mit einer größeren Studierendenzahl gelingen. In dem Modul konnte das Bewusstsein für Future Skills gefördert werden. Man sollte sich innerhalb eines Moduls auf zwei bis drei Future Skills beschränken, um ausreichend Zeit für ein intensives Training zu gewährleisten ohne fachliche Inhalte zu vernachlässigen.

Als Fazit wurde festgestellt, dass die Verzahnung von Fachinhalten und Future Skills im LTC gelingen kann. Auffallend ist, dass Studierenden bislang das Bewusstsein dafür fehlt, dass sie in zahlreichen Lernaktivitäten überfachliche Skills trainieren können und dies bereits tun. Das Reflektieren des

Lernprozesses und der Lernaktivitäten im Lernteam und im Selbststudium ist ein starkes Tool, um dieses Bewusstsein zu schulen. Daher soll künftig der Einsatz eines Lerntagebuchs stärker in das integrative Konzept des LTC eingebettet werden.

#### Literatur

Amico, G., Walter, C., & Pulham, S. (2022). Entwicklung des Future Skills Modells der htw saar – Ein iterativer Prozess mit Studierenden, Wirtschaftspartnern und Hochschullehrenden. Tagungsbeitrag auf der TURN-Konferenz 2022. Zugriff am 21.04.2023. Verfügbar unter: <https://marktplatz-turn22.org/ebenen/ebene-der-lehrentwicklung/future-skills-modell/>

Beers, S. Z. (2011). 21st Century Skills: Preparing students for their future.

Binkley, M., Erstad, O., Herman, J., Raizen, S., Ripley, M., Miller-Ricci, M. & Rumble, M. (2012). Defining twenty-first century skills. In E. Care, P. Griffin, M. Wilson (Hrsg.), *Assessment and teaching of 21st century skills* (S. 17-66). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-2324-5\\_2](https://doi.org/10.1007/978-94-007-2324-5_2)

Chur, D. (2012). Kompetenzorientierung im Studium und der Erwerb von Schlüsselkompetenzen. In B. Kossek (Hrsg.), *Universität in Zeiten von Bologna: Zur Theorie und Praxis von Lehr- und Lernkulturen* (S. 289-314). V & R Unipress; Vienna Univ. Press.

DIGITAM (2023). Bisherige Projektergebnisse. Zugriff am 21.04.2023. Verfügbar unter: <https://www.htwsaar.de/digitam/ergebnisse>

Ehlers, U.-D. (2020). *Future Skills: Lernen der Zukunft – Hochschule der Zukunft*. Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-29297-3>

Eichhorn, M., Müller, R. & Tillmann, A. (2017). Entwicklung eines Kompetenzrasters zur Erfassung der „digitalen Kompetenz“ von Hochschullehrenden. Konferenzbeitrag: Bildungsräume. 25. Jahrestagung der Gesellschaft für Medien in der Wissenschaft.

Erpenbeck, J. & Sauter, W. (2016). *Stoppt die Kompetenzkatastrophe! Wege in eine neue Bildungswelt* (1. Aufl.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-48503-3>

European Commission. (2021). *Digitaler Kompass 2030: Der europäische Weg in die digitale Dekade*. Zugriff am 21.04.2023. Verfügbar unter: <https://op.europa.eu/de/publication-detail/-/publication/12e835e2-81af-11eb-9ac9-01aa75ed71a1>

European Commission. (2022). *Decision of the European Parliament and of the Council on a European Year of Skills 2023*. Zugriff am 21.04.2023. Verfügbar unter: [https://commission.europa.eu/system/files/2022-12/COM\\_2022\\_526\\_1\\_EN\\_ACT\\_part1\\_v6.pdf](https://commission.europa.eu/system/files/2022-12/COM_2022_526_1_EN_ACT_part1_v6.pdf)

Fleischmann, P., Geupel, H. & Lorbeer, B. (2006). *Lernteamcoaching*. In Berendt, B.,

Szczyrba, B., Voss, H.-P. & Wildt, J. (Hrsg.), *Neues Handbuch Hochschullehre: Lehren und Lernen effizient gestalten* (2. überarb. Aufl., C 2.5, pp. 1-18). Stuttgart: Raabe.

Fleischmann, P., Geupel, H. & Lorbeer, B. (2014). Lernteamcoaching. Eine Methode zur Förderung des eigenverantwortlichen und kooperativen Lernens.

Kultusministerkonferenz. (2019). Empfehlungen zur Digitalisierung in der Hochschullehre.

OECD. (2020). OECD Lernkompass 2030: OECD-Projekt Future of Education and Skills 2030 Rahmenkonzept des Lernens. Zugriff am 21.04.2023. Verfügbar unter: [https://www.oecd.org/education/2030-project/contact/German\\_Translation\\_LC\\_May\\_2021.pdf](https://www.oecd.org/education/2030-project/contact/German_Translation_LC_May_2021.pdf)

Pulham, S., Frei, S., Kneip, F. (2021). Virtuelles Lernteamcoaching im Modul Statistik im Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen an der htw saar. Mitteilungen der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik. (Nr. 111, S. 20-24).

Pulham, S., Frei, S., Kneip, F. & Amico, G. (2023). Virtuelles Lernteamcoaching – Förderung von Future Skills und sozialer Eingebundenheit im Rahmen eines mathematischen Moduls. In J. Härterich, M. Kallweit, K. Rolka & T. Skill (Hrsg.), Schriften zur Hochschuldidaktik Mathematik: Bd. 9. Hanse-Kolloquium zur Hochschuldidaktik der Mathematik 2021: Beiträge zum gleichnamigen Online-Symposium am 12 November 2021 aus Bochum (Bd. 9, S. 189-202). WTM-Verlag.

Schoop, E., Bukvova, H., & Gilge, S. (2006). Blended Learning—the didactical framework for integrative qualification processes. In Proceedings of Conference on Integrative Qualification in eGovernment (pp. 142-156).

Stifterverband & McKinsey. (2021). Future Skills 2021: 21 Kompetenzen für eine Welt im Wandel. <https://www.stifterverband.org/medien/future-skills-2021>

#### Angaben zu den AutorInnen

##### Gianluca Amico

Seit Jan. 2022 Wissenschaftlicher Mitarbeiter (Post-Doc), Hochschule für Technik und Wirtschaft des Saarlandes im Projekt DIGITAM

2016: Wissenschaftlicher Mitarbeiter (Doktorand) und später bis zum Dezember 2022 Post-Doc an der Universität des Saarlandes im Fachbereich Sportpsychologie, Bewegung und Kognition

##### Susan Pulham

2016 – 2021 Wissenschaftliche Leiterin des Continuing Education Center Saar (CEC Saar) an der htw saar

2012 – 2016 Wissenschaftliche Leiterin des Instituts für wissenschaftliche Weiterbildung der htw saar

seit 2009 Professorin für Wirtschaftsmathematik und Statistik an der Hochschule für Technik und Wirtschaft des Saarlandes, diverse Lehraufträge in Hochschulen und Industrie

## Gendersensible Lehre in MINT-Studiengängen – eine Herausforderung für die Hochschuldidaktik



Beate Curdes

Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

### Zusammenfassung

Neben fehlenden Rollenvorbildern und geschlechterstereotypen Denkweisen spielen die historisch gewachsenen Fachkulturen für die Unterrepräsentanz von Frauen in vielen MINT-Studiengängen eine entscheidende Rolle. Fortbildungsangebote zum Thema gendersensible Lehre im MINT-Bereich sollten durch einen komprimierten und praxisorientierten Überblick über die wichtigsten Strukturen, die Frauen eine gleichberechtigte Teilhabe erschweren, Lehrende zu einer Selbstreflexion eigener Vorstellungen und Haltungen anregen und damit eine Veränderung der Lehre ermöglichen. Lehr-Lern-Methoden, die eine genderbewusste Gestaltung der Lehrveranstaltung fördern, müssen gleichzeitig zur Vermittlung naturwissenschaftlicher oder technischer Inhalte geeignet sein. Zwei Beispiele für solche Methoden sind Peer Instruction und Just in Time Teaching, da sie ein realistisches fachbezogenes Selbstkonzept ermöglichen und weniger rezeptiv, reproduktiv und hierarchisch strukturiert sind als die klassische Vorlesung.

### 1. Die Fachkultur als strukturelles Hindernis für eine gleichberechtigte Teilhabe

Die MINT-Förderung von Mädchen und jungen Frauen durch Interventionsmaßnahmen wie Mentoringprogramme, Schülerinneninformationstage oder Schnupperstudienangebote soll an den Hochschulen zur Chancengerechtigkeit beitragen und die Zielgruppe für die Aufnahme eines MINT-Studiums gewinnen. Doch trotz dieser vielfältigen und engagiert durchgeführten Maßnahmen sind Frauen in den technischen Studiengängen einschließlich der Informatik weiterhin deutlich unterrepräsentiert und ihr Anteil nimmt mit steigenden Qualifikationsstufen innerhalb einer wissenschaftlichen Karriere stetig ab. Eine Ursache für die nicht zufriedenstellende Wirksamkeit der Förderprogramme besteht darin, dass die Programme sich auf die individuelle und nicht auf die strukturelle Ebene beziehen. Es wird eine Anpassungsleistung der Frauen an die bestehenden Fachkulturen erwartet. Eine nicht zu vernachlässigende Zahl von Frauen scheint, trotz hohem fachlichem Interesse, nicht gewillt zu sein, die individuelle Anpassung an die historisch gewachsene und stark männlich geprägte Fachkultur zu leisten. Daher ist es notwendig, die Strukturen innerhalb dieser Studiengänge ausfindig zu machen, die sich besonders negativ auf eine gleichberechtigte Teilhabe von Frauen auswirken.

Die Physikerin und Soziologin Martina Erlemann (2018) fasst unter dem Begriff der Fachkultur mehrere Aspekte zusammen: das fachspezifische Wissen, die Forschungsmethoden, das epistemologische Verständnis der Disziplin, Interaktionsstile, spezifische Wahrnehmungs-, Beurteilungs- und Handlungsmuster, Normen und Werte und die Sitten und Gebräuche der Community (S.7). Sie beschreibt sehr eindrücklich, wie unbewusst ablaufende Prozesse im alltagspraktischen Handeln dazu führen, dass bestehende Geschlechterverhältnisse reproduziert werden. Sie zitiert z.B. eine Studie der Universität Wien, in der beschrieben wird, wie „die Geschichte der Physik als eine Weiterentwicklung und Weitergabe des Wissens über Lehrer-Schüler-Verhältnisse präsentiert“ und „die Physik-Geschichte als eine männliche Genealogie konstruiert wird, mit der sich eher männliche Studierende identifizieren können und die ihnen als Vorbild dienen kann“ (Erlemann, 2018, S.21). Die Interaktionen und sozialen Prozesse, in denen Gender konstruiert und durch Zuschreibung und Wahrnehmung reproduziert wird, werden als Doing Gender bezeichnet. Für die Lehre schlägt Erlemann vor, Studierende zur Reflexion über die eigene MINT-Fachkultur anzuregen und für die historisch gewachsene Geschlechterkonstruktion zu sensibilisieren.

Agnes S. Müntz (2002) hat die Lehr-Lernkultur in den Fächern Physik, Informatik (in denen nur sehr wenige Studentinnen zu finden waren), Biologie und Raumplanung (in denen die Anteile von Studentinnen und Studenten nahezu gleich waren) untersucht. In ihrer ethnographischen Teilnehmenden Beobachtung zeigte sich, dass die Lehrveranstaltungen in Physik und Informatik weitgehend frontal gestaltet waren, während in den Lehrveranstaltungen in Biologie und Raumplanung kommunikative und kooperative Lernformen eingesetzt wurden. Müntz weist darauf hin, dass diese unterschiedlichen Lernformen junge Frauen in ihrer Studienfachwahl beeinflussen:

„Dieser Befund deutet darauf hin, [...] dass eine sehr viel kleinere Anzahl junger Frauen für eine ausschließlich frontale, rezeptive, reproduktive und damit auch stark hierarchische Wissensvermittlung, die sie auch schon im Laufe ihrer schulischen Sozialisation kennengelernt haben, gewonnen werden kann, während mehr junge Männer sich für bzw. nicht gegen diese Form der Wissensaneignung entscheiden“ (Müntz, 2002, S. 54).

Ein weiterer Aspekt, in dem sich das Doing Gender im Lehrkontext auswirkt, ist die geschlechtsspezifische Zuschreibung von fachbezogenen Fähigkeiten. Im Forschungsbericht „Gender in der akademischen Lehre an Thüringer Hochschulen (GeniaL)“ (Döring, Augustin & Probstmeyer, 2013) wird gezeigt, dass die verschiedenen Fachdisziplinen von den Lehrenden als männlich oder weiblich dominiert wahrgenommen werden, diese Dominanz jedoch nicht als problematisch angesehen wird. Den Studierenden werden durch die Lehrenden stereotype Attribute zugeordnet: Weiblichen Studierenden Ordnung, Fleiß, Zielorientierung und Unsicherheit, männlichen Studierenden Flexibilität, Kreativität, Nachlässigkeit und Selbstsicherheit. In den MINT-Studiengängen wird explizit darauf verwiesen, dass der Fokus auf fachlichen – und damit geschlechtsneutralen – Inhalten liegt und naturwissenschaftliches Denken im Vordergrund steht.

Dass Stereotypisierung sich auf das fachbezogene Selbstkonzept und die fachliche Leistung auswirkt, wurde in der Studie von Shih, Pittinsky und Ambady (1999) deutlich. Hier wurden asiatisch-amerikanische Frauen mit Hilfe eines Fragebogens zunächst entweder an ihre asiatische Identität oder an ihre weibliche Identität erinnert. Im Anschluss an die Beantwortung des Fragebogens sollten sie einen schwierigen Mathematiktest absolvieren. Die Ergebnisse zeigten, dass Frauen, die an ihre asiatische Identität erinnert wurden, bessere

Leistungen erbrachten als die Kontrollgruppe und Frauen, die an ihre weibliche Identität erinnert wurden, schlechter abschnitten als die Kontrollgruppe.

Für Hochschuldidaktische Weiterbildungsangebote zum Thema gendersensible Lehre in MINT-Studiengängen ergeben sich zwei wichtige Ansatzpunkte. Zum einen müssen Lehrende und Lernende für die fachspezifischen Prozesse des Doing Gender sensibilisiert und zur Reflexion der eigenen Vorstellungen und Haltungen zu Gender und MINT angeregt werden. Zum anderen sollten Alternativen zu den traditionellen Lehrmethoden angeboten werden, die einen stärker partizipativen und weniger hierarchisch strukturierten Charakter aufweisen.

## 2. Lehrende zur Reflexion eigener Vorstellungen und Haltungen zu Gender und MINT anregen

Eigene Erfahrungen aus der hochschuldidaktischen Praxis zeigen, dass Lehrende den Wunsch haben, ihre Lehrveranstaltungen gendergerecht zu gestalten, ihnen aber bei Fortbildungsangeboten zur gendersensiblen Lehre der Bezug zu den Anforderungen an die MINT-Lehre fehlt. Sie äußern außerdem die berechtigte Kritik, dass sie nicht die zeitlichen Ressourcen haben, sich tiefer in die sozialwissenschaftliche Diskussion, etwa in den Genderstudies, einzuarbeiten. Toolboxen, die als reine „Werkzeugkästen“ funktionieren, haben den Nachteil, dass sie, sollen sie im Umfang überschaubar bleiben, oft das für eine konkrete Lehrsituation benötigte „Werkzeug“ nicht enthalten. Ein Ansatz ist daher, Lehrenden durch ausgewählte Beispiele aus der MINT-bezogenen Genderforschung einen komprimierten und praxisorientierten

Überblick über wichtige Aspekte wie fachbezogenes Selbstkonzept und Stereotypisierung oder die Bedeutung der Fachkultur zu vermitteln. Dabei ist es wichtig klarzustellen, dass Mathematik, Informatik, Natur- und Ingenieurwissenschaften aufgrund ihrer historischen Entwicklung nicht als genderneutral betrachtet werden können.

Die Reflexion eigener Vorstellungen und Haltungen zur Rolle als Lehrende, auch in Bezug auf Genderfragen, erfolgt durch den Einsatz der aus dem „Design Thinking“ entlehnten Persona-Methode. Personas sind fiktive Charaktere, denen für die Einsatzsituation wichtige Merkmale, wie z.B. Alter, Geschlecht, familiäre Situation, wirtschaftliche Verhältnisse oder Bildungsbiographie zugeschrieben werden. Personas werden möglichst konkret gestaltet. Sie erhalten einen Namen und eine bildliche Darstellung (Zeichnung, Skizze, Collage, o.ä.). Die Lehrenden konstruieren eine fiktive Persona für eine konkrete Lehrveranstaltung und entwickeln mit ihrer Hilfe eine Vorstellung von der Lebens- und Lernsituation ihrer Studierenden, die gender- und diversitätsbezogene Aspekte umfasst. Außerdem identifizieren sie im kollegialen Austausch für diese Persona lernförderliche und lernhinderliche Elemente der ausgewählten eigenen Lehrveranstaltung. Im nächsten Schritt werden dann am Beispiel der Interaktion mit der Persona eigene Wahrnehmungen, Haltungen, Überzeugungen und Handlungsmuster analysiert und reflektiert. Ebenfalls am Beispiel der Persona werden Vorschläge erarbeitet, wie die Lehr-Lern-Situation so gestaltet werden kann, dass die Bedürfnisse der Persona berücksichtigt werden.

Auf der Basis dieser Selbstreflexion können Lehrende entscheiden, welche Veränderungen in ihrer Lehre am besten zu ihrer (Lehr-)Persönlichkeit und zu den fachlichen Anforderungen an ihr Lehrgebiet passen.

### 3. Beispiele für MINT-taugliche und gendersensible Lehr-Lern-Methoden

Just in Time Teaching (JiTT) (Kautz, 2016, Novak, Patterson und Gavrin, 1999) und Peer Instruction (PI) (Mazur, 2006, Bauer, 2019) sind zwei Lehr-Lern-Methoden, deren Wirksamkeit in der MINT-Lehre in zahlreichen Beiträgen zur Hochschuldidaktik beschrieben wird. Beide Methoden eignen sich für große, heterogene Lerngruppen, fördern die Eigenverantwortung der Studierenden für den Lernprozess schon zu Beginn des Studiums und regen zur eigenständigen Beschäftigung mit komplexen naturwissenschaftlichen oder technischen Fragestellungen an. Beide Methoden sind darüber hinaus dazu geeignet, den Lehr- und Lernprozess gendersensibel zu gestalten.

In großen Lerngruppen ist es für Studentinnen häufig besonders herausfordernd, sich im Plenum zu Fachfragen zu äußern, weil ihre Minderheitensituation immer im Hintergrund präsent ist und Stereotypisierungserfahrungen zu ungünstiger fachlicher Selbsteinschätzung führen. Wird die Auseinandersetzung mit einer fachlichen Fragestellung statt mit einer Frage an die gesamte Lerngruppe durch eine Peer Instruction gestaltet, bietet dies den Studierenden viel stärker die Möglichkeit, die eigene fachliche Kompetenz richtig einzuschätzen. Auch die Hemmschwelle, sich aktiv in die Diskussion der Fragestellung einzubringen, ist deutlich geringer, da nicht die Sorge besteht, sich vor der ganzen Gruppe oder der Lehrperson zu „blamieren“. Studentinnen sind in dieser Situation viel eher bereit, eigene Gedanken zu äußern und eigene Standpunkte gegenüber Mitstudierenden zu vertreten.

In einer als JiTT gestalteten Lehrveranstaltung gehört die Identifizierung und der Umgang mit individuellen Fragen und Lernschwierigkeiten zum Konzept der Lernmethode. Die Fragen und Anmerkungen der Lernenden werden durch die

Lehrperson durch geeignete JiTT-Fragen systematisch erhoben und als wertvoller Beitrag im Lernprozess betrachtet. Studierende erfahren dadurch eine Wertschätzung ihrer Beiträge, bei denen nicht die „richtige“ Antwort im Vordergrund steht, sondern eine an Lernzielen orientierte und reflektierende Beschäftigung mit den Inhalten. Durch die Auseinandersetzung mit den JiTT-Fragen in der Selbstlernphase erhalten alle Studierenden außerdem die Möglichkeit, die folgende Präsenzveranstaltung aktiv mitzugestalten. Das kommt dem Wunsch vieler Studentinnen nach einer weniger stark rezeptiv, reproduktiv und hierarchisch angelegten Wissensvermittlung entgegen.

### 4. Ansätze für eine hochschuldidaktische Fortbildung zum Thema gendersensible Lehre im MINT-Bereich

Eine hochschuldidaktische Fortbildung zum Thema gendersensible Lehre im MINT-Bereich sollte die Bereitschaft vieler Lehrender, sich mit dem Thema auseinanderzusetzen, aufgreifen. Vertiefte Kenntnisse der Genderforschung können bei den meisten Lehrenden nicht vorausgesetzt werden und sind auch nicht zwingend notwendig, um Ideen zur genderbewussten Umgestaltung der eigenen Lehrveranstaltung zu entwickeln. An ausgewählten Beispielen kann in komprimierter und praxisorientierter Form gezeigt werden, warum Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik nicht genderneutral sind. Besonders hilfreich sind dabei Studien, die aus einer Innensicht der Fachkultur und unter Beteiligung dort eingebundener Akteur\*innen entstanden sind. Auf dieser Basis und mit Hilfe entsprechender hochschuldidaktischer Methoden können Lehrende eigene Vorstellungen und Haltungen reflektieren und im kollegialen Austausch mit anderen Lehrenden Ansätze für eine genderbewusste Gestaltung der

eigenen Lehrveranstaltung passend zur eigenen Lehrpersönlichkeit erarbeiten. Dazu gehören auch die Vorstellung und Erprobung von Lehr-Lern-Methoden, deren Eignung für die MINT-Lehre nachgewiesen ist und die gleichzeitig die Vielfalt von Studierenden positiv in die Lehre einbeziehen.

#### Literatur

Bauer, T. (2019). Peer Instruction als Instrument zur Aktivierung von Studierenden in mathematischen Übungsgruppen. In: Math. Semesterberichte 66(2), 219-241. <https://doi.org/10.1007/s00591-018-0225-8>

Döring, N., Augustin, S. & Probstmeyer, K. (Hrsg.) (2013): Gender in der akademischen Lehre an Thüringer Hochschulen (Genial). Ausgewählte Forschungsergebnisse des Thüringer Verbundprojektes (Projektlaufzeit 2009 bis 2012). Langewiesen: Ilprint.

Erlemann, M. (2018). Fachkulturen und Geschlecht in den Natur- und Technikwissenschaften – Forschungsergebnisse am Beispiel der physikalischen Fachkulturen. In: Dehoff-Zuch, J.; Suhrcke, L. (Hrsg.). Schriftenreihe der Hochschule Emden/Leer (Band 27). Hochschule Emden/Leer.

Kautz, C. (2016). Wissenskonstruktion – Durch aktivierende Lehre nachhaltiges Verständnis in MINT-Fächern fördern. Schriften zur Didaktik in den Ingenieurwissenschaften, Nr. 4, 24-30. <https://doi.org/10.15480/882.1388>.

Mazur, E. (2006). Peer Instruction: Wie man es schafft, Studenten zum Nachdenken zu bringen (4/55). [http://www.bmo.physik.uni-muenchen.de/~riedle/E2p/skript/Mazur\\_22744.pdf](http://www.bmo.physik.uni-muenchen.de/~riedle/E2p/skript/Mazur_22744.pdf)

Mazur, E. (1997). Peer Instruction: A User's Manual. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall. Deutsche Übersetzung: Mazur, E. Peer Instruction – Interaktive Lehre praktisch umgesetzt (G. Kurz und U. Harten, Hrsg.). Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum 2017.

Münst, A. S. (2002). Wissensvermittlung und Geschlechterkonstruktion in der Hochschule. Ein ethnographischer Blick auf natur- und ingenieurwissenschaftliche Studienfächer. Weinheim: Beltz

Novak, G. M., Patterson, E. T. & Gavrin, A. D. (1999). Just-In-Time Teaching: Blending Active Learning with Web Technology. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall.

Shih, M., Pittinsky, T. L. & Ambady, N. (1999). Stereotype Susceptibility: Identity Salience and Shifts in Quantitative Performance. Psychological science, 10(1), 80-83.

#### Angaben zu den AutorInnen

##### 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 Mitarbeiterin im Referat Studium und Lehre (Hochschuldidaktik, Gender & Diversity) der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

# Wie gelingt die interhochschulische Vernetzung von Middle-Out-Transformierer:innen?

Anne Nadolny, Hochschule Hannover  
Michael Mayer, Karlsruher Institut für Technologie

## Zusammenfassung

Der Beitrag beschreibt den Entwicklungsprozess ausgewählter gelungener middle-out-initiiertes und kooperativ umgesetzter Weiterentwicklungen hochschulischer Lehr-Lernsysteme einzelner Hochschulen. Ausgehend von innerhochschulischen Prozessen, die auf die Mikro- und Mesoebene studentischer Kompetenzzaneignungsprozesse im Kontext ‚Schreibdidaktik‘ fokussieren, konnte eine bilaterale interhochschulische Kooperation etabliert werden. Der daraus generierte Mehrwert wird diskutiert. Er bildet die Grundlage für die Idee eines größeren interhochschulischen Netzwerks von Middle-Out-Transformierer:innen. Hierzu werden die notwendigen Voraussetzungen für das nachhaltige Etablieren sowie die Entwicklungspotentiale eines solchen Netzwerks erarbeitet.

## 1. Einleitung und Motivation

Um aktuellen und zukünftigen Herausforderungen (z. B. digitale Transformation, verantwortungsvolles Einbeziehen von KI) erfolgreich begegnen zu können, wird das hochschulische Lehr-Lernsystem kontinuierlich weiterentwickelt. Passgenaue Transformationen des Lehr-Lernsystems sind bezogen auf den jeweiligen Hauptfokus in Makro- (z. B. rahmengebende Vorgaben von Politik und Hochschule), Meso- (z. B. Curricula) und Mikro-Ebene (z. B. Lehr-Lernsetting) klassifizierbar (Merk, 2014) und stellen die zukunftsorientierte hochschulische Ausbildung der Studierenden sicher.

Hochschulische Transformationsprozesse können dabei top-down (z. B. Akkreditierung, Umsetzung von Leitbildern) initiiert werden. Solche Maßnahmen können im speziellen ‚System Hochschule‘ insbesondere dann große und nachhaltige Wirkungskraft entwickeln, wenn grundlegende Arbeitsparadigmen von Veränderungsprozessen (Burke & Ng, 2006; Nerdinger, 2011; Burke, 2023) zur Anwendung kommen. Gleichzeitig gestalten sich Prozesse der organisationalen Weiterentwicklung an Hochschulen durch fachkulturelle Besonderheiten (Multrus, 2005) herausfordernd. Deshalb stellen – neben Bottom-Up-Formaten (z. B. Individualförderung von Innovation für einzelne Angehörige des Lehr-Lernsystems, Teilnahme einzelner Personen an Fortbildungen) – partizipative Formate für hochschulische Veränderungsprozesse eine bedeutende und erfolgversprechende Ergänzung dar. Von ihnen wird insbesondere hohes Prozess- und Ergebniscommitment,

Passgenauigkeit für bestehende Bedarfe und erhöhte Motivation von beteiligten Akteur:innen erwartet. Somit rückt die Frage der Beteiligung an und Verantwortung für diesen Prozess in den Vordergrund. Das umfassende Involvieren unterschiedlicher ‚Prozess-Stakeholder‘ wie z. B. Lehrende, (Hochschul-)Didaktiker:innen und Studierende an der Weiterentwicklung des Lehr-Lernsystems wird für die hochschulische Ausbildung diskutiert (Härer & Herzwurm, 2022) und häufiger zum wünschenswerten (z. B. Heß et al., 2021) Regelfall.

Diese Rahmenbedingungen für Veränderungsprozesse motivieren Middle-Out-Transformierer:innen (MOT) dazu, selbst umfassend aktiv zu werden. Als MOT (Walter, 2016) werden in diesem Beitrag ‚Senior Scientists‘ in Fachdisziplinen verstanden. Gemeinsames Handeln wird hierbei für Prozesse und Resultate aber auch für effizientes Arbeiten und Nachhaltigkeit der Veränderung als besonderes gewinnbringend wahrgenommen. MOT zeichnen sich in den hier beschriebenen Beispielen u. a. durch ein gutes Netzwerk, Systemwissen, Kreativität, hohe Eigenmotivation sowie Bereitschaft zu Verantwortungsübernahme und partizipativer Prozessgestaltung aus. MOT sind sowohl in der Fachlehre als auch in (hochschulischen) Gremien engagiert und investieren somit Zeit und Ressourcen in gute Lehre (z. B. Jorzik, 2013). Deshalb erkennen sie Bedarfe und können diese hinsichtlich Wichtigkeit und chronologischer Abfolge einordnen. MOT verfügen über große praktische didaktische Erfahrung. Gleichzeitig ergänzen MOT ihre praktischen Kompetenzen durch Weiterbildungen und stellen so ein theoretisches Fundament sicher. Sie erkennen zudem den wechselseitigen Mehrwert der systematischen Einbindung von Akteur:innen des Third Space (Salden, 2013; u. a. (Hochschul-)Didaktiker:innen, Angehörige von zentralen Schlüsselkompetenzeinrichtungen) und sind

bereit, langjährige vertrauensvolle Third-Space-Kooperation aufzubauen und zu pflegen. Dadurch kann auch Perspektivenvielfalt für Transformationsprozesse besser sichergestellt werden.

Trotz alledem verbleibt die Weiterentwicklung des hochschulischen Lehr-Lernsystems unverändert aufwändig und häufig sind bspw. einzelne MOT in hervorgehobener Verantwortung für Veränderungsprozesse. Sie initiieren, pflegen und evaluieren ihre Kooperationen und stellen für andere Lehrende Verbindungen innerhalb der eigenen Hochschule her. Die interhochschulische Vernetzung von MOT gestaltet sich hingegen – trotz großem Potenzial für die Generierung von Mehrwert – in der Praxis herausfordernd und geschieht unsystematisch bzw. zufällig.

Die Autor:innen adressieren in diesem Beitrag des MINT2023-Symposiums – ausgehend von der Arbeitshypothese ‚MOT sollten sich auch interhochschulisch miteinander vernetzen, um (i) durch regelmäßigen und zielorientierten Austausch miteinander voneinander zu profitieren (z. B. Synergien nutzen) und um (ii) gemeinsam mehr (z. B. neue Kooperationen etablieren, Ressourcen einwerben) zu erreichen‘ – insbesondere die folgenden beispielhaften Fragen:

- Wie kann interhochschulische Vernetzung von MOT initiiert, gepflegt und intensiviert werden?
- Welches Transferpotenzial für Good-Practice-Beispiele für interhochschulische Vernetzung von MOT gibt es?
- Was sind Gelingensbedingungen bzw. Herausforderungen im Kontext von MOT-Vernetzungen?
- Welchen Mehrwert generiert interhochschulische Vernetzung von MOT?

Die Motivation hierfür liegt in fallbeispielbezogener Empirie (z.B. Kamm et al., 2022), durch die belegt werden konnte, dass sowohl inner- als auch interhochschulische Kooperation (z.B. Austausch) gewinnbringend für alle Beteiligten ist und eine wichtige Basis für die nachhaltige Entwicklung von anpassungs- und zukunftsfähigen Lehr-Lehrsettings sind. Im Beitrag werden deshalb in Kapitel 2 zwei Beispiele für gelungene innerhochschulische Middle-Out-Kooperation der Hochschule Hannover (HsH) und dem Karlsruher Institut für Technologie (KIT) sowie in Kapitel 3 der Mehrwert der interhochschulischen Kollaboration zwischen den beiden Autor:innen adressiert und Ausgestaltungsideen für die Vernetzung von MOT aufgegriffen.

## 2. Middle-out-Transformation am Beispiel ‚Wissenschaftliches Schreiben‘

In diesem Kapitel werden zuerst die beiden erfolgreich etablierten, langjährigen partizipativen Ansätze zur Unterstützung der studentischen Kompetenzerwerb hinsichtlich ‚Wissenschaftlichem Schreiben‘ an der HsH und am KIT beschrieben. Beide Ansätze wurden für die Bachelor-Studieneingangsphase in MINT-Studiengängen in enger Kooperation u.a. mit Fachexpert:innen der Schreibdidaktik umgesetzt. MOT agieren dabei agil in unterschiedlichen Rollen (z.B. Koordinator:in, Multiplikator:in, Facilitator:in, Fachexpertin, Coach, Entscheider:in), um den Transformationsprozess im komplexen System Hochschule nachhaltig voranzutreiben. Im Folgenden werden ausgewählte Rollen von MOT am Beispiel der Autor:innen präsentiert. Das Kapitel schließt mit Überlegungen zum Mehrwert von MO-Transformationen.

### Middle-Out-Transformation an der HsH in der Abteilung Maschinenbau

Ausgangspunkt der innerhochschulischen Middle-Out-Kooperation an der HsH Abteilung Maschinenbau (Abt. M) war die steigende Heterogenität der Studierendenschaft mit besonderem Fokus auf literale Kompetenzen. Der Bedarf einer systematischen Vermittlung von Schreibkompetenzen wurde von Fachlehrenden erkannt und mit Expert:innen aus dem HsH-internen Language Center, Schreib- und Hochschuldidaktiker:innen gemeinsam modulintegriert entwickelt. Aus ersten Angeboten im Rahmen von Einführungen in Laborveranstaltungen entstand eine vertrauensvolle Zusammenarbeit zwischen Fachlehre und Third Space (Nadolny et al., 2018). Diese führte 2016 zur curricularen Verankerung des Teilmoduls ‚Wissenschaftliches Schreiben und Präsentieren‘ im ersten Studienabschnitt in allen Bachelor-Studiengängen der Abt. M und der Einrichtung einer zentralen Schreibwerkstatt. 2019 wurde das Teilmodul inhaltlich und methodisch eng mit dem Physiklabor verzahnt und Teil des Moduls ‚Naturwissenschaften 2‘ mit begleitendem Tutorium. Checklisten und Bewertungskriterien werden regelmäßig abgestimmt und stehen den Studierenden zur Verfügung.

Das Netzwerk der HsH-Initiative besteht aus studentischen Tutor:innen, einem Angehörigen der zentralen Schreibwerkstatt, Fachlehrenden sowie Hochschuldidaktiker:innen. Zuständig für Koordination und Entwicklung ist eine MO-Transformiererin. Wichtige Voraussetzungen für die erfolgreiche Etablierung, Durchführung und Weiterentwicklung des Seminars sind die Verstärkung von Personal der Schreibdidaktik und die enge Zusammenarbeit von Schreib-, Hochschuldidaktik, Fachlehre und Tutor:innen. Zusätzlich ist für die Studierenden ein ergänzendes freiwilliges Begleitangebot zur Vertiefung von Themen zentral in der Schreibwerkstatt entstanden.

### Middle-Out-Transformation in der KIT-Lehreinheit ‚Geodäsie und Geoinformatik‘

Im Bachelor-Studiengang ‚Geodäsie und Geoinformatik‘ (Mayer et al., 2019) am KIT eignen sich Bachelor-Studierende im zweiten Fachsemester grundlegende Schreibkompetenzen im Rahmen der Pflichtlehrveranstaltung ‚Fit für Studium und Beruf‘ (FfS&B; 3 ECTS, Fachsemester: 1 – 2), die auf Bedarfe von studentischen Ankommenprozessen der Studieneingangsphase fokussiert, an. Neben literalen Kompetenzen werden in FfS&B datenanalytische Kompetenzen, Präsentationstechnik, Arbeitstechniken (z.B. Zielsetzung, -monitoring) und individuelle Reflexionskompetenz – angepasst an individuelle Vorkenntnisse – trainiert. FfS&B ermöglicht Studierenden zudem das Berufsbild zu schärfen und sich frühzeitig mit der Fach-Community zu vernetzen. Diese Lehrveranstaltung wird partizipativ mit Studierenden und Fachexpert:innen (z.B. HoC) kontinuierlich fortentwickelt.

In vier 90-minütigen Schreibkompetenz-Workshops werden durch eine von der zentralen wissenschaftlichen KIT-Einrichtung für Schlüsselkompetenzen (HoC) ausgebildete Schreib-Tutorin (Felchikov, 2001) Grundlagen präsentiert, in Pflichtübungsblättern individuell erarbeitet und durch individuelles Feedback begleitet. Anschließend werden die erworbenen literalen Kompetenzen in der Pflichtlehrveranstaltung ‚Vermessungskunde 2‘ desselben Semesters angewendet. Der konzeptionelle Ansatz stellt dabei durch Reviewprozesse Peer-Feedback, Feedback durch Schreib-Tutorin und den Fachdozierenden sicher. Das Netzwerk der KIT-Initiative besteht aus einer Schreib-Tutorin, HoC-Angehörigen, Fachlehrenden sowie dem Koordinationsteam für die nachhaltige Weiterentwicklung des Lehr-Lernsystems der Lehreinheit, das hochschuldidaktisch und systemisch weiterqualifiziert ist. Die Leitung des Koordinationsteams ist ein MO-Transformierer.

### Hochschulübergreifender Vergleich der Middle-Out-Transformationen

Aufbauend auf die beschriebenen Maßnahmen trainieren die Studierenden beider Initiativen in höheren Semestern in ausgewählten Pflichtlehrveranstaltungen anlassbezogen regelmäßig ihre Schreibkompetenz (Nadolny et al., 2019; Rabold et al., 2020) und erhalten individuelles formalisiertes Feedback, um sich systematisch auf die folgenden studienbezogenen und beruflichen Schreibaufgaben vorzubereiten.

Beide Initiativen sind Beispiele für langjährige, vertrauensvolle Kooperationen zwischen Fachdisziplin und zentralen Organisationseinheiten der jeweiligen Hochschule, wobei die Fachdisziplinen insbesondere durch prozessverantwortliche MO-Transformierer:innen repräsentiert werden. Auch wenn Kooperationen und zugehörige Prozesse signifikant unterschiedlich ausgestaltet sind, werden kontinuierliche und nachhaltige institutionelle Transformationsprozesse möglich (Schmidt & Schönheim, 2021). So konnte bspw. die durch die Covid19-Pandemie notwendig gewordene schnelle Transformation in den ERT-Modus (Hodges et al., 2020) für die beschriebenen studentischen Aneignungsprozesse im Kontext ‚Wissenschaftliches Schreiben‘ rasch und qualitativ hochwertig umgesetzt werden. Ebenso werden KI-bezogene Veränderungen für diesen Prozess aktuell schon diskutiert.

Das Gelingen dieser Kooperationen ist jedoch voraussetzungsreich und erfordert Fähigkeiten und Bereitschaften. Nadolny et al. (2022) haben diese Voraussetzungen vier Kategorien zugeordnet: Ziele, Kommunikation, Verantwortung und Vertrauen. Gemeinsame Ziele und Interessen sowie erreichbare Arbeitsziele zu definieren, erleichtert und fokussiert die Zusammenarbeit. In der Kommunikation spielen Informationsaustausch, Handlungsabstimmung und Verständnis

füreinander eine wichtige Rolle. Verantwortungsübernahme zeigt sich in realistischen Anforderungen und Planungen der Arbeitsprozesse sowie im konstruktiven Umgang mit Herausforderungen und der Einbindung von Studierenden in die Prozessgestaltung. Die Bereitschaft zu vertrauen, sich einzulassen und bspw. Fähigkeiten bzw. Bedenken von Prozessbeteiligten anzuerkennen, unterstützt robuste und anpassungsfähige Netzwerke und damit Transformation.

### 3. Mehrwert als Motivation für weitere und zukünftige Vernetzung von Middle-Out-Transformierer:innen

Es hat sich gezeigt, dass verschiedene Hochschulformen, hier Universität und Hochschule für angewandte Wissenschaften, unterschiedlich vorgehen, sich grundsätzliche Voraussetzungen zur erfolgreichen MO-Transformation und innerhochschulischen Kooperation aber ähneln. Dazu gehören langjährige vertrauensvolle Zusammenarbeit mit Akteur:innen des Third Space, ein gutes theoretisches und methodisches Fundament, Systemwissen, Kreativität, hohe Eigenmotivation sowie Bereitschaft zu Verantwortungsübernahme und partizipativer Prozessausgestaltung (vgl. Kapitel 1).

Das Interesse herauszufinden, welche Gelingensbedingungen allgemeingültig für erfolgreich etablierte Lehr-Lernentwicklungen und langjährige Kooperationen sind, führte zu einem tiefen Einblick in das jeweils andere Hochschulsystem und zum Abgleich der Voraussetzungen. Das Entdecken der Übereinstimmungen trotz signifikanter Unterschiede im jeweiligen Hochschulsystem und der Austausch über die Entwicklungsmöglichkeiten führten zu einer interhochschulischen Kooperation, zufällig entstanden beim MINT-Symposium 2019. Diese

erfolgreiche interhochschulische Kooperation fokussierte zu Beginn auf kollegialen Austausch, um insbesondere das eigene Handeln zu reflektieren und Ideen weiterzuentwickeln. Inzwischen übersteigen die Diskussionen das ursprüngliche Thema ‚Schreibkompetenz‘; bspw. werden aktuell Fragen zum Onboarding von Internationals hochschulübergreifend diskutiert.

Vernetzung führt aus Sicht der Autor:innen zu deutlichem Mehrwert, scheint aber voraussetzungsvoll, wenn daraus weiterführende Kooperationen entstehen sollen. Ein gemeinsames Interesse von und mit anderen zu lernen sowie Neugier auf andere Perspektiven sind aus Sicht der Autor:innen für eine gelingende Kooperation ebenso ausschlaggebend wie Freude am Diskurs und ehrliches Interesse an individuellen Beweggründen und Lösungsansätzen. So kann diese Initiative auch zu einer verbesserten Rollenexplizierung und damit zu einem verbesserten Kompetenzerwerb der Studierenden sowie einem verbesserten Wirken in der Fach-Community beitragen (Reinmann, 2023).

Durch Austausch wird zudem Prozesseffizienz unterstützt. In diesem Zusammenhang entstehen dann auch Synergien und es besteht die Möglichkeit, durch eine erweiterte Datenbasis Lehr-Lernforschung voranzutreiben. Die Nutzung von Good-Practice-Beispielen (z.B. transferfähige Entwurfsmuster) mit möglichem Peer-To-Peer Coaching, kann die eigene Lehr-Lernweiterentwicklung positiv beeinflussen. Zukunftsthemen (z.B. Partizipation, digitale Transformation, Bildung für nachhaltige Entwicklung) sind hochschulübergreifend ähnlich dringlich, auch wenn sich die dahinterliegenden institutionellen Systeme unterscheiden. Aus diesem Grund sehen die Autor:innen große Synergieeffekte in interhochschulischen MOT-Netzwerken und möchten durch einen Workshop auf der MINT-Tagung 2023 andere Personen involvieren,

Meinungen hören und in den künftigen Prozess einfließen lassen, um die in Kapitel 1 formulierten Fragen gemeinsam zu diskutieren und nächste Schritte – für den MOT-Vernetzungsprozess oder für prozessbegleitende Forschung – zu planen.

#### Literatur

Burke, R.; Ng, E. (2006). The changing nature of work and organizations: implications for human resource management. *Human Resource Management Review* (16):86–94.

Burke, W. (2023). *Organization Development*. Oxford Research Encyclopedia of Psychology. <https://oxfordre.com/psychology/view/10.1093/acrefore/9780190236557.001.0001/acrefore-9780190236557-e-734>.

Felchikov, N. (2001): *Learning Together: Peer Tutoring in Higher Education*. New York: Routledge Falmer.

Härer, F.; Herzwurm, G. (2022). Literaturanalyse zur Identifikation und Kategorisierung von Ansätzen der Studiengangsentwicklung. *Zeitschrift für Hochschulentwicklung* (17) 2: 61–80. <https://www.doi.org/10.3217/zfhe-17-02/04>

Heß, K.; Hillenbrandt, K.; Kemm, Y.; Mayer, M.; Sturm-Richter, K. (2021). Hochschuldidaktische Fachtandems als Schlüssel für eine integrative und nachhaltige Studiengangentwicklung. *Neues Handbuch Hochschullehre*, Kap. J.3 Organisationsentwicklung und Lehrkultur, Organisations- und Strukturwandel, J3.17.

Hodges, C.; Moore, S.; Lockee, B.; Trust, T.; Bond, A. (2020). The Difference Between Emergency Remote Teaching and Online Learning. *Educause Review*.

Jorzik, B. (Hrsg.). (2013). *Charta Guter Lehre. Grundsätze und Leitlinien für eine neue Lehrkultur*. Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft.

Kamm, B.; Mayer, M.; Nadolny, A.; Rabold, J.; Stöhr, M.; Weisberg, J. (2022). Hochschullehre Hand in Hand: Entwicklungs- und Akzeptanzfaktoren kooperativer, schreibkompetenzorientierter Lehr-Lerninitiativen im Praxisvergleich. Beitrag dghd-Jahrestagung 2022, [www.dghd22.de](http://www.dghd22.de).

Mayer, M.; Kutterer, H.; Cermak, J. (2019). Forschungsorientiert und kompetent – Ausgestaltung von hochschulischen Veränderungsprozessen am Beispiel der Lehreinheit „Geodäsie und Geoinformatik“ am Karlsruher Institut für Technologie (KIT). *zfv* (144) 4:206–222.

Merkt, M. (2014). Hochschuldidaktik und Hochschulforschung. Eine Annäherung über Schnittmengen. *Die Hochschule: Journal für Wissenschaft und Bildung* (23) 1:92–105.

Multrus, F. (2005). Identifizierung von Fachkulturen über Studierende deutscher Hochschulen. Ergebnisse auf der Basis des Studierenden surveys WS 2000/01. Hefte zur Bildungs- und Hochschulforschung (45). Universität Konstanz, Arbeitsgruppe Hochschulforschung, Konstanz.



Nadolny, A.; Stöhr, M.; Weisberg, J. (2022). Zusammenarbeit auf Augenhöhe - Gelingensbedingungen für die Kooperation von Fachlehrenden und Hochschuldidaktiker\*innen am Beispiel der fachlichen Schreibkompetenzförderung in einem ingenieurwissenschaftlichen Studiengang. In: Leben, N., Reinecke, K., Sonntag, U. (Hrsg.) Hochschullehre als Gemeinschaftsaufgabe. Akteur:innen und Fachkulturen in der lernenden Organisation, Blickpunkt Hochschullehre, Bielefeld: wbv. S. 73 - 78.

Nadolny, A.; Stöhr, M.; Weisberg, J. (2019). Lernen über Modulgrenzen hinweg: Fachliche Schreibkompetenz in MINT-Fächern systematisch weiterentwickeln. In: B. Meissner, C. Walter, B. Zinger, J. Haubner, F. Waldherr (Hrsg.), Tagungsband zum 4. Symposium zur Hochschullehre in den MINT-Fächern, Nürnberg. S. 119-127.

Nadolny, A.; Stiller, W. P.; Weisberg, J. (2018). Versuchsberichte schreiben üben. Ein Praxisbeispiel für die modulintegrierte Förderung von literalen Fachkompetenzen in einem ingenieurwissenschaftlichen Studiengang. In: Graßmann, R. (Hrsg.) Die Schreibübung in Natur- und Ingenieurwissenschaften. Göttingen: Cuvillie S. 115 - 124.

Nerdinger, F. (2011). Organisationsentwicklung. In: Arbeits- und Organisationspsychologie. Springer-Lehrbuch. Springer, Berlin, Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-16972-4\\_12](https://doi.org/10.1007/978-3-642-16972-4_12).

Rabold, J.; Heublein, M.; Mayer, M. (2020). Beteiligung von Studierenden bei der Weiterentwicklung des Lehr-Lernsystems. die hochschullehre (6). DOI: 10.3278/ HSL2041W

Reinmann, G. (2023). Wozu sind wir hier? Eine wertebasierte Reflexion und Diskussion zu ChatGPT in der Hochschullehre. Impact Free, 51, 1-12.

Salden, P. (2013). Der Third Space als Handlungsfeld in Hochschulen: Konzept und Perspektive. In: M. Barnat, S. Hofhues, A. C. Kenneweg, M. Merkt, P. Salden, D. Urban (Hrsg.): Junge Hochschul- und Mediendidaktik. Forschung und Praxis im Dialog. Hamburg.

Schmidt, U.; Schönheim, K. (2021). Transfer von Innovation und Wissen - Gelingensbedingungen und Herausforderungen. Wiesbaden: Springer VS.

Walter, A. (2016). Top-down, bottom-up oder middle-out?. In: Mittleres Management - Schlüssel zum Unternehmenserfolg. Springer Gabler, Wiesbaden. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-07966-6\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-658-07966-6_7)

#### Angaben zu den AutorInnen

##### Anne Nadolny

Professorin für Bioprozess- und Umwelttechnik an der Hochschule Hannover, Fakultät II Maschinenbau und Bioverfahrenstechnik mit einem inhaltlichen Schwerpunkt auf Bildung für nachhaltige Entwicklung in der interdisziplinären und internationalen Zusammenarbeit und deren Herausforderungen in Lehre und Forschung.

##### Michael Mayer

Nach Geodäsie-Diplomstudium und Promotion an der Universität Karlsruhe (TH) Arbeitsgruppenleiter „Satellitennavigation“ am Geodätischen Institut des Karlsruher Instituts für Technologie. In der Lehrereinheit Geodäsie und Geoinformatik betraut mit der nachhaltigen Weiterentwicklung des Lehr-Lernsystems. An der KIT-Fakultät BGU verantwortlich für das Projekt ‚Studienstart‘.

## Standardisierung durch Wissensmodelle für eine Ökonomisierung der Bildungsproduktion

Andreas Baumgart, Selin Aykir, Stefan Ukena  
Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

### Zusammenfassung

Wissensmodelle sind ein zentrales Werkzeug in der Bildungsproduktion, wenn Lernziele unmissverständlich zwischen Bildungsorganisationen sowie deren Menschen und IT-Systemen ausgetauscht werden sollen. Diese Interoperabilität ist eine zentrale Grundlage, um Ressourcen – besonders im öffentlichen Sektor – ökonomisch zu nutzen. So erlaubt es ein standardisiertes Wissensmodell, Lernobjekte frei und zweckgerichtet auszutauschen, Lernstände auch über die Grenzen von Bildungsorganisationen hinweg eindeutig zu kommunizieren und einfache Interaktionen zwischen Computersystem und Lernenden zu ermöglichen. Lehrende sollen so von Routineaufgaben entlastet und Lernende durch einfache, automatisierte Lehrinterventionen unterstützt werden.

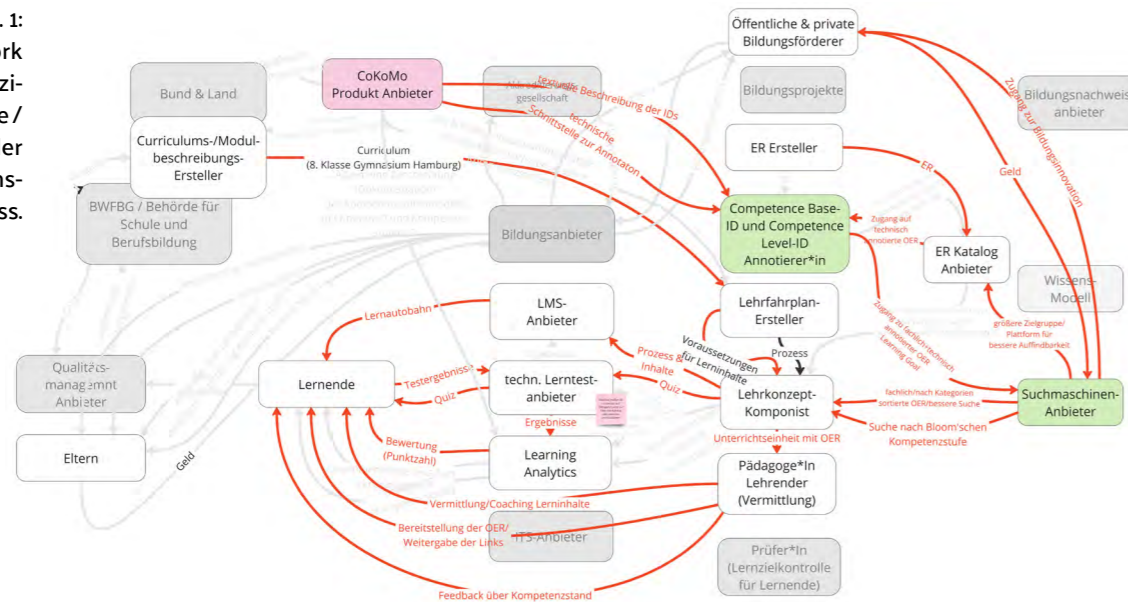
Dabei stellen wir in diesem Artikel keine Software oder Dienstleistung vor, die im konkreten Bildungskontext einen Mehrwert erzeugt. Wir stellen ein Wissensmodell vor, von dem wir glauben, dass es eine neue, innovative Bildungslandschaft ermöglicht, in der Lehrende und Lernende von Computernutzen profitieren können.

### 1. Wissensmodell als „Enabler“ für ein ökonomisches Bildungswesen

Bildung steht in der Kritik mangelnder Innovationsleistung (Füller, 2023) mangelnden Reformwillens (Baumann, 2023) oder dem systemischen „Phänomen der Kostenkrankheit“ (Baumol, 1967, zitiert nach Graßl, 2019, S.40). Wir wollen hier Bildung als Produktionsprozess unter ökonomischen Gesichtspunkten adressieren. Wir fragen nach den Rollen/Stakeholdern und dem zwischen ihnen übergebenen Mehrwert – und danach, welche neue Rolle einen Technologiesprung ermöglichen kann. Dabei beschränken wir uns auf Themen mit direktem Bezug zum E-Learning, hier verstanden als die Inhalte und Technologien aus Lernobjekten (LO), Informationstechnologie und Lerntheorie. Unser Ausgangspunkt ist die Wertschöpfung zwischen Staat, Wirtschaft/Unternehmen, Drittem-/Non-Profit-Sektor und privaten Haushalten.

Im Zentrum unserer Überlegungen steht dabei die Bedeutung von standardisierten Wissensmodellen – also einer Beschreibung davon, „was man wissen kann“. Standardisieren bedeutet: Menschen müssen sich auf eine Systematik zur Implementierung einigen (!) – und in verschiedenen Rollen auf das Modell zugreifen. So entstehen „shared digital artefacts“ von Wissen, die sowohl Menschen als auch Computer in kongruenter Weise nutzen können. Der Austausch von formalisiertem Wissen eröffnet neue Möglichkeiten, wie Computer die Akteure, insbesondere Lehrende und Lernende, bei einfachen Bildungsprozessen unterstützen können – von der

Abb. 1:  
Value-Network  
für eine spezi-  
fische Rolle/  
Stakeholder  
im Produktions-  
prozess.



semantisch angereicherten Lernstandsdocumentation über die Auswahl passender Lernobjekte in konkreten Lernsituationen bis hin zu einfachsten Lehrinterventionen.

Wissensmodelle sehen wir als „Enabling Technology“ für tiefgreifende, positive Veränderungen des Bildungswesens und stellen dies anhand eines Zukunftsszenarios dar. Wir gehen folgenden Fragen nach:

- Welche Stakeholder und Rollen mit Bezug zu Wissensmodellen sehen wir im Umfeld von E-Learning?
- Wie können Wissensmodelle die Rahmenbedingungen der Bildungsproduktion verändern?
- Welche daraus abgeleiteten Anforderungen soll unser Wissensmodell erfüllen?

Für die Beantwortung dieser Fragen analysieren wir Stakeholder – sowohl bereits existierende wie auch zukünftige – in einem „Value Network“ (Ricciotti, 2020). Bereits existierende sind z. B. Lernmanagementsysteme (LMS), OER-Kataloge, Lehrende, Lernende, Eltern. Zukünftige sind z. B. Intelligente Tutoringsysteme (ITS) (Baumgart & Madany, 2022; Kortemeyer & Dröschler, 2021a; Singh, Gunjan, & Zurada, 2022), LO-Annotierer, Learning-Analytics (LA)-Provider (lfenthaler & Yau, 2020). Das Value Network zeigt uns, welche Inhalte die Akteure eines zukünftigen Bildungswesens auf Grundlage eines Wissensmodells austauschen. Dabei adressieren wir auch eine Reihe von Herausforderungen der post-LMS-Ära (Kortemeyer & Dröschler, 2021b). Das Value-Network in Abbildung 1 ist für uns der Ausgangspunkt.

## 2. Ein Zukunftsszenario

Wie ein Wissensmodell zu einem „Enabler“ werden kann, zeigt dieses Zukunftsszenario:

Eine Lehrerin überprüft die Kompetenz ihrer Schülerinnen und Schüler (SuS) zu Problemen der folgenden Art:

Aus einem Quadrat mit einem Flächeninhalt von  $36 \text{ cm}^2$  wird wie skizziert ein Kreis (grau) maximalen Durchmessers ausgestanzt. Berechne den Flächeninhalt der verbleibenden Fläche.

Die Lehrerin identifiziert drei Wissens Elemente als Grundlage zur Lösung der Aufgabe:

#	Kompetenzen & Inhalte	Titel des formalisierten Wissens elements
1	$A_{\blacksquare} = a \cdot a$ $A_{\bullet} = \frac{\pi}{4} d^2$	Formelsammlung Flächeninhalte 2D
2	$A_{\blacksquare} = A_{\bullet} + A_{\text{Rest}}$	Superposition von Flächeninhalten in 2D
3	$A_{\text{Rest}}$ berechnen	Lösung einer algebraischen Gleichung nach einer Unbekannten.

Die Lehrerin findet diese drei Elemente in einem Wissensmodell und überträgt deren „IDs“ als Spezifikation für einen Test in ihr LMS. Dieses wird nun ihren 28 SuS jeweils 28 eigene, zur Spezifikation passende, Hausaufgaben zuweisen. Dafür findet das LMS die Aufgaben automatisch in den angeschlossenen Katalogsystemen – mit Hilfe der IDs des Wissensmodells – organisiert den Test und stellt ihn bereit.

Die SuS bearbeiten den Test und erhalten unmittelbar nach der Abgabe ein Feedback zur abgegebenen Lösung vom angeschlossenen ITS. Das ITS nutzt dazu „Competency Statements“ (Anderson & Krathwohl, 2001) („Ich kenne die Formel zur Berechnung des Flächeninhalts eines Kreises.“) aus dem Wissensmodell und stellt anhand dessen auch Bedeutungszusammenhänge zwischen den drei Wissens elementen und darüber hinaus dar. Dafür kann das ITS unterscheiden oder erfragen, ob für die richtige Antwort z. B. eine Formel fehlte – oder die Modellierung der Superposition der Flächeninhalte nicht gelang.

Zum Testende stellt eine LA-Anwendung – auf Basis der IDs des Wissensmodells – eine kompetenzbasierte und konsolidierte Auswertung zur Verfügung. Die Daten des Tests werden gespeichert und dokumentieren den individuellen sowie kollektiven Lernstand – den auch andere Stakeholder interpretieren können – sofern sie das gleiche Wissensmodell nutzen.

Unser Wissensmodell sehen wir in diesem Szenario als „Enabler“, weil es selbst keinen direkten Mehrwert für Lehrende oder Lernende bietet, sondern Grundlage für neue Technologien sein kann: durch die Interaktion und in Kombination mit anderen Anbietern (Kataloge, LA, ITS, ...) entstehen Bildungsprozesse, die Lehrende entlasten und Lernende im Prozess unterstützen.

**Die Herausforderung**

Eine zentrale Herausforderung für die Verbreitung eines Wissensmodells sind dabei die unterschiedlichen Sichtweisen, die Bildungsanbieter (Schulen, Online-Nachhilfe, Curricula-Erstellung, ...), die Fachdisziplinen (Pädagogik, Didaktik) sowie die Informationstechnologie (Web-Anwendungen, Ontologie-Beschreibungsformen, ...) auf ein Wissensmodell haben.



Abb. 2: Sichtweisen aus verschiedenen „Welten“ auf ein Wissensmodell.

So verwenden alle drei „Welten“ eine Anzahl von Wissensmodellen – die allerdings nicht vollständig kompatibel miteinander sind. Wie diese Modelle aussehen, zeigen wir an Beispielen:

**Der Bildungsanbieter**

Grundlage der Bildungsproduktion sind Curricula, im Beispiel oben der Bildungsplan für die Sekundarstufe I eines Hamburger Gymnasiums im Fach Mathematik (Freie und Hansestadt Hamburg, 2011).

Für das „Lernen im Fach Mathematik“ werden einerseits didaktische Grundsätze formuliert – also der gewünschte Lehr- und Lernprozess beschrieben. Die „Kompetenzen und Inhalte im Fach Mathematik“ werden unter den Kategorien „prozessbezogene“ und „inhaltsbezogene“ Kompetenzen die Lernthemen textuell beschrieben – also „was man wissen kann“. Unser Beispiel würde hier vermutlich unter die inhaltsbezogene Kompetenz

- L2: Leitidee Größen und Messen mit dem Fachbegriff „Flächeninhalt“ fallen, die prozessbezogenen Kompetenzen könnten mit
- K3: Probleme mathematisch lösen,
- K4: Mathematisch modellieren erfasst werden.

Für die Bildungsproduktion bietet dieses Wissensmodell einen informellen, thematischen Rahmen – ist aber nicht maschinenlesbar und bietet im Sinne unseres Zukunftsszenarios deshalb nur einen geringen Mehrwert.

**Die Informationstechnologie**

Die Informationstechnologie beschreibt verschiedene Ausprägungen von Wissensmodellen. Ihre nicht-technischen Grundlagen bilden neben der Klassifizierung von Modellen auch formale Beschreibungsformen wie OWL (OWL, 2012)

und für ihre Implementierung z.B. in RDF. Das zentrale Kriterium für die Beschreibung von Wissen in formalisierten Modellen ist das „Level of Semantic Richness“ (LSR) (Wang & Wang, 2021), also deren semantische Aussagekraft. Modelle können so einfach wie Listen von Begriffen sein – die sich z.B. aus Bildungsplänen generieren lassen – bis hin zu komplizierten Graphenmodellen, die formale Sätze der Aussagenlogik gemeinsam mit Schlussfolgerungsrelationen abbilden (Hitzler, Krötzsch, Rudolph, & Sure-Vetter, 2008).

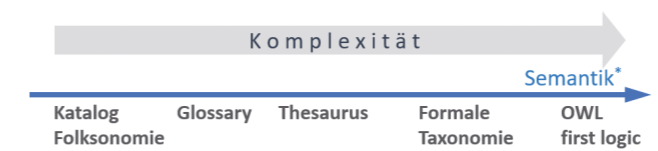


Abb. 3: „Level of Semantic Richness“ (\*Semantik) gegenüber der Komplexität des Modells.

Unser Zukunftsszenario könnte in einem Graphenmodell mit Knoten und Kanten folgende Gestalt annehmen:

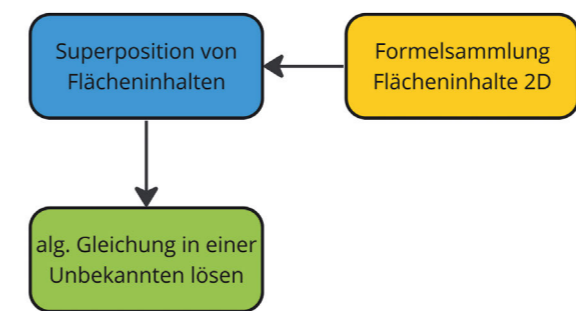


Abb. 4: Ein möglicher Graph für das Wissensmodell unseres Beispiels.

Im Mittelpunkt steht in unserem Beispiel die Erstellung eines Mathematischen Modells für die „Superposition der Flächeninhalte“. Die „Formelsammlung“ liefert hierfür die Grundlagen. Und die resultierende algebraische Gleichung in einer Unbekannten wird abschließend gelöst. Die Knoten des Modells können dabei wie skizziert mit Pfeilen verbunden werden wie in (LOD, 2023) und diese mit einer Bedeutung (z.B. „requires“) versehen werden. Die Knoten können außerdem verschiedene Typen von Wissen kennzeichnen, wie z.B. „Konkrete Aussagen“, Gleichung als „mentales-Modell“ oder „Prozess“ wie in (Hattie & Yates, 2014; Paquette, 2010). Praktikabel sind solche Modelle aber nur, wenn es über passende Meta-Modelle – also Definitionsschemata für den Bau von Modellen – und Bedeutungszusammenhänge gelingt, Wissen zu passenden Knoten zu aggregieren und so die Zahl der Elemente auf ein handhabbares Maß zu beschränken.

Die Informationstechnologie liefert hier also einen Ermöglichungsraum. Die Herausforderung liegt nun darin, einen brauchbaren Kompromiss zwischen der Komplexität des Modells einerseits und seiner Nutzerfreundlichkeit andererseits zu finden.

**Die Methoden der Pädagogik**

Neben dem „was“, ist die Frage nach dem „wie“ etwas gelernt werden soll von zentraler Bedeutung für unser Meta-Modell. Während die Bildungspläne primär der Festlegung des „was“ dienen, bestimmen die Methoden der Pädagogik die Anforderungen an das LSR, das für computerbasierte Lehrinterventionen erforderlich ist. Während z.B. die Annotation von Lernobjekten in unserem Zukunftsszenario lediglich ein Glossar von Begriffen erfordert, benötigen Anwendungen wie ein ITS ein

Wissensmodell, das mindestens die Charakteristika von und bestimmte Bedeutungszusammenhänge zwischen Begriffen erfasst (Paquette, 2010).

In der Pädagogik finden wir Sichtweisen zum „was“ und „wie“ des Wissens, die mit dem Bildungsplan (Freie und Hansestadt Hamburg, 2011) kongruent sind. Hier liefert z.B. Hattie (Hattie & Yates, 2014) eine Typologie von Wissen und (Anderson & Krathwohl, 2001) ein Klassifikationssystem für Lernziele, die auch Eingang in die Bildungspläne und die Beschlüsse zur „Entwicklung eines an Standards orientierten Unterrichts in einem datengestützten Entwicklungskreislauf“ (KMK & Humboldt-Universität zu Berlin, 2010) gefunden haben. Die relevanten Typen von Wissen werden in (Hattie & Yates, 2014) mit „Ideas“, „Schemata“, „Mental Models“ und „Procedural Knowledge“ gekennzeichnet, wobei Schemata u.a. als Aggregation von aufeinander bezogenen „Ideas“ verstanden werden.

Die „wie“-Dimension liefert wertvolle Hinweise, wie Wissen erworben und verstetigt wird (Hattie & Yates, 2014). Also auch, wie ein ITS mit Lehrinterventionen eine Lehrperson unterstützen kann. Von den vielen Einflussfaktoren sei exemplarisch „Prior knowledge effects are powerful“ (Hattie & Yates, 2014) genannt, der die Relevanz der Verknüpfung von Wissen mit Bedeutungszusammenhängen hervorhebt.

### 3. Ein pragmatischer Ansatz für unser Wissensmodell

Was unser Modell braucht: einen pragmatischen Ansatz, um diese Sichtweisen unter einen Hut zu bringen. Unser Ziel dabei: einen Service bereitzustellen, der den Anforderungen von Bildungsanbietern und Pädagogik genügt sowie den

Ermöglichungsraum der Informationstechnologie ausschöpft. Tun wir das Richtige, dann werden

- Lehrende unseren Service nutzen, um ihre Wissensmodelle zu „konstruieren“, zu teilen, mit ihren Peers zu diskutieren und Modelle zu konsentieren,
- Autorinnen und Autoren von Lernobjekten ihre Inhalte mit den IDs unseres Modells annotieren sowie Kataloge eine Suche nach diesen IDs explizit unterstützen und
- IT-ler unser Modell für ihre Entwicklungsarbeit nutzen.

Dabei nutzen wir eine Kombination aus zwei Modell-Klassen: Wir verwenden einerseits eine Variante der klassischen Bloom'schen Taxonomie (Anderson & Krathwohl, 2001), um Kompetenz zu einem bestimmten Begriff zu quantifizieren. Und wir verwenden ein Graphenmodell für die Erfassung der Begriffe und deren Bedeutungszusammenhänge. Für das Graphenmodell haben wir Metamodelle analysiert und besonders intensiv die semi-formale Methode „Modeling using Object Types“ (MOT) aus Paquette (2010) erprobt. MOT nutzt insgesamt 6 Knotentypen, dabei sind drei abstrakt und drei konkret. Die Modellbildung mit MOT erwies sich als sehr mühsam, weil die eingesetzten Datentypen in konkreten Anwendungsfällen sich oft nicht eindeutig zuordnen ließen. Wir arbeiten deshalb jetzt mit drei Knotentypen, die in Anlehnung an Hattie & Yates (2014) und Paquette (2010) formuliert wurden, nämlich

1. Prinzip,
2. mentales-Modell und
3. Prozedur.

Diese nutzen wir zunächst für die Modellbildung in der Mathematik und Physik. Durch die Beschränkung auf nur drei Typen wird das einfacher und reduziert unmittelbar die Komplexität des Modells. Ein bisschen ist es wie beim Bau eines Raumschiffes mit Lego: Es ist schnell zusammengesteckt und bringt schnell Ergebnisse. Dennoch weist auch die Modellierung mit

drei Knotentypen einen hohen Komplexitätsgrad auf, der weiter durch mögliche Anpassungen des Meta-Modells reduziert werden muss.

Dieses Wissensmodell implementieren wir in einer Web-Applikation, auf die man von „beiden“ Seiten zugreifen kann: einerseits als Mensch, der Modelle selbst baut oder auf der Suche nach passenden Inhalten durchforstet, und andererseits als Client eines Anbieters, der es für seine Dienstleistungen nutzen will.

Andere Modelle wie SKOS (W3C, 2009), ESCO (European Commission, 2017) oder AMB (Pohl, 2020) adressieren diese Maschinenlesbarkeit, fokussieren aber auf Qualifizierungsmodelle für Bildungsabschlüsse. Ihnen fehlt dann oft der Detaillierungsgrad, um z.B. Lernobjekte sicher zu annotieren.

Warum setzen wir dabei auf die Mitarbeit von vielen Menschen zum Aufbau eines gemeinsamen Wissensmodells, wenn „Large Language Models“ (LLM), z.B. „ChatGPT“ oder die Analyse von „success stories“ (Kortemeyer & Dröschler, 2021a) dies viel schneller und billiger machen?

Unser Wissensmodell ist als Schnittstelle zwischen Menschen und Computern konzipiert. Ohne Lehrpersonen wird es auch in näherer Zukunft keine effizienten Lernprozesse geben (Hattie & Yates, 2014). Es muss explizit (nicht wie in einem LLM implizit) z.B. in Form eines Wissensgraphen und sinnvoll ausformulierter Beschreibungen vorliegen, um auch von Menschen sinnvoll interpretiert zu werden. So kann man einem LLM zwar die Frage stellen: Welche Kompetenzen braucht man, um die Aufgabe aus unserem Zukunftsszenario zu lösen? Die Antwort beruht dann allerdings auf dem Modell eines Kompetenzbegriffs, der für Menschen nicht zugänglich ist.

Unser Ziel ist es deshalb, die Keimzelle für ein „Community Engagement“ zu bilden, aus der heraus Menschen aus Pädagogik, Bildungsorganisationen und Informationstechnologie neue und innovative Anwendungen für die Bildungsproduktion entwickeln.

### 4. Fazit

Wir sehen keine sichtbaren technischen Hindernisse auf dem Weg zu einem frei verfügbaren, standardisierten Wissensmodell, das neue, innovative Dienstleistungen im Bildungsbereich ermöglicht. Unsere Erfahrung ist jedoch, dass die passende Abwägung zwischen der Komplexität des Modells sowie den resultierenden Kosten für die Erstellung eines konkreten Wissensmodells einerseits und dessen Nutzen für das Bildungssystem andererseits den Ausschlag für Erfolg oder Misserfolg am Bildungsmarkt bringen wird. Wir schlagen hier ein konkretes Modell zur Implementierung und Nutzung vor, das vor allem pragmatischen Abwägungen zwischen Interessengruppen folgt.

Dieses Wissensmodell kann Grundlage für die Entwicklung, Bereitstellung und Nutzung von Wissensstandards für eine strategische Weiterentwicklung des Bildungssystem in Deutschland sein – insbesondere vor dem Hintergrund einer neuen, wissensbasierten Wirtschaft (EU, 2000).

### Hinweis zur Förderung

Das diesem Bericht zugrunde liegende Projekt wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 16INB2010 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.  
Die CoKoMo-Projektseite ist zu finden unter <https://www.cokomo-it.de>.

### Literatur

Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (Hrsg.). (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives* (Complete ed). New York: Longman.

Baumann, M. (2023, März 10). „Wir brauchen einen radikalen Ansatz“ im Interview mit Thomas de Maizière. *Die Zeit*. Abgerufen von <https://www.zeit.de/gesellschaft/schule/2023-03/thomas-de-maiziere-schule-verwaltung-reform>

Baumgart, A., & Madany (2022). A Knowledge-Model for AI-Driven Tutoring Systems. In M. Tropmann-Frick, H. Jaakola, B. Thalheim, Y. Kiyoki, & N. Yoshida (Hrsg.), *Frontiers in Artificial Intelligence and Applications*. IOS Press. <https://doi.org/10.3233/FAIA210474>

EU. (2000). Europäischer Rat 23. Und 24. März 2000 Lissabon Schlussfolgerungen des Vorsitzes. Abgerufen von [https://www.europarl.europa.eu/summits/lis1\\_de.htm](https://www.europarl.europa.eu/summits/lis1_de.htm)

European Commission. (2017). *ESCO handbook: European skills, competences, qualifications and occupations*. LU: Publications Office. Abgerufen von <https://data.europa.eu/doi/10.2767/934956>

Freie und Hansestadt Hamburg (Hrsg.). (2011). *Bildungsplan Gymnasium der Stadt Hamburg, Sekundarstufe I, Mathematik*, Behörde für Schule und Berufsbildung. Abgerufen von <http://www.hamburg.de/bildungsplaene/nofl/2373292/mathematik-gym-seki/>

Füller, C. (2023). „Tutoring for All“ – Digitaler Tutor hilft Null-Bock-Lesern. *Die Zeit*.

Graßl, H. (2019). *Ökonomisierung der Bildungsproduktion: Zu einer Theorie des konservativen Bildungsstaats*. Nomos Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG. <https://doi.org/10.5771/9783845291239>

Hattie, J., & Yates, G. (2014). *Visible learning and the science of how we learn*. London; New York: Routledge, Taylor & Francis Group.

Hitzler, P., Krötzsch, M., Rudolph, S., & Sure-Vetter, Y. (Hrsg.). (2008). *Semantic Web: Grundlagen* (1. Aufl.). Berlin Heidelberg: Springer.

Ifenthaler, D., & Yau, J. Y.-K. (2020). Utilising learning analytics to support study success in higher education: A systematic review. *Educational Technology Research and Development*, 68(4), 1961-1990. <https://doi.org/10.1007/s11423-020-09788-z>

KMK, & Humboldt-Universität zu Berlin (Hrsg.). (2010). *Konzeption der Kultusministerkonferenz zur Nutzung der Bildungsstandards für die Unterrichtsentwicklung*. Köln: Link.

Kortemeyer, G., & Dröschler, S. (2021a). A user-transaction-based recommendation strategy for an educational digital library. *International Journal on Digital Libraries*, 22(2), 147-157. <https://doi.org/10.1007/s00799-021-00298-8>

Kortemeyer, G., & Dröschler, S. (2021b). Report from the Next Generation Learning Management System Workshop 2020. *Eleed*, 14(1). Abgerufen von <https://www.eleed.de/archive/se2021/5323/index.html>

LOD. (2023). *LOD-Cloud The Linked Open Data Cloud*. Abgerufen von <https://lod-cloud.net>

OWL. (2012, Dezember 11). *OWL – Semantic Web Standards*. Abgerufen 12. Juni 2023, von <https://www.w3.org/OWL/>

Paquette, G. (2010). *Visual Knowledge Modeling for Semantic Web Technologies: Models and Ontologies*. IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-61520-839-5>

Pohl, A. (2020, Mai 4). *Entwicklung eines Profils für OER-Metadaten mit JSON Schema & SkoHub*. Abgerufen am 25. Juni 2023, von <https://slides.lobid.org/kim-ws-2020/#/>

Ricciotti, F. (2020). From value chain to value network: A systematic literature review. *Management Review Quarterly*, 70(2), 191-212. <https://doi.org/10.1007/s11301-019-00164-7>

Singh, N., Gunjan, V. K., & Zurada, J. M. (2022). Performance Metrics: Intelligent Tutoring System. In N. Singh, V. K. Gunjan, & J. M. Zurada, *Cognitive Tutor* (S. 117-137). Singapore: Springer Nature Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-19-5197-8\\_7](https://doi.org/10.1007/978-981-19-5197-8_7)

W3C. (2009, August 18). *SKOS Simple Knowledge Organization System Reference*. Abgerufen am 15. Juni 2023, von <https://www.w3.org/TR/skos-reference/>

Wang, Y., & Wang, Y. (2021). A Survey of Ontologies and Their Applications in e-Learning Environments. *Journal of Web Engineering*. <https://doi.org/10.13052/jwe1540-9589.2061>

### Angaben zu den AutorInnen

#### Andreas Baumgart

... lehrt Grundlagenfächer im Maschinenbau an der HAW Hamburg. Er orientiert sich am Konzept der Kompetenzorientierung und erstellt Inhalte zum E-Learning. In seinem früheren Leben hat er Normen und Industriestandards mit verfasst.

#### Selin Aykir

... studierte Produktionstechnik an der HAW Hamburg, ist aktuell Wissenschaftliche Mitarbeiterin im Projekt CoKoMo zur Entwicklung eines Wissensstandard im E-Learning mit Fokus auf die Organisationsentwicklung.

#### Stefan Ukena

... studierte Informatik und Philosophie an der Uni Hamburg, Mitarbeit am standardisierten Leistungskatalog „LeiKa“ der Verwaltungen des Bundes, der Länder und Kommunen. Selbstständiger Berater mit Schwerpunkt Software-Entwicklungsprozesse und Digitalisierung.

# Nachhaltigkeit in der informatischen Lehre am Beispiel KI

Benedikt Zönnchen, Markus Friedrich, Veronika Thurner  
Hochschule München

## Zusammenfassung

Die Lehrveranstaltung „Nachhaltigkeit & KI“ verbindet Konzepte der nachhaltigen Entwicklung mit künstlicher Intelligenz, um Studierende auf komplexe, interdisziplinäre Problemstellungen unserer Zeit vorzubereiten. Ziel ist es, Studierende informatiknaher Studiengänge dabei zu unterstützen, ein fundiertes Verständnis für die Zusammenhänge von Nachhaltigkeit und künstlicher Intelligenz sowie deren Bedeutung für nachhaltige Entwicklung zu entwickeln. Durch die semesterbegleitende Projektarbeit lernen die Studierenden, Problemstellungen mit Nachhaltigkeitsbezug mittels erlernter Techniken aus dem Bereich des maschinellen Lernens zu lösen und dabei ganzheitliche, systemische Denkansätze zu verfolgen. Ergänzend fördert die indirekte Konfrontation mit bestehenden und tief verwurzelten Werten das eigene Nachhaltigkeitsbewusstsein aller Beteiligten, wodurch ein Hebel für den Transformationsprozess in Richtung Nachhaltigkeit entsteht.

## 1. Motivation

Im Vorwort des UNESCO Berichts von 2017 bezeichnet Qian Tang hochwertige Bildung, das vierte Ziel der Sustainable Development Goals (SDGs), als Zweck und wesentliches Instrument, um die Ziele der nachhaltigen Entwicklung zu erreichen (UNESCO, 2017). Dafür sind fachspezifische nachhaltige Ansätze zu erschließen, wie die Entwicklung nachhaltiger KI-Systeme („Nachhaltige KI“), deren Einsatzbereich auf das Erreichen der Nachhaltigkeitsziele abzielt („KI für Nachhaltigkeit“).

Um diese Aspekte in der Lehre zu verankern, bedarf es neuer Lehr-Lernkonzepte, die Nachhaltigkeitskompetenzen nach Redman et al. (2011) und Brundiars et al. (2020) gezielt bei Studierenden fördern. Für die Lehrenden insbesondere im MINT-Bereich erfordert dies ein Umdenken, da der klassische Fächerkanon häufig das Erlernen von werkzeugorientierten, technischen Problemlösungsansätzen in den Vordergrund stellt und systematische oder normative Fragestellungen eher zweitrangig betrachtet werden.

Unser Beitrag zur Bildung für nachhaltige Entwicklung stützt sich auf bekannten Lehr-Lernkonzepten (seminaristischen Unterricht, Projektarbeit). Jedoch brechen wir das klassische Schema der MINT-Ausbildung auf, indem wir den Schwerpunkt auf die kritische Reflexion der KI-Technik als solche legen und sowohl ihr nützliches als auch schädliches Potenzial im Hinblick auf die Gestaltung einer nachhaltigen

Gesellschaft systemisch betrachten. Die Lehrveranstaltung konzentriert sich dabei nicht auf technische Inhalte, sondern fördert gezielt auch Nachhaltigkeitskompetenzen wie z.B. systemisches Denken.

## 2. Hintergrund

### Nachhaltigkeit & KI

Die vielschichtigen und bisweilen disruptiven technischen Möglichkeiten künstlicher Intelligenz eröffnen zu den Problemen der nachhaltigen Entwicklung im Sinne der SDGs Potenzial für neuartige Lösungsansätze, die unter dem Begriff „KI für Nachhaltigkeit“ subsumiert werden (Van Wynsberghe, 2021). Entsprechende Lösungen können z.B. beim Auffinden von Plastikmüll helfen oder die Berechnung komplexer Klimamodelle vereinfachen.

Auf der anderen Seite rücken die KI-Systeme selbst in den Fokus der Nachhaltigkeitsbetrachtung („Nachhaltige KI“) (Van Wynsberghe, 2021), beispielsweise mit Blick auf Ressourcenverbrauch (Energie, Herstellungsmaterialien) oder auf soziale Aspekte, wie das Diskriminierungspotential genutzter Algorithmen oder die Auswirkung von deren Nutzung auf den lokalen Arbeitsmarkt.

Anwendbar vereint werden beide Bereiche, „KI für Nachhaltigkeit“ und „Nachhaltige KI“, in den Nachhaltigkeitskriterien für künstliche Intelligenz (Meyer et al., 2021). Die dort beschriebenen Indikatoren bewegen sich entlang der Dimensionen der Nachhaltigkeit und können als Grundlage für die Evaluation von KI-Systemen bzgl. Nachhaltigkeit genutzt werden.

### Nachhaltigkeitskompetenzen

Die Lösung der zentralen Herausforderungen unserer Zeit erfordert vielfältige Schlüsselkompetenzen, die wir in der Lehre entsprechend fördern müssen und die über grundlegende akademische Fähigkeiten wie kritisches Denken, Recherchefähigkeit und pluralistisches Denken hinausreichen (Brundiars, 2020). Mit der Veranstaltung „Nachhaltigkeit & KI“ greifen wir diesen Bedarf auf und adressieren gezielt die fünf Schlüsselkompetenzen für Nachhaltigkeit gemäß Redman et al. (2011), dazu zählen systemisches, antizipierendes, normatives und strategisches Denken sowie interpersonale Wahrnehmung und Kollaboration, ergänzt um die Umsetzungskompetenz gemäß Brundiars (2020).

## 3. Didaktisches Konzept

### Rahmenbedingungen

Die Lehrveranstaltung „Nachhaltigkeit & KI“ wurde erstmals im Wintersemester 2022/23 angeboten, als fachwissenschaftliches Wahlpflichtfach (FWP) für Studierende aus den drei Bachelorstudiengängen Wirtschaftsinformatik, Informatik und Data Science & Scientific Computing ab dem 6. bzw. 5. Semester. Die Veranstaltung wird als seminaristischer Unterricht mit Praktikum durchgeführt, wobei die Kohorte für das Praktikum in kleinere Gruppen aufgeteilt wird. Damit hat die Veranstaltung für die Teilnehmenden einen Umfang von 4 SWS, für die Lehrenden von 6 SWS, bei 5 ECTS-Punkten. Im ersten Durchlauf wurde die Veranstaltung im Team-Teaching durch drei Lehrende durchgeführt, die jeweils auf unterschiedliche Themengebiete spezialisiert sind. Das für die Veranstaltung verfügbare Deputat haben die Lehrenden untereinander aufgeteilt.

**Lernziele**

Die Veranstaltung adressiert gezielt sowohl übergreifende Nachhaltigkeitskompetenzen als auch fachlich-technische Kompetenzen und deren konkrete Ausrichtung auf die Umsetzung nachhaltiger Anwendungen. Die Studierenden ...

1. erläutern grundlegende Konzepte und Prinzipien der Nachhaltigkeit sowie der künstlichen Intelligenz.
2. beschreiben komplexe Systeme mithilfe von Wirkungsdiagrammen, Verhaltensmustern, Kraftfeldanalysen und Systemarchetypen, um Visionen zu entwickeln und Interventionsmöglichkeiten innerhalb der Systemstrukturen zu erkennen und zu nutzen.
3. analysieren kritisch potenzielle Auswirkungen von KI-Anwendungen auf ökologische, soziale und wirtschaftliche Aspekte der Nachhaltigkeit.
4. entwickeln nachhaltige Software und berücksichtigen den Aspekt der Nachhaltigkeit systematisch im Softwareentwicklungsprozess.
5. schätzen den Energie- und Ressourcenverbrauch für den gesamten KI-Lebenszyklus ab.
6. setzen bei der Entwicklung ihrer Systeme Transfer-Lernen und andere energieeffiziente Methoden ein, um Trainings- und Inferenzaufwand einzusparen.
7. nutzen Aspekte des nachhaltigen Rechnens, um Treibhausgasemissionen zu reduzieren.
8. arbeiten effektiv in diversen Teams zusammen und kommunizieren ihre Ergebnisse, Visionen, Motivation, Werte und Umsetzungsstrategien in gemeinsamen Präsentationen.

**Inhalt und Methoden**

Der seminaristische Unterricht der Veranstaltung fokussiert einerseits die fachlichen Aspekte von künstlicher Intelligenz, andererseits das Thema Nachhaltigkeit und setzt beide Bereiche explizit miteinander in Beziehung. Weiteres Kernthema ist die Systemtheorie, mit besonderem Fokus auf systemisches Denken und systemisches Handeln. Die Indikatoren der Nachhaltigkeit verbinden die drei Säulen der Nachhaltigkeit mit den technischen Inhalten der Veranstaltung sowie den technischen Lösungen, die in den Projektarbeiten erarbeitet werden (siehe Abb. 1). Die Grundlagen der Systemtheorie bilden einen integralen Bestandteil der Vorlesung. Ihre Prinzipien sollen von den Studierenden über den gesamten KI-Lebenszyklus angewendet werden.

Der seminaristische Unterricht stellt nicht nur grundlegendes Faktenwissen sowie Herangehensweisen dar, sondern ermuntert die Studierenden durch integrierte aktivierende Elemente zur unmittelbaren Anwendung und Auseinandersetzung mit dem Gelernten.

Im Praktikum erproben die Studierenden das Gelernte anhand einer selbst gewählten Problemstellung mit Nachhaltigkeitsbezug. Dazu analysieren die Studierenden diese Problemstellung, entwickeln ein Lösungskonzept und anschließend einen KI-basierten Prototypen, der selbst technisch nachhaltig ist. Bei der Durchführung orientieren sich die Studierenden an der vorgegebenen Struktur für die Dokumentation von Prozess, Konzept und Prototyp. Diese Dokumentation sowie der erstellte Prototyp bilden einen Teil der Prüfungsleistung. An insgesamt vier vorgegebenen Terminen im Semesterverlauf stellen die Studierenden den Stand ihrer Arbeiten den anderen Studierenden vor und geben sich gegenseitig Feedback, das bei Bedarf von den Dozierenden ergänzt wird. Diese

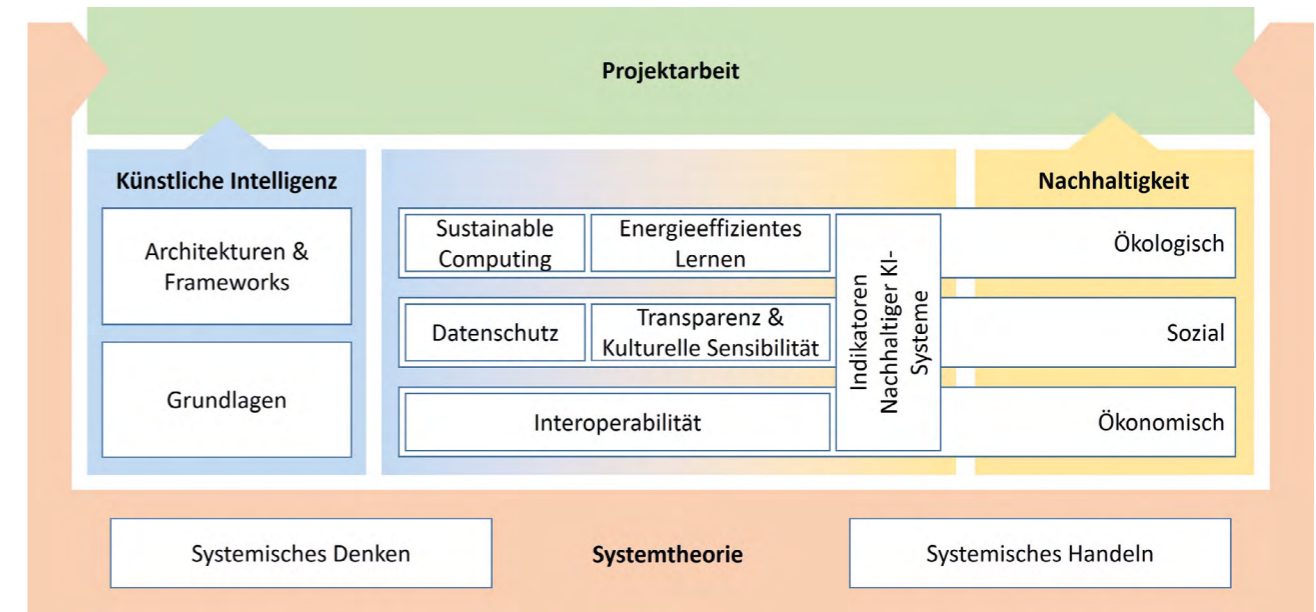


Abb. 1: Struktur und Inhalt der Veranstaltung.

Zwischen- und Abschlusspräsentationen sind ebenfalls Bestandteil der Prüfungsleistung. Während des gesamten Bearbeitungsprozesses werden die Studierendenteams individuell durch die Lehrenden gecoach und begleitet.

Um zügig die für die Projektarbeiten erforderlichen Grundlagen in den Bereichen Nachhaltigkeit, künstliche Intelligenz, Systemtheorie und den Indikatoren der Nachhaltigkeit zu schaffen, wurden diese Themen zuerst im seminaristischen Unterricht adressiert. Darauf aufbauend wurden im weiteren Semesterverlauf spezifische Schnittstellenthemen weiter

	Grundlagenvorlesung	Nachhaltiges Rechnen & Energieeffizientes Lernen	Datenschutz & Kulturelle Sensibilität	Projektarbeit	Präsentationen	Aktivierungen
Systemisches Denken	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün
Antizipierendes Denken	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün
Normatives Denken	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün
Strategisches Denken	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün
Interpersonale Wahrnehmung	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün
Umsetzungskompetenz	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün

Abb. 2: Verknüpfung der pädagogischen Ansätze mit den Nachhaltigkeitskompetenzen. Vorlesungen sind in blau, die Teile der Projektarbeit in grün und gezielte Aktivierungen in rot markiert. Grüne Felder zeigen eine hohe, gelbe Felder eine reduzierte Wahrscheinlichkeit der Kompetenzentwicklung an.

vertieft. Abb. 2 veranschaulicht die Zuordnung der Kompetenzen zu den einzelnen Elementen der Veranstaltung. Grüne Felder symbolisieren einen pädagogischen Ansatz, der in der Regel zur Kompetenzentwicklung beiträgt, während gelbe Felder einen Ansatz darstellen, der voraussichtlich zur Kompetenzentwicklung beitragen wird. Der in der Abb. 2 dargestellte Zusammenhang basiert auf unseren Beobachtungen der Studierenden sowie der von Ceulemans et al. (2017) geführten Diskussion. Unsere Erfahrungen bestätigen den dort geschilderten Eindruck, dass Vorlesungen nur in Kombination mit weiteren Ansätzen, wie der Projektarbeit, zur Entwicklung der Nachhaltigkeitskompetenzen führen.

### Evaluationskonzept

Die engmaschige und individuelle Begleitung der Studierendenteams durch die Lehrenden sowie die Präsentationen zu den definierten Meilensteinen ermöglichten eine kontinuierliche Einschätzung des Lernfortschrittes in den einzelnen Teams.

Der Lernerfolg und Fortschritt der Studierenden wurde sowohl durch vier Präsentationen mit anschließendem Peer-Feedback von Kommiliton:innen und Lehrenden als auch durch ein Konzeptpapier evaluiert. Ergänzend erstellte jede:r Teilnehmer:in einen individuellen Reflexionsbericht zum eigenen Arbeitsanteil.

### Entstandene Projektideen und Prototypen zur Lösung nachhaltiger Probleme mittels KI



Abb. 3: Zuordnung der realisierten Projekte zu den Nachhaltigkeitsdimensionen.

Beim ersten Durchlauf der Veranstaltung stellten die Studierenden am Ende des Semesters im Rahmen einer Vernissage die Ergebnisse ihrer Arbeiten einer breiteren Öffentlichkeit vor. Dabei präsentierten sie in kurzen Pitches die zentralen Ideen ihrer Produkte und die Interventionspunkte, auf die sie abzielten. Dies förderte ihre Fähigkeit, Nachhaltigkeitsziele, Werte und Interventionspunkte zu vermitteln.

### 4. Ergebnisse

#### Projektarbeiten

Einen Überblick über die realisierten Projektarbeiten und deren Zuordnung zu den drei Dimensionen der Nachhaltigkeit "ökologisch, sozial und ökonomisch" vermittelt Abb. 3.



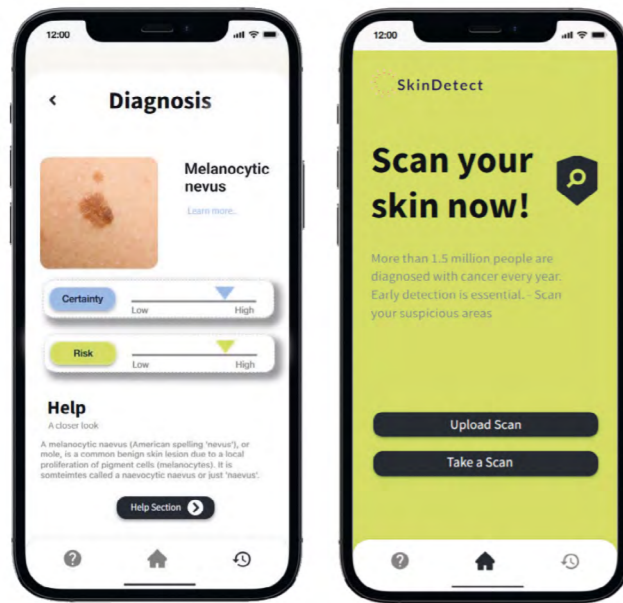


Abb. 4: Screenshots aus der App SkinDetect.

Abb. 4 zeigt exemplarisch Screenshots aus der App SkinDetect, die anhand eines Fotos von auffälliger Haut ermittelt, welche Art von Hautveränderung vorliegt und ob eventuell sogar Hautkrebs oder eine Vorstufe davon besteht. Bei der Umsetzung legte das Entwicklungsteam großen Wert auf Datenschutz, der durch eine Datenverarbeitung rein lokal auf dem Mobilgerät gewährleistet ist. Ebenfalls sehr sorgfältig konzipiert wurde die Aufbereitung der Informationen durch die App sowie die klare Kommunikation der Grenzen ihrer Fähigkeiten. Konkret zeigt die App eine Einschätzung des Gesundheitsrisikos sowie eine grobe Konfidenz des Modells an. Dabei wird betont, dass die App keine verbindliche Diagnose erstellt und im Zweifelsfall ein Arzt aufzusuchen ist.

Insgesamt nutzten alle Projektteams anspruchsvolle und leistungsfähige Methoden aus dem Bereich Deep Learning für die technische Umsetzung ihrer Idee.

### Entwickeltes Lehrmaterial

Das entwickelte Lehrmaterial umfasst Präsentationsunterlagen für 14 Lerneinheiten, ein Bewertungsschema für die Konzeptpapiere und die Prototypen, Feedbackvorlagen, eine (optionale) Präsentationsvorlage, Leitfragen für den Reflexionsbericht, eine Konzeptvorlage für die Projektdokumentation, Codebeispiele und einen vorgegebenen (optionalen) Software-Stack als mögliche Grundlage für die Implementierung der Prototypen. Mit Ausnahme des Bewertungsschemas sind alle Vorlagen für die Studierenden bestimmt und von diesen mit Inhalt zu füllen. Durch das Angebot von Struktur ohne Inhalt wurde Raum für Themen der Nachhaltigkeit geschaffen, ohne auf die tatsächliche Umsetzung einer nachhaltigen Softwarelösung verzichten zu müssen.

Die Unterlagen zu den 14 Lerneinheiten sind thematisch klar gegliedert und so aufgebaut, dass sie mit wenig Zusatzaufwand auch in anderen Kontexten nutzbar sind.

Die Literatursammlung umfasst derzeit 166 Einträge, bestehend aus 114 wissenschaftlichen Veröffentlichungen, 18 Büchern, 10 technischen Berichten, 19 Webartikeln und 5 weiteren Dokumenten (Abschlussarbeiten, Diskussionspapiere). Wir haben die Sammlung anhand nützlicher Schlüsselwörter strukturiert. Sie reicht von teilweise sehr spezifischen energieeffizienten Techniken für das Training tiefer neuronaler Netze über Differential Privacy bis hin zur Einführung in die Systemtheorie und Diskussion ethischer Richtlinien für vertrauenswürdige KI.

### 1. Platz in der MINTchallenge 2022

Im Rahmen der Initiative „Club MINT“ ([https://stifterverband.org/club\\_mint](https://stifterverband.org/club_mint)) organisiert der Stifterverband gemeinsam mit der Dr. Friedrich Jungheinrich-Stiftung jährlich den Wettbewerb „MINTchallenge“, der innovative Projekte zur Lösung aktueller Herausforderungen in der MINT-Bildung auszeichnet. Die „MINTchallenge“ 2022 widmete sich dem Thema „Kompetent für nachhaltige Entwicklung“. Aus den 56 Einreichungen wählte die Jury unsere Lehrveranstaltung „Nachhaltigkeit & KI“ auf den ersten Platz.

### 5. Lessons Learned

Während der Konzeption der Lehrveranstaltung war die Fülle von wichtigen Inhalten eine echte Herausforderung. Aus 57 Nachhaltigkeitsindikatoren (Meyer et al., 2021) lassen sich eine Vielzahl an Herangehensweisen und Techniken ableiten, die in diesem Kontext relevant sind. Die Strategie, im Laufe der Veranstaltungen einen Überblick zu geben und dann punktuell in die Tiefe zu gehen, ging auf. In künftigen Durchführungen werden wir jedoch den theoretischen Umfang reduzieren, um eine ausgewogene Mischung aus Theorie und Praxis zu erreichen. Dies deckt sich auch mit den Kritikpunkten aus dem studentischen Veranstaltungsfeedback.

Einige Teilnehmende hatten anfangs keine Vorkenntnisse im Bereich des maschinellen Lernens, konnten jedoch die Herausforderungen durch eine kompakte Einführung der Grundlagen, eine benutzerfreundliche ML-Softwareumgebung, Dokument- und Softwarevorlagen sowie ihr großes Engagement meistern. Um den Aufwand zu minimieren und zugleich die Ideenfindung für diverse Projekte zu unterstützen ist es

wichtig, Werkzeuge bereitzustellen, die Machbarkeit der Projektideen frühzeitig mit den Studierenden zu diskutieren und ggf. angestrebte Idealvisionen auf ein durchführbares Maß einzukürzen.

Der Bereich des nachhaltigen Rechnens befindet sich noch in der Erschließung. Aus diesem Grund sind viele Analysewerkzeuge (z.B. Anthony et al., 2020, Brunskill et al., 2020) noch auf einem experimentellen Stand. Zur groben Bestimmung einer Emissionsschätzung empfehlen wir den Machine Learning Impact Calculator (Dandres et al., 2019). Wir erwarten, dass sich diese Lücken schließen, sobald der Ressourcenverbrauch zur verpflichtenden Kennzahl bei der Entwicklung tiefer Netze wird.

Im seminaristischen Unterricht erwiesen sich die gezielten Aktivierungen der Studierenden als besonders effektiv für den Erkenntnisprozess. Deshalb planen wir, die Stoffdichte anzupassen und dafür weitere Aktivierungen zu integrieren, wie die Bearbeitung von Fallstudien, Lieferkettenanalysen und ortsbezogene Umweltbildung (Ceulemans et al., 2017).

### 6. Fazit

Durch die Lehrveranstaltung „Nachhaltigkeit & KI“ konnten wir die Nachhaltigkeits- und KI-Kompetenzen der Studierenden gezielt fördern. Im technischen Bereich ist ein guter Grundstein gelegt, der aber natürlich noch weiter ausbaufähig ist. Gleichzeitig konnten die Studierenden ihre nachhaltigkeitsrelevanten Schlüsselkompetenzen vertiefen und ihr Bewusstsein für diese Thematik schärfen.

Unser Ziel war es, im Rahmen der Veranstaltung einen neuen Horizont zu eröffnen, der sich aus Denkrichtungen, Methoden, Werten und Werkzeugen zusammensetzt, und diesen problemorientiert zu erproben. Die Studierenden haben die notwendigen Kompetenzen erlangt, um diesen Horizont eigenständig weiter zu erforschen und effektiv zu kommunizieren.

#### Literatur

Anthony, L. F. W.; Kanding, B.; Selvan, R. (2020). Carbontracker: Tracking and predicting the carbon footprint of training deep learning models. arXiv 1(3). <https://doi.org/10.48550/arXiv.2007.03051>.

Brundiens, K.; Barth, M.; Cebrián, G.; Cohen, M.; Diaz, L.; Doucette-Remington, S.; Dripps W.; Habron, G.; Harré, N.; Jarchow M.; Losch, K.; Michel J.; Mochizuki, Y.; Rieckmann, M.; Parnell R.; Walker P.; Zint M. (2021). Key competencies in sustainability in higher education—toward an agreed-upon reference framework. *Sustainable Science* 16(1), S. 13-29. <https://doi.org/10.1007/s11625-020-00838-2>.

Brunskill, E.; Henderson, P.; Hu, J.; Jurafsky, D.; Romoff, J.; Pineau, J. (2020). Towards the systematic reporting of the energy and carbon footprints of machine learning. arXiv 1(3). <https://doi.org/10.48550/arXiv.2002.05651>.

Dandres, T.; Lacoste, A.; Luccioni, A.; Schmidt, V. (2019). Quantifying the carbon emissions of machine learning. arXiv 1(3). <https://doi.org/10.48550/arXiv.1910.09700>.

Ceulemans, K.; Lozano, F. J.; Lozano, R.; Merrill, M. Y.; Sammalisto, K. (2017). Connecting competences and pedagogical approaches for sustainable development in higher education: A literature review and framework proposal. *Sustainability* 9(10). doi: 10.3390/su9101889

Raworth, K. (2012). *A Safe and Just Space for Humanity: Can We Live within the Doughnut?* Oxfam Discussion Papers.

Meyer, A.; Moller, A.; Petschow, U.; Reinhard, P.; Rohde, F.; Voß, M.; Wagner, J. (2021). Nachhaltigkeitskriterien für künstliche Intelligenz. Schriftenreihe des IÖW 220/21.

UNESCO (2017). *Education for Sustainable Development Goals: learning objectives*. ISBN 978-92-3-100209-0.

Van Wynsberghe, A. (2021). Sustainable AI: AI for sustainability and the sustainability of AI. *AI and Ethics* 1(3). <https://doi.org/10.1007/s43681-021-00043-6>.

Redman C. L.; Wiek, A.; Withycombe L. (2011). Key competencies in sustainability: A reference framework for academic program development. *Sustainability Science* 6(2), S. 203-218. <https://doi.org/10.1007/S11625-011-0132-6>.

#### Angaben zu den AutorInnen

##### Benedikt Zönnchen

Benedikt Zönnchen ist seit 2021 promovierter Informatiker und seit 2016 Mitarbeiter der Hochschule München. Sein Interessensgebiet umfasst u.a. die Anwendung und Auswirkung generativer Verfahren der künstlichen Intelligenz.

##### Markus Friedrich

Markus Friedrich ist seit 2022 Professor für Visual Computing an der Fakultät für Informatik der Hochschule München. Seine Interessensgebiete umfassen u.a. Probleme aus der Computer Vision und deren Lösung mit Methoden der künstlichen Intelligenz.

##### Veronika Thurner

Veronika Thurner ist seit 2007 Professorin für Software Engineering an der Fakultät für Informatik der Hochschule München und seit 2016 Dekanin. Im Kern ihrer Forschung steht die Fachdidaktik der Informatik.

# Verantwortlicher Umgang mit Ressourcen – ein Praxisbeispiel zu interdisziplinärem Lehren und Lernen

Anke Bertram, Anne Nadolny, Monika Stöhr  
Hochschule Hannover

## Zusammenfassung

Der Beitrag basiert auf den Erfahrungen aus einem Drittmittelprojekt, das den Aufbau innovativer Lehr- und Lernstrukturen für interdisziplinäre Zusammenarbeit zum Ziel hatte. An dem Projekt beteiligt waren Lehrende und Studierende aus fünf Fachrichtungen der Hochschule Hannover. Die Lehrenden haben gemeinsam mit einer Hochschuldidaktikerin ein neues Lehr-Lernangebot entwickelt, in dessen Mittelpunkt die Bearbeitung von Fragestellungen nachhaltiger Entwicklung in interdisziplinären Teams stand. Dabei hat sich gezeigt, wie vielfältig die Perspektiven auf das Thema und die Zusammenarbeit sind, wie unterschiedlich die fachspezifische Sprache ist und wie sehr sich die generellen Denk- und Arbeitsweisen der Disziplinen unterscheiden. Für das Gelingen der Zusammenarbeit trotz Heterogenität, sind Mut, Geduld und Offenheit nötig, um sich auf das Fremde einzulassen. Gleichzeitig ist es elementar, eine gemeinsame ‚Sprache‘ zu finden, damit Verständigung über Disziplingrenzen hinweg möglich ist.

## 1. Einleitung

Die Notwendigkeit interdisziplinärer Zusammenarbeit für die Bewältigung gesellschaftlicher Herausforderung wird vielfach betont, dennoch ist sie – auch im Hochschulkontext – keine Selbstverständlichkeit (Wissenschaftsrat, 2020): Studiengänge sind mehrheitlich disziplinspezifisch ausgerichtet, Studierende und Lehrende bewegen sich meist innerhalb ihrer Fachrichtung und die Vernetzung über Disziplingrenzen hinweg ist eher die Ausnahme als die Regel.

Das war der Ausgangspunkt des Drittmittelprojekts „Lern\*5 – Aufbau innovativer Lern- und Arbeitsstrukturen für interdisziplinäre Zusammenarbeit“ an der Hochschule Hannover: Lehrende aus verschiedenen Fachrichtungen und Studiengängen haben sich gemeinsam auf den Weg gemacht, um dem interdisziplinären Lehren und Lernen mehr Raum im Studium zu geben.

Ziel war es, die Fähigkeit zur interdisziplinären Zusammenarbeit weiterzuentwickeln und die interdisziplinäre Vernetzung zu fördern – sowohl auf Seiten der Studierenden als auch auf Seiten der Lehrenden. Dafür hat das Lehrenden-Team zusammen mit einer Hochschuldidaktikerin ein Workshop-Konzept entwickelt und umgesetzt, in dessen Mittelpunkt die Bearbeitung von Fragestellungen nachhaltiger Entwicklung in interdisziplinären Teams stand. In diesem Beitrag werden die Rahmenbedingungen und didaktischen Hintergründe des Workshop-Konzepts, seine Umsetzung sowie die daraus abgeleiteten Erkenntnisse skizziert.

Das Projekt Lern\*5 war Teil des Förderprogramms ‚Innovation plus 2021/22‘ des niedersächsischen Ministeriums für Wissenschaft und Kultur, welches die Entwicklung und Umsetzung innovativer Lehr- und Lernkonzepte unterstützt.

## 2. Interdisziplinäres Lehren und Lernen

Interdisziplinäres Lehren und Lernen steht im Kontext der Förderung von Handlungskompetenz, verbunden mit dem Ziel, Studierende für die Anforderungen in Beruf und Gesellschaft zu befähigen (KMK, 2021). Mit dem im Rahmen des Projekts konzipierten Lehr-Lernangebot wurde deshalb eine umfassende Kompetenzförderung angestrebt, die insbesondere vier zukunftsrelevante Ebenen berücksichtigt:

- in interdisziplinären Teams konstruktiv zusammenarbeiten (*Sozialkompetenz*)
- Aufgabenstellungen selbstständig, strukturiert und ergebnisorientiert bearbeiten (*Methodenkompetenz*)
- innovative Lösungen für den verantwortlichen Umgang mit Ressourcen entwickeln (*Fach-, Methoden-, Sozialkompetenz*)
- Chancen und Grenzen der interdisziplinären Zusammenarbeit erkennen; die eigene Haltung und Rolle reflektieren (*Personalkompetenz*)

Diese Ausrichtung korrespondiert mit den von Mirjam Braßler (2020) identifizierten Charakteristika interdisziplinärer Zusammenarbeit, dessen Kernmerkmal die ‚Integration‘ ist. Sie zeigt sich darin, dass verschiedene Fachdisziplinen gemeinsam ein Problem bearbeiten, dabei die jeweiligen fachspezifischen Perspektiven und Methoden integrieren und so zu einem gemeinsamen Ergebnis mit Mehrwert kommen (Braßler, 2020). Dieser Mehrwert ist vergleichbar mit einem Synergieeffekt, der in dem auf Aristoteles zurückgehenden Zitat „das Ganze

ist mehr als die Summe seiner Teile“ zum Ausdruck kommt: Durch Perspektivenvielfalt und -verschränkung in interdisziplinären Arbeitsprozessen kann etwas Neues entstehen, das die Grenzen und Leistungen der Einzeldisziplinen übersteigt. Ausgehend von diesem Verständnis ist nachvollziehbar, dass soziale und personale Kompetenzen wie Kommunikations-, Kollaborations- und Reflexionsfähigkeit als entscheidend für interdisziplinäres Denken und Handeln angesehen werden (Lerch, 2019).

Diese Aussagen stimmen mit den Erfahrungen aus dem Lern\*5-Projekt überein. Das Lehrenden-Team war ausgesprochen divers, denn mit den Fakultäten ‚Elektro- und Informationstechnik‘, ‚Maschinenbau und Bioverfahrenstechnik‘, ‚Medien, Information, Design‘, ‚Wirtschaft und Informatik‘ sowie ‚Diakonie, Gesundheit und Soziales‘ waren Fachrichtungen vertreten, die sich zum Teil erheblich in ihren Denk- und Arbeitsweisen unterscheiden. Umso mehr ist die Bereitschaft nötig gewesen, sich nicht nur auf der persönlichen Ebene aufeinander einzulassen, sondern auch ein Verständnis für die „Zugangsweisen zur Welt“ (Lerch, 2019, S. 5) der jeweils anderen Disziplinen zu entwickeln.

Ob und wie dies gelingen könnte, war anfangs jedoch noch offen. Durch regelmäßige Treffen über mehrere Wochen hat sich Schritt für Schritt herauskristallisiert, wo der gemeinsame Weg hinführen sollte. Wesentlich dazu beigetragen hat die experimentelle, ergebnisoffene Grundhaltung, mit der alle Beteiligten in den Arbeitsprozess gegangen sind, verbunden mit der Absicht, dem interdisziplinären Lehren und Lernen mehr Raum zu geben. Die dafür erforderlichen Aushandlungs- und Verständigungsprozesse haben viel Zeit und Geduld erfordert, aber nur so war eine echte Verschränkung der unterschiedlichen Perspektiven möglich, die zu etwas Neuem mit Mehrwert geführt hat.

Die Lehrenden sind dabei immer auch Lernende gewesen, denn der Blick über den fachlichen ‚Tellerrand‘ erweitert nicht nur den eigenen Horizont. Laut Wissenschaftsrat (2020) kann der fremde Blick von außen auf die eigene Disziplin auch zu neuen Erkenntnissen über das eigene Fach und das eigene Handeln als Lehrende führen. Die Offenheit der Lehrenden gegenüber anderen Denk- und Arbeitsweisen gilt zudem als wesentlicher Faktor, damit sich Studierende auf die Herausforderungen der interdisziplinären Zusammenarbeit einlassen (Lerch, 2019). Das Verhalten der Lehrenden war darüber hinaus ein authentisches Beispiel für den Umgang mit Diversität, der zu einer wertschätzenden, konstruktiven Arbeitsatmosphäre in den Workshops beigetragen hat.

### 3. Didaktische Umsetzung

Auf Grundlage der angestrebten Kompetenzförderung (Kapitel 1) entwickelten die Lehrenden ein Konzept für viertägige Workshops, bei dem interdisziplinäre Lehrendentandems jeweils einen Part mit verschiedenen Methoden gestalteten (siehe Abb. 1). Das hat den interdisziplinären Charakter der Workshops auch auf der Lehrendenebene verdeutlicht und die Vielfalt der Herangehensweisen sichtbar gemacht. Eine wesentliche Herausforderung war, die Anschlussfähigkeit des Konzepts an die unterschiedlichen Fachkulturen, Lehr-Lernkulturen sowie die organisatorischen Rahmenbedingungen der Studiengänge zu gewährleisten. Aufgrund der unterschiedlichen curricularen Vorgaben in den beteiligten Studiengängen sind die Workshops als freiwillige Lehrveranstaltung angeboten worden, verbunden mit der Möglichkeit, diese für den Crediterwerb in den jeweiligen Studiengängen individuell anerkennen zu lassen. Das gleiche galt für die zu erbringenden Prüfungsleistungen, die individuell an die studiengangsspezifischen Anforderungen angepasst werden mussten.

Methode	Ziel	Erläuterung
Steckbrief-Galerie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kennenlernen</li> <li>• Thematischer Einstieg ‚Verantwortlicher Umgang mit Ressourcen‘</li> </ul>	Studierende und Lehrende erstellen einen eigenen Steckbrief und bringen ein Foto des ‚nachhaltigsten Gegenstands‘ ihres Haushalts mit.
Begriffspuzzle	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensibilisierung für interdisziplinäre Zusammenarbeit</li> </ul>	Typische Fachbegriffe der verschiedenen Studiengänge müssen besprochen und sortiert werden.
Videoimpuls	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Themenfindung</li> </ul>	Studierende entwickeln gemeinsam die inhaltlichen Schwerpunkte.
Worldcafé	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gruppenbildung</li> </ul>	Lehrende stellen interdisziplinäre Teams anhand der individuellen Themenwünsche zusammen.
Wetterbericht	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reflexion, Feedback</li> </ul>	Die Stimmung wird über eine Punkt-Abfrage mit Wittersymbolen ermittelt.
Gedankenbuch	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gruppenreflexion, Selbstreflexion</li> </ul>	Die Teams reflektieren ihre interdisziplinäre Zusammenarbeit und die einzelnen Teammitglieder ihre individuellen Eindrücke

Abb. 1 Didaktische Methoden am ersten Workshopstag.

Das Workshop-Konzept basiert auf dem Ansatz des projektorientierten Lernens, das auf Kollaboration, Selbststeuerung und Handlungsorientierung abzielt und dadurch eine umfassende Kompetenzförderung auf der fachlich-methodischen, sozialen und personalen Ebenen ermöglicht (Stöhr, Nadolny, 2020).

Als Thema des Workshops wurde der „Verantwortliche Umgang mit Ressourcen“ gewählt. Damit verbunden war die Annahme, dass sich dieses Thema aufgrund seiner Komplexität besonders für die interdisziplinäre Bearbeitung eignet und inhaltliche Anknüpfungspunkte zu allen beteiligten Fachrichtungen bietet, was sich im Nachhinein bestätigt hat. Teilgenommen haben 25 Studierende aus allen fünf Fakultäten der Hochschule. Sie arbeiteten in interdisziplinären Projektteams, die ihre inhaltlichen Schwerpunkte und ihr Vorgehen entsprechend dem didaktischen Prinzip des selbstgesteuerten Lernens selber bestimmten (Sembill et al., 2007). Dabei ging es um Fragestellungen wie z.B. die Rolle von Bildung für einen nachhaltigen Lebensstil, die Akzeptanz staatlicher Eingriffe bei der Umsetzung von Nachhaltigkeit und den Zusammenhang zwischen Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit. In der Projektarbeit konnten die Studierenden die unterschiedlichen Denk- und Arbeitsweisen der fünf Fachrichtungen unmittelbar erleben, reflektieren und konstruktiv nutzen. Genau wie bei den Lehrenden waren dafür intensive Verständigungsprozesse nötig.

Für die Reflexion der persönlichen und gemeinsamen Erfahrungen war ein eigens dafür konzipiertes Gedankenbuch zentral (siehe Abb. 2). Anhand von Leitfragen wurde täglich die bewusste Auseinandersetzung mit der interdisziplinären Zusammenarbeit auf der Metaebene unterstützt, was im Sinne des Lernens durch reflektierte Erfahrung wichtig für den Erkenntnisgewinn ist (Dewey, 1998).



Abb. 2 Studierende arbeiten mit dem Gedankenbuch. ©Andy Happel

„Werte, Fokus, Diversität, Toleranz, Akzeptanz, Meinungsfreiheit durch Gruppenzusammensetzung gelernt.“

„Die Zusammenarbeit hat Spaß gemacht und war gleichzeitig sehr anstrengend, da die Kommunikation untereinander schwierig war. Oft waren wir uns nicht einig.“

„Schön zu merken, wie viel Kraft eine Gruppe und der Austausch geben kann.“

Abb. 3 Aus der Studierenden-Evaluation: Chancen und Grenzen interdisziplinärer Zusammenarbeit

#### 4. Erkenntnisse – Der Weg ist das Ziel

Das „Projekt Lern\*5 – Aufbau innovativer Lern- und Arbeitsstrukturen für interdisziplinäre Zusammenarbeit“ konnte umgesetzt werden, weil sich fünf Lehrende aus unterschiedlichen Disziplinen gemeinsam mit einer Hochschuldidaktikerin aufgemacht haben, etwas Neues zu wagen. Die Zusammenarbeit war von einer experimentierfreudigen ‚der Weg ist das Ziel‘-Atmosphäre geprägt, in der alles, was passierte, als wertvoll und spannend angesehen wurde. Der Prozess war begleitet von kontinuierlicher Reflexion, dem Hinterfragen der eigenen, fachspezifischen Perspektiven und dem Mit- und Voneinander-Lernen.

„Die Zusammenarbeit der Lehrenden war für mich noch erkenntnisreicher, als die Arbeit mit den Studierenden.“

„Die Zusammenarbeit war anstrengend, aber sehr anregend und nett.“

„Interdisziplinarität ist möglich.“

Abb. 4 Aus der Lehrenden-Evaluation

Im Projektzeitraum sind zwei viertägige interdisziplinäre Workshops durchgeführt worden. Der erste Workshop fand zu Beginn des Wintersemesters 2021/22 statt. Ausgehend von diesen Erfahrungen und den Evaluationsergebnissen wurde das entwickelte Konzept modifiziert und in einem zweiten Workshop im Sommersemester 2022 umgesetzt.

Die Konzeptmodifizierungen basierten auf der Erkenntnis, dass sich Inhalt, Strukturen und Raum maßgeblich auf Zusammenarbeit und Ergebnisse auswirken: Im ersten Workshop war die Themenstellung sehr offengehalten, was die Studierenden zum Teil verunsichert bzw. überfordert hat. Verstärkt wurde dies durch die nicht ausreichend klaren Absprachen zwischen den Lehrenden. Im zweiten Workshop haben die Studierenden dagegen in einem mehrstufigen, angeleiteten Prozess konkrete Fragestellungen zum Thema ‚Verantwortlicher Umgang mit Ressourcen‘ entwickelt. Die Arbeit in den Teams war dadurch fokussierter, die Motivation und Zufriedenheit größer. Dazu beigetragen hat auch die eindeutigere Aufgabenverteilung zwischen den Lehrenden, die für mehr Transparenz sorgte. Eine wichtige Rolle spielte zudem der Raum. Arbeiteten die Gruppen im ersten Workshop in separaten Räumen, fand der zweite Workshop in einem großen Saal statt. Diese räumliche Nähe führte zu mehr Austausch, gegenseitiger Inspiration und Identifikation mit dem Ganzen. Es entstand eine kreative Arbeitsatmosphäre, die anregend und lernförderlich wirkte.

Die beteiligten Lehrenden haben mit dem entwickelten Workshop-Format einen Weg gefunden, interdisziplinäres Lehren und Lernen trotz der fachlichen Heterogenität und der organisatorisch-strukturellen Herausforderungen erfolgreich umzusetzen. Dazu beigetragen haben folgende Faktoren:

**Kontinuität und Diversität:** Durch ein konstantes Team von Lehrenden aus teils sehr diversen Fachrichtungen waren sowohl Kontinuität in der Zusammenarbeit als auch die für Interdisziplinarität erforderliche Perspektivenvielfalt gewährleistet.

**Didaktische Begleitung:** Die kontinuierliche Begleitung durch eine Hochschuldidaktikerin hat die Strukturierung des Arbeitsprozesses sowie die didaktische Fundierung des Konzepts und dessen Umsetzung unterstützt.

**Gemeinsame Sprache:** Durch die teils sehr unterschiedlichen Denk- und Arbeitsweisen hat es viel Zeit, Verständnis und Austausch gebraucht, um eine Arbeitsbasis zu schaffen. Als wichtig hat sich erwiesen, eine gemeinsame Sprache zu finden, damit eine disziplinübergreifende Verständigung möglich ist.

**Offenheit:** Es erfordert Mut, Geduld und Offenheit, sich auf das ‚Fremde‘ einzulassen, sowie eine Haltung, die von gegenseitigem Respekt geprägt ist und die Gleichwertigkeit und Kompetenz der jeweils anderen Disziplin (an-)erkennt.

**Gemeinsames Ziel:** Die ergebnisoffene Suche nach einem Weg zur Umsetzung des Projekts, in der alle Beteiligten ihre Expertise einbringen konnten, hat es ermöglicht, ein Ziel zu finden, das von allen Beteiligten mitgetragen wurde.

Entscheidend für das Gelingen sind deshalb die Menschen mit ihrer Bereitschaft und Fähigkeit, sich auf den Prozess einzulassen, aufeinander zuzugehen, konstruktiv zusammenzuarbeiten und kreative Lösungen für strukturelle Herausforderungen zu finden.

Eine nachhaltige Etablierung interdisziplinärer Lehr-Lernformate ist allerdings nur möglich, wenn auch die Rahmenbedingungen angepasst werden. Dazu gehören u.a. die Anerkennung auf das Lehrdeputat durch curriculare Integration sowie eine vergleichbare Leistungsanerkennung für Studierende, und nicht zuletzt Zeitfenster, die eine fakultätsübergreifende Durchführung erleichtern.

#### Literatur

Braßler, M. (2020). Praxishandbuch Interdisziplinäres Lehren und Lernen – 50 Methoden für die Hochschullehre (1. Auflage). Weinheim, Basel: Beltz Juventa.

Dewey, J. (1998). Die Suche nach Gewißheit: Eine Untersuchung des Verhältnisses von Erkenntnis und Handeln. Frankfurt a. M.: Suhrkamp.

KMK = Kultusministerkonferenz (2021). Handreichung für die Erarbeitung von Rahmenlehrplänen der Kultusministerkonferenz für den berufsbezogenen Unterricht in der Berufsschule und ihre Abstimmung mit Ausbildungsordnungen des Bundes für anerkannte Ausbildungsberufe. Abgerufen von [https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2021/2021\\_06\\_17-GEP-Handreichung.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2021/2021_06_17-GEP-Handreichung.pdf) (10.04.2023)

Lerch, S. (2019). Interdisziplinäre Kompetenzbildung – Fächerübergreifendes Denken und Handeln in der Lehre fördern, begleiten und feststellen. Nexus Impulse für die Praxis Nr. 18. Berlin: Hochschulrektorenkonferenz (Hrsg.). Abgerufen von [https://www.hrk-nexus.de/fileadmin/redaktion/hrk-nexus/07-Downloads/07-02-Publikationen/impulseNr.18\\_InterdisziplinaereKompetenzbildung.pdf](https://www.hrk-nexus.de/fileadmin/redaktion/hrk-nexus/07-Downloads/07-02-Publikationen/impulseNr.18_InterdisziplinaereKompetenzbildung.pdf) (29.03.2023)

Sembill, D. et al. (2007). Selbstorganisiertes Lernen in der beruflichen Bildung – Abgrenzungen, Befunde und Konsequenzen. *bwp@*, 13, Selbstorganisiertes Lernen in der beruflichen Bildung. Abgerufen von [http://www.bwpat.de/ausgabe13/sembill\\_etal\\_bwpat13.pdf](http://www.bwpat.de/ausgabe13/sembill_etal_bwpat13.pdf) (10.03.2023)

Stöhr, M. & Nadolny, A. (2020). Selber denken und entscheiden. Eigenverantwortung durch problem- und projektorientiertes Lernen fördern. In: Lange-Vester, A.; Schmidt, M. (Hrsg.) Herausforderungen in Studium und Lehre. Heterogenität und Studienabbruch, Habitussensibilität und Qualitätssicherung. Weinheim, Basel: Beltz Juventa, 208-225.

Wissenschaftsrat (2020). Wissenschaft im Spannungsfeld von Disziplinarität und Interdisziplinarität. Positionspapier (Drs. 8694-20). Abgerufen von [https://www.wissenschaftsrat.de/download/2020/8694-20.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=5](https://www.wissenschaftsrat.de/download/2020/8694-20.pdf?__blob=publicationFile&v=5) (15.03.2023)

#### Angaben zu den AutorInnen

##### Anke Bertram

Professorin am Studiengang Innenarchitektur der Hochschule Hannover, Fakultät III Design und Medien mit dem inhaltlichen Schwerpunkt Entwurf, Entwurfsmethodik und Architekturtheorie.

##### Anne Nadolny

Professorin für Bioprozess- und Umwelttechnik an der Hochschule Hannover, Fakultät II Maschinenbau und Bioverfahrenstechnik mit einem inhaltlichen Schwerpunkt auf Bildung für nachhaltige Entwicklung in der interdisziplinären und internationalen Zusammenarbeit und deren Herausforderungen in Lehre und Forschung.

##### Monika Stöhr

Hochschuldidaktikerin an der Hochschule Hannover, Fakultät II – Maschinenbau und Bioverfahrenstechnik mit dem Arbeitsschwerpunkt Konzeption und Umsetzung von interdisziplinären, projektorientierten Lehr-Lernsettings

## Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) von Studierenden für Studierende: Wie (MINT-)Lehrmethoden von morgen heute konzipiert werden

Beatrice Dernbach, Magdalena Hoffmann  
Technische Hochschule Nürnberg

### Zusammenfassung

Konzepte wie Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) sollen Partizipation, Verantwortungsbewusstsein und Handlungsfähigkeit junger Menschen mit Blick auf die Zukunft der Gesellschaft fördern. Vor diesem Hintergrund wurde an der Technischen Hochschule Nürnberg das interdisziplinäre Modul *Energiesysteme in der Transformation* entwickelt. Dieses soll eingespeist werden in den geplanten Master of Science *„Nachhaltige Transformation“*, der ökonomische, ökologische, soziale und technologische Kompetenzen zusammenführt. Die Dozierenden, Studierenden, Didaktik- sowie externe Expertinnen haben gemeinsam die Struktur des Seminars, seine inhaltliche Ausrichtung, den Einsatz didaktischer Methoden und die Prüfungsleistungen festgelegt. Das Modul wurde im Sommersemester 2023 mit dem gesamten Team durchgeführt. Dieser Beitrag beschreibt die interdisziplinäre und iterative Modulentwicklung, den Seminarablauf und die Evaluation; sein Ziel ist es, den Nutzen interdisziplinärer Kollaborationen unter Mitwirkung von Studierenden für die Hochschullehre sichtbar zu machen.

### 1. Interdisziplinäre Bildung für nachhaltige Entwicklung durch innovative Konzeptionierung

Im Bildungssektor ist der Begriff Nachhaltigkeit sichtbar implementiert. Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) steht für den zentralen Ansatz, Menschen zu innovativem, in die Zukunft gerichtetem, lösungsorientiertem Denken und Handeln zu befähigen (Nationale Plattform BNE, 2017). In dessen Mittelpunkt steht ein Verständnis von Interdisziplinarität, das weit über ein Nebeneinander verschiedener Perspektiven hinausgeht und die Erkenntnisse aus den Geistes- und Sozialwissenschaften mit denen des MINT-Feldes inhaltlich und methodisch eng verwebt. Beim Ausbau transformativer Kompetenzen – wie der Identifizierung einer durch den Klimawandel hervorgerufenen Herausforderung und dem Entdecken von Lösungen – nehmen Fächer wie Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik (kurz MINT) eine zentrale Rolle ein. Sie ergänzen zudem die drei Dimensionen der Nachhaltigkeit – der ökonomischen, der ökologischen und der sozialen (United Nations, 1987) – um die naturwissenschaftlich-technische Perspektive.

Vor der Einführung des interdisziplinären Masterstudiengangs *Nachhaltige Transformation* sollte in einem Pilotmodul ausprobiert werden, wie interdisziplinäre Lehrangebote geplant und durchgeführt werden können. Von Oktober 2022 bis März 2023 wurde das Seminar in einem partizipativen,

kollaborativen und iterativen Prozess ausgearbeitet. Das Team setzte sich aus vier TH-Professor:innen (aus den Fakultäten Verfahrens-, Elektrotechnik sowie Angewandte Mathematik, Physik und Allgemeinwissenschaften), einer TH-Didaktik-Expertin, einer selbstständigen Unternehmens- und Nachhaltigkeitsberaterin, einem Mitarbeiter eines nachhaltigen Energieanbieters, einer wissenschaftlichen Mitarbeiterin und insgesamt acht Studierenden zusammen. Die studentischen Hilfskräfte wurden aus unterschiedlichen Studiengängen akquiriert. Ihre aktive Mitwirkung ermöglichte, die Anforderungen des Seminars sowohl für MINT-Studierende (z.B. Angewandte Mathematik) als auch für Studierende mit einem stärker sozialwissenschaftlichen Hintergrund (z.B. Technikjournalismus) zu konkretisieren.

Die Gruppe verständigte sich beim ersten von sechs Präsenz- oder Hybridtreffen auf das Thema Energie. In einem Brainstorming-Prozess wurden einerseits die Interessen, andererseits die Kompetenzen aller Beteiligten gesammelt. In den weiteren Meetings wurden konkrete Lehr- und Lernziele, Struktur und Inhalte, Blended-Learning-Tools, Prüfungsformen und Evaluationsmethoden beziehungsweise -instrumente entworfen. In dieser Konzeptionsphase sind insbesondere das Aufbrechen einer lehrendenzentrierten Input-Lehrstruktur und die Aktivierung der Lernenden besondere Anliegen der Arbeitsgruppe.

Gemeinsam diskutierten und entschieden die Teammitglieder über die Inhalte auf Basis der sehr unterschiedlichen Fachkompetenzen der Dozierenden, deren Lehrziele und der antizipierten Lernziele der Studierenden. Angesichts der aktuellen Diskussion um Klimawandel, Energiekrise, Herstellung, Transport, Speicherung und Verbrauch verständigte sich die Gruppe auf die Themenblöcke: Herstellung und Speicherung von Energie, vor allem erneuerbarer Energiequellen, die Perspektive der Industrie (Bedarf und Verbrauch, mit einem Exkurs

zu Remanufacturing) und des Konsums in privaten Haushalten. Diese ökonomische, ökologische, naturwissenschaftliche und technologische wird ergänzt mit der sozial(wissenschaftlich)en Perspektive.

Die studentischen Hilfskräfte spielten sowohl bei der inhaltlichen Fokussierung (Was ist wichtig zu wissen?) als auch deren Ausgestaltung (Wie wird dieses Wissen vermittelt?) eine zentrale Rolle. Sie unterstützten bei der Recherche von Quellen und deren Aufbereitung, entdeckten vielfältige (digitale) Tools (Videos und Podcasts, Murrengruppen etc.), die sie zur Einbindung in den Moodle-Kurs vorschlugen. Sie waren zudem maßgeblich an der Festlegung der Teilprüfungsleistungen beteiligt.

## 2. Aufbau und didaktische Umsetzung

Das Modul *Energiesysteme in der Transformation* ist mit 5 ECTS-Punkten im Sommersemester 2023 Teil des Allgemeinwissenschaftlichen Wahlangebots in diversen Studiengängen. Das interdisziplinäre Modul ist in elf wöchentliche Präsenzsitzungen (je 4 SWS, was 3h 15 min entspricht) strukturiert. In der Regel sind alle aus dem Modulentwicklungsteam anwesend.

Der didaktische Ansatz des Seminars rekurriert auf dem Leitfaden zu forschendem Lernen nach Sonntag et al. (2016). Die Besonderheit des Konzepts besteht in der Verzahnung unterschiedlicher disziplinärer Perspektiven und der interaktiven Durchführung. Die Inputs der Lehrenden werden aufgelockert mit Diskussionen und Kleingruppenarbeiten und ergänzt mit einer Exkursion (zum Solarpark in Erlangen-Uttenreuth) sowie einem Expertenvortrag. Wichtig ist, mit allen Teilnehmenden ins Gespräch zu kommen, damit alle die jeweiligen

persönlichen Bezüge zum Thema Energie herstellen können, also ihr Wissen mit ihren Erfahrungen verknüpfen.

In der ersten einführenden Sitzung wurde der Entstehungsprozess des Moduls (finanziert von der Stiftung Innovation in der Hochschullehre) skizziert, um den Kontext und damit seine Besonderheit zu verdeutlichen. Zwar moderierte eine Professorin die Sitzung, aber bereits in der Vorstellungsrunde wurden die unterschiedlichen Rollen aufgebrochen: Alle Anwesenden verorteten sich zunächst fachlich in einer Fakultät beziehungsweise einem Studiengang. Anschließend erklärten alle ihre Motivation, am Seminar teilzunehmen, beziehungsweise beschrieben ihre Bezüge zum Thema Nachhaltigkeit, respektive Energie, und formulierten ihre Erwartungen. Konkretisiert wurde dieser Einstieg zum einen mit einem Blick in die Beschreibung des SDG 7 – Bezahlbare und saubere Energie – und seiner Verbindungen zu anderen Zielen (wie vor allem die SDGs 9 – Industrie, Innovation, Infrastruktur; 11 – Nachhaltige Städte und Gemeinden; 12 – Nachhaltige(r) Konsum und Produktion; 13 – Maßnahmen zum Klimaschutz) und zum anderen über die Arbeit in Kleingruppen: Die Studierenden sollten ihre Vorstellungen von Nowland (2023) und Futureland (2050) auf Plakaten illustrieren (darauf wurde in den letzten Sitzungen nochmals rekurriert und die Annahmen diskutiert und bewertet).

Die vier Themenblöcke werden federführend von den jeweiligen Fachexpert:innen gestaltet und präsentiert, die anderen Teammitglieder sind präsent und bringen ergänzend ihre Perspektiven ein. In den während der Präsenzzeit durchgeführten Gruppenaufgaben bieten die Dozierenden ebenso ihre Unterstützung an wie in Beratungsslots für die im Selbstlernteil zu erfüllenden Aufgaben. Flankiert werden sie von den studentischen Teammitgliedern, die als Tutoren für die Peers ansprechbar sind.

Im Block *Herstellung, Transport und Speicherung* werden vor allem erneuerbare Energiequellen vorgestellt (z.B. Wind, Photovoltaik, Wasser). Vom Dozenten angesprochen wurden auch die Smart Grid-Technologien (Intelligente Stromnetze). Er knüpfte stets an das Vorwissen der Teilnehmenden an; sie wurden angeleitet, über ein digitales Tool (<https://www.sunnydesignweb.com/sdweb/#/>) ein Modell für eine eigene PV-Anlage zu erstellen. Sie sollten lernen, daraus resultierende relevante Richtwerte zu interpretieren. Besonders für die Interpretation und Auswertung sind durch die Mess- und Simulationstechniken Kenntnisse aus dem MINT-Bereich relevant. Hier übernehmen die studentischen Teammitglieder als Tutoren eine Beratungsfunktion.

Die Sichtweise der *Industrie* wird durch einen Einblick in die energieeffiziente Produktion und das CO<sub>2</sub>-Management eingeleitet. Anschließend lernen die Teilnehmenden die zentralen Prämissen der Kreislaufwirtschaft (einschließlich gesetzlicher Grundlagen und Verordnungen) und Energiemanagementsysteme kennen. In Kleingruppen entwerfen sie ein eigenes Remanufacturing-Konzept für ein Produkt, in dessen Zentrum der Energieeinsatz steht. Dabei konzentrieren sie sich primär auf den Prozess, das Geschäftsmodell, die CO<sub>2</sub>-Einsparung und das Design. Durch dieses anschauliche Transferprojekt wird ein ganzheitlicher Blick im Sinne der Kreislaufwirtschaft provoziert, da sowohl sozialwissenschaftliche als auch betriebswirtschaftliche und MINT-Aspekte einbezogen werden müssen.

Bereits in der ersten Seminarsitzung haben die Teilnehmenden Strommessgeräte aus dem Bestand der Ohm bekommen, um ihren eigenen Stromverbrauch über drei Wochen zu dokumentieren. Sie berechnen den Stromverbrauch basierend auf der Dauer der Gerätenutzung, der Leistungsangabe und gegebenenfalls unter Beachtung der jeweils genutzten Geräteeinstellung. Die Ergebnisse halten sie in einem Energietagebuch

fest und werten die Daten aus. Die Auswertung erfolgt einerseits quantitativ, indem der Erfassungszeitraum, die Summe der Nutzung pro Tag, die Summe der Nutzung pro Gerät und der Gesamtverbrauch ermittelt werden. Andererseits folgt auch eine kritische Betrachtung, ob einzelne Messwerte fehlerbehaftet, unvollständig, verfälscht oder untypisch sind.

Im vorletzten Block mit dem Fokus auf *Bauen und Wohnen* werden in den Sitzungen der Nutzen und der energetische Aufwand, die sogenannte graue Energie und Rebound-Effekte sowie die Hauptakteure und deren bisweilen widerstreitenden Interessen thematisiert. Abschließend werden die sozialen Implikationen der Energiesysteme beziehungsweise der Energiewende und der Energiekrise betrachtet. Zentrale Fragen sind, inwieweit die Energiekosten sozialverträglich gestaltet werden (können) und wie die (mediale) Öffentlichkeit darüber diskutiert.

### 3. Prüfungsleistung

Die Prüfungsleistung ist eine Portfolioprüfung mit folgenden Bestandteilen:

- Kompetenzprofil (wurde in den ersten zwei Wochen von den Teilnehmenden erstellt; anhand des Lebenslaufes werden eigene Fach-, persönliche und Schlüsselkompetenzen und perspektivisch die zu trainierenden identifiziert);
- Präsentationsportfolio (mit den drei Teilprüfungen: Modell für eine eigene PV-Anlage, Remanufacturing-Konzept, Energietagebuch)
- Reflexionsportfolio (hier werden in allen Phasen – basierend auf dem Kompetenzprofil – die eigenen Arbeitsschritte beobachtet und bewertet; Kriterien sind beispielsweise das Zeitmanagement, das Erkennen und Bewältigen von Hürden, die Integration in die Gruppe usw.).

Die Portfolio-Prüfung eignet sich für das Modul, da der Lernprozess und damit die Entwicklung der Lernenden im Mittelpunkt der Betrachtung stehen (Stratmann et al., 2009). Grundsätzlich fördern Portfolios selbstgesteuertes und kooperatives Lernen und Arbeiten (Krapp & Weidenmann, 2001).

Aus Sicht der Studierenden im Modulentwicklungsteam waren insbesondere eine offene Kommunikation der Anforderungen und die Transparenz der Bewertungskriterien von hoher Relevanz. Daraus resultierend wurde für jede Teilprüfung eine Bewertungsmatrix entwickelt, damit die Kriterien intersubjektiv nachvollziehbar sind. Das Kompetenzprofil und das Reflexionsportfolio fließen aufgrund der notwendigen persönlichen Offenbarungen der Teilnehmenden nicht in die Benotung ein. Nach Riedinger (2006) gleicht eine Portfolioleistung ohne Reflexionsanteil aber lediglich einer Aufbewahrungsmappe. Besonders mit Blick auf Bildung für nachhaltige Entwicklung – bei der eine kritische Betrachtung des Lernprozesses gefördert werden soll – handelt es sich daher auch bei diesen Bestandteilen um obligatorische Abgaben.

### 4. Evaluation

Die Evaluation des interdisziplinären Moduls *Energiesysteme in der Transformation* soll die Frage beantworten, inwieweit die interdisziplinäre Projektarbeit eine eigenverantwortliche, aktive und verantwortungsbewusste Denk- und Handlungsweise im Sinne von BNE gefördert hat. Insbesondere im Hinblick auf eine Wiederholung des Moduls und den interdisziplinären Masterstudiengangs wird das Pilotmodul im Rahmen eines mehrstufigen Prozesses systematisch evaluiert:

- qualitative Evaluation: Einstiegsfragebogen,
- quantitative Evaluation nach jedem Themenblock,
- qualitative Evaluation der Studierenden,
- qualitative Evaluation des Modulentwicklungsteams.

Der Einstiegsfragebogen wurde den Teilnehmenden digital vor der ersten Sitzung zur Verfügung gestellt. Es wurde der Wissensstand der Studierenden im Hinblick auf Nachhaltigkeit, die UN-Nachhaltigkeitsziele (UNRIC, 2023), Interdisziplinarität und Energie abgefragt. Damit konnten die Dozierenden die Vorstellungen und das Vorwissen der Teilnehmenden besser einschätzen und die Inhalte darauf aufbauen. In den quantitativen Evaluationen nach jedem Themenblock (Energieherstellung, Industrie, Konsument, Gesellschaft) wird eine didaktische und eine inhaltliche Rückmeldung von den Teilnehmenden erhoben. Für Letztere wurden vom Projektteam folgende Items entwickelt:

- „Ich konnte gut an mein Vorwissen anknüpfen.“
- „Es wurde viel Vorwissen vorausgesetzt.“
- „Die Inhalte waren komplett neu für mich.“
- „Ich habe viel Neues über das Themenfeld gelernt und kenne nun wesentliche Daten und Fakten.“
- „Ich kann mich nun besser zum Themenfeld äußern/positionieren.“

Die Ergebnisse zeigen, dass die Teilnehmenden auf einer fünfstufigen Skala mit durchschnittlich 4,3 Punkten vor allem die Kategorien „Ich habe viel Neues über das Themenfeld gelernt und kenne nun wesentliche Daten und Fakten“ und „Ich kann mich nun besser zum Themenfeld äußern/positionieren“ sehr positiv bewertet haben.

Für das didaktische Feedback wurden folgenden Aussagen formuliert:

- „Der Dozent/Die Dozentin hat die Informationen gut aufbereitet und präsentiert.“
- „Die Verwendung verschiedener didaktischer Tools fand ich abwechslungsreich.“
- „Ich konnte mich gut einbringen und aktiv beteiligen.“

Die Auswertung zeigt, dass die Präsentation der Informationen sowie die Beteiligungsmöglichkeiten für die Studierenden besonders hervorgehoben werden (4,6 auf einer Skala bis 5). Kritikpunkt der Studierenden war tendenziell, dass sie sich stellenweise eine abwechslungsreichere Verwendung didaktischer Tools wünschten (3,3 auf einer Skala bis 5).

Nach jeder Sitzung hat sich das Projektteam getroffen, um sich nachzubesprechen (didaktisch und inhaltlich) sowie die folgenden Termine inhaltlich und organisatorisch feinzutun. Vor allem die studentischen Mitglieder haben immer wieder den Aspekt des Zeitmanagements angesprochen, welches daraufhin besser fokussiert wurde.

### 5. Conclusio und Ausblick

Die Resultate der durchgeführten Evaluationen geben einen Hinweis darauf, dass das interdisziplinäre Modul eine eigenverantwortliche, aktive und verantwortungsbewusste Denkweise im Sinne von BNE fördert. Die Inhalte des Seminars mit einer Kombination aus MINT- und gesellschafts-/sozialwissenschaftlichen-Perspektiven ermöglichen den Studierenden einen umfangreicheren Einblick in das gesamte Themenfeld der *Energiesysteme in der Transformation* (als Beispiel für das SDG 7, aber auch der engen Verzahnung der Ziele untereinander).



Die Erfahrungen aus der Modulplanung ergeben die Handlungsempfehlung, dass eine lückenlose Kommunikation und eine erfahrene Moderation bei der Umsetzung interdisziplinärer Kollaborationen unabdingbar sind. Gerade der heterogene Hintergrund aller Beteiligten bietet bislang ungenutztes Potential, da sowohl Studierende als auch Dozierende ihren Horizont durch die enge Zusammenarbeit erweitern.

Herausfordernd ist für alle Beteiligten, ihre angestammten Rollen des inputorientierten Dozierenden und des eher passiv rezipierenden Studierenden zu hinterfragen und im besten Falle aufzubrechen oder gar zu verlassen. In dem Modulentwicklungsprozess lagen Überforderungsrisiken: Warum sollten sich Lehrende auf die Perspektiven anderer Disziplinen, also deren Wissensbestände und Methoden, einlassen? Weshalb sollten Studierende mit definieren, welche kompetenzorientierten Lehr- und Lernziele erreicht und wie sie abgeprüft werden sollen? Neben den materiellen Ressourcen, wie vor allem Zeit, sind auch immaterielle und allen voran eine hohe intrinsische Motivation notwendig, um interdisziplinäre, BNE-basierte Lehre gemeinsam zu gestalten.

#### Literatur

Krapp, A., & Weidenmann, B. (2001). Pädagogische Psychologie. Ein Lehrbuch. Weinheim: Beltz.

Nationale Plattform Bildung für nachhaltige Entwicklung (2017). Nationaler Aktionsplan Bildung für nachhaltige Entwicklung. Der deutsche Beitrag zum UNESCO-Weltaktionsprogramm. Frankfurt am Main: Druck- und Verlagshaus Zarbock GmbH & Co. KG.

Riedinger, B. (2006). Mining for Meaning: Teaching Students How to Reflect. In: Jafari, A.; Kaufmann, C. (Hrsg.) Handbook of Research on ePortfolios. Hershey, London, Melbourne, Singapore: Idea Group, 90-101.

Sonntag, M., Rueß, J., Ebert, C., Friederici, K., Deicke, W. (2016): Forschendes Lernen im Seminar – ein Leitfaden für Lehrende. Berlin: Humboldt-Universität zu Berlin.

Stratmann, J., Preussler, A., & Kerres, M. (2009). Lernerfolg und Kompetenz bewerten. Didaktische Potenziale von Portfolios in Lehr-/Lernkontext. MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung, 18 (Indiv. Leistungsdarstellung), 1-19. <https://doi.org/10.21240/mpaed/18/2009.12.18.X>

United Nations (1987): Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common future. <http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf>.

UNRIC – Regionales Zentrum der Vereinten Nationen (2023). Ziele für nachhaltige Entwicklung. <https://unric.org/de/17ziele/>

#### Angaben zu den AutorInnen

**Dr. Beatrice Dernbach** ist Inhaberin einer High-Tech-Agenda (HTA)-Professur für Nachhaltigkeits- und Wissenschaftskommunikation an der Technischen Hochschule Nürnberg. Aktuell forschen sie und ihr Team zur Interdisziplinarität in der Lehre, insbesondere mit dem Fokus auf Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) sowie der Nachhaltigkeitskommunikation in regionalen Arenen.

**Magdalena Hoffmann** ist wissenschaftliche Mitarbeiterin im Forschungsfeld Nachhaltigkeits- und Wissenschaftskommunikation an der Ohm. In ihren Lehr- und Forschungsschwerpunkten befasst sie sich mit strategischer und politischer Kommunikation, Nachhaltigkeitskommunikation und interdisziplinärer Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE).

## **IMPRESSUM**

Der **Tagungsband zum 5. Symposium zur Hochschullehre in den MINT-Fächern** erscheint als DiNa-Sonderausgabe.

ISSN 1612-4537

### **HERAUSGEBER**

Dr. Hanna Dölling  
Prof. Dr. Claudia Schäfle  
Dr. Susanne Kürsten  
Marianne Hunger  
Jim Hirtt  
Prof. Dr. Peter Riegler

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  
Tel: 089 2020 540 51 (52, 53, 54)  
E-Mail: Lehr-Lernforschung@bayziel.de  
www.bayziel.de

### **ABBILDUNGEN & FOTOS**

Die Rechte liegen bei den AutorInnen, 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 2023

[www.mint-symposium.de](http://www.mint-symposium.de)