

Lessons Learned

*Spin Offs digitaler
Lehrerfahrungen*



2

Über das Journal

Durch die plötzlichen und gewaltigen Einschränkungen in der Präsenzlehre, die beginnend mit dem Sommersemester 2020 durch die Corona Pandemie herbeigeführt wurden, hat sich eine nie dagewesene Veränderung und Erneuerung von Lehrformaten ergeben. Auch wenn diese Veränderungen durch die Einschränkungen aufgrund der Pandemie erzwungen wurden, sind die Erfahrungen und Konzepte, die entwickelt wurden, für eine Erneuerung des Lehrbetriebs hin zu modernen, digital unterstützten Lehr- und Lernformen und zu einem stärker kompetenzorientierten Lernen von enormem Wert. Zu Beginn des Wintersemesters 2020/21 wurde an der Fakultät Maschinenwesen der Technischen Universität Dresden eine Konferenz unter dem Titel „Lessons Learned - Spin Offs eines digitalen Semesters“ durchgeführt, in der über den Austausch von Erfahrungen diese Erneuerung unterstützt werden sollte. Aus dieser ersten Konferenz ist eine Konferenzreihe entstanden und gleichzeitig wurde das Journal „Lessons Learned“ ins Leben gerufen. Das Ziel dieses Journals ist es, neue Lehr- und Lernformen nicht nur in den mathematisch naturwissenschaftlichen und technikwissenschaftlichen Fächern, sondern weit darüber hinaus in allen Fachdisziplinen zu diskutieren und damit eine Plattform zu schaffen, auf der Lehrende sich über neue Konzepte informieren und diese für ihre eigene Lehre adaptieren können.

Das Journal erscheint bewusst zweisprachig, um sowohl einem internationalen Publikum die gemachten Erfahrungen zugänglich zu machen, als auch dafür zu sorgen, dass die verknüpften Beispiele von einem Text in der Lehrsprache, in der sie produziert wurden, begleitet werden. Für die Autoren bedeutet dies keinen zusätzlichen Arbeitsaufwand, da Artikel entweder in deutscher oder in englischer Sprache eingereicht werden können. Nach erfolgter Akzeptanz eines Artikels wird dieser seitens des Journals in die jeweils andere Sprache übersetzt, womit die Autoren nur noch eine Korrekturlesung des übersetzten Artikels durchführen müssen.

Editorial Board

Managing Editor

Prof. Dr. Stefan Odenbach, TU Dresden

Editorial Board

Prof. Dr. Lana Ivanjek, TU Dresden

Prof. Dr. Hans Kuerten, TU Eindhoven

Prof. Dr. Alexander Lasch, TU Dresden

Prof. Dr. Andreas Schadschneider,
Universität zu Köln

Prof. Dr. Eric Schoop, TU Dresden

Prof. Dr. Christiane Thomas, TU Dresden

Impressum

ISSN:

2749-1293 (Print); 2749-1307 (Online)

Herausgeber:

Prof. Dr. Stefan Odenbach, Fakultät
Maschinenwesen, TU Dresden, Dresden

Kontakt:

Prof. Dr. Stefan Odenbach

c/o Fakultät Maschinenwesen
Magnetfluidodynamik, Mess- und
Automatisierungstechnik

George-Bähr-Str. 3

01069 Dresden

Das vierte Heft des **Lessons Learned Journals**, die zweite Ausgabe im zweiten Volume. Das bedeutet, genau genommen, einen Meilenstein für die Entwicklung des Journals. Mit diesem Heft ist ein Zustand erreicht, in dem in zwei Jahren hintereinander zwei Ausgaben pro Jahr erschienen sind. Diese nun quasi etablierte Struktur zeigt gleichzeitig das Interesse, das an der Weiterentwicklung der Lehre auch nach dem Ende der Corona Pandemie existent ist. Damit wird dieses Interesse nicht nur von den Notwendigkeiten, die die Corona Pandemie erzeugt hat, getrieben, sondern es hat sich eine intrinsische Bereitschaft zur Modernisierung universitärer Lehre entwickelt.

Das aktuelle Heft zeigt, dass diese Entwicklung weit über die Fakultät Maschinenwesen, in der das **Lessons Learned** Konzept seinen Ursprung hat, und weit über die TU Dresden hinaus an Bedeutung gewonnen und Interesse gefunden hat.

In diesem Heft wird der erste Teil der vierten **Lessons Learned Konferenz** publiziert. Der zweite Teil, der die weiteren Beiträge zur **Lessons Learned IV** enthält, ist im Frühsommer 2023 geplant. Damit ergibt sich die zukünftige Struktur für die Ausgaben des Journals: Es werden regelmäßig zwei Ausgaben aus einer **Lessons Learned Konferenz** entstehen. Eine wird ca. ein halbes Jahr nach der Konferenz zum Jahresende erscheinen, die zweite im darauffolgenden Frühjahr. Damit trägt das Journal in seiner Struktur der Arbeitsbelastung Rechnung, der Lehrende heutzutage an den Universitäten ausgesetzt sind. Ungeachtet dessen können sich jetzt alle Beitragenden den Zeitpunkt für die Publikationen ihres Beitrags zur Konferenz aussuchen und in ihre Arbeitspläne eintakten. Das soll es ermöglichen, in Zukunft die wertvollen Ergebnisse, die sich aus der Weiterentwicklung der Hochschullehre ergeben, umfassend zu erfassen und zur Verfügung zu stellen.

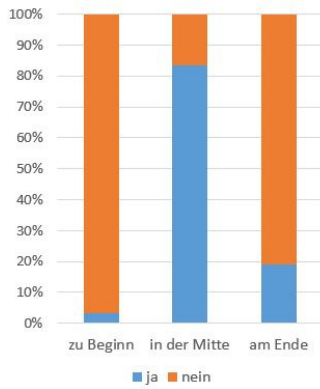
Inhaltlich gesehen zeigt das aktuelle Heft, dass die Entwicklung neuer Lehrkonzepte unter Verwendung digitaler Komponenten nach der Corona Pandemie nicht nachgelassen, sondern eher zugenommen hat. Deutlich wird dabei auch, dass das Bemühen, den Einsatz digitaler Elemente mit der Präsenzlehre zu verbinden und damit den akademischen Austausch in Präsenz im Fokus zu behalten, ungeachtet der Erneuerung einzelner Lehrkomponenten durch digitale Elemente eine zentrale Rolle eingenommen hat. Zudem zeigt sich, und dies ist auch schon aus den Titelbildern der Beiträge zu erkennen, dass die Weiterentwicklung modernisierter Lehrkonzepte flächendeckend von Evaluation begleitet wird. D. h. die neue Entwicklung von Komponenten universitärer Lehre wird unter Berücksichtigung der studentischen Perspektive durchgeführt und die entwickelten Komponenten werden auf Basis der Erfahrungen, die aus den Evaluationen gewonnen wurden, optimiert.

Durch den Design Based Research Ansatz, der aus vielen Artikeln deutlich wird - auch wenn dieser Begriff in der Regel nicht verwendet wird - behält der Name des Journals auch nach der Pandemie seinen Sinn. Es geht nicht mehr nur darum, die **Lessons Learned** zu beschreiben, die aus der Pandemie entstanden sind. Es geht vielmehr darum, die **Lessons Learned** zu diskutieren, die aus der Erneuerung der Lehre in Wechselwirkung mit den Studierenden entstehen und die entsprechenden Erfahrungen zu teilen und verfügbar zu machen.

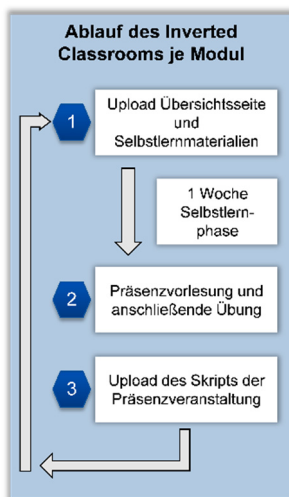
Aber diese Ausgabe zeigt nicht nur aktuelle Entwicklungen in der Verwendung digitaler Komponenten in der Hochschullehre auf. Vielmehr zeigt sich im Artikel von Cornelia Breitkopf, dass digitale Komponenten in der Lehre nichts wirklich Neues sind. Zehn Jahre ThermoE sind ein Zeichen dafür, dass die Möglichkeiten digitaler Lehre immens groß und nachhaltig sind. Sie zeigen gleichzeitig, dass es an den Hochschulen eine Trägheit in der Umgestaltung universitärer Lehre gibt, da bereits vor zehn Jahren die entsprechenden Möglichkeiten aufgezeigt, aber nicht erkannt wurden. Jetzt kann von diesen immensen Erfahrungen gelernt werden!

In diesem Sinne freuen wir uns, Sie im Sommer 2023 zur fünften **Lessons Learned Konferenz** in Dresden begrüßen zu können, deren Beiträge in den Ausgaben zum Ende 2023 und Beginn 2024 in schriftlicher Form vorliegen werden.

Stefan Odenbach



Die Neugestaltung der universitären Lehre unter Verwendung digitaler Komponenten geht weiter. Neu ist, dass diese Weiterentwicklung massiv von Evaluationen begleitet wird und auf Basis der Evaluationsergebnisse, d.h. unter Hinzunahme der studentischen Perspektive die neuen Komponenten optimiert werden.



Inverted Classroom Konzepte sind eine logische Folge der Entwicklung von Lehrformaten in der Pandemie. Ihre Möglichkeiten und Tücken werden uns noch einige Semester begleiten.

Themenspektrum

Neuartige Formate und Evaluation

B. Watzka

Interaktive Lern- und Übungsaufgaben in der Physiklehramtsausbildung: Vergleich zwischen Online-, Präsenz- und Selbststudium

M. Bleckmann, D. Schumann, P. Nyhuis

Lessons Learned – Constructive Alignment trifft auf Lean & Green Production

C. Wermann, B. Schlegel, S. Odenbach

Entwicklung und Auswertung der Evaluation von Praktika@home

B. Schlegel, C. Wermann, S. Odenbach

Evaluation zur Wirksamkeit der Lehre im Modul Mess- und Automatisierungstechnik

B. Kruppke, S. Apelt, C. E. Hartwig, A. Koch, J. Mai,

A. L. Schumann, T. J. Ulbricht, M. Ullmann, H.-P. Wiesmann

Das Kompetenzatelier als agiles Lehrformat – Biomechanik-Projektarbeit bis zum Prototyp

C. Breitkopf

10 Jahre thermoE - Eine Bilanz der online-basierten Begleitung der Grundlagenvorlesung Thermodynamik

M. Kutz, N. Modler, M. Gude

Digitale, kollaborative Kleingruppenarbeit im Aktiven Plenum – ein Widerspruch?

C. D. Deters, A. M. Menzel

Digitale Medien versus Tafel und Kreide – Online- und Hybridlehre in der Theoretischen Physik

Inverted Classroom Konzepte

D. Schumann, T. Kämpfer, M. Bleckmann, V. K. Kuprat

Lessons Learned bei der Umsetzung eines Inverted Classroom-Modells

J. Brose

Blended Learning mit Jupyter Notebooks

DIGITAL MINDSET UND REFLEXION	1. Digitaler Mindset	2. Digitaler Mindset	3. Digitaler Mindset	4. Digitaler Mindset	5. Digitaler Mindset	20 000
TECHNISCHE KENNNTNISSE	1. Digitaler Mindset	2. Digitaler Mindset	3. Digitaler Mindset	4. Digitaler Mindset	5. Digitaler Mindset	18 000
VIRTUELLE KOMMUNIKATION UND KOLLABORATION	1. Digitaler Mindset	2. Digitaler Mindset	3. Digitaler Mindset	4. Digitaler Mindset	5. Digitaler Mindset	15 000
DIGITALE LEHRE	1. Digitaler Mindset	2. Digitaler Mindset	3. Digitaler Mindset	4. Digitaler Mindset	5. Digitaler Mindset	11 000

Neue Lehrkonzepte mit digitalen Komponenten erfordern digitale Kompetenzen bei allen Beteiligten – ein komplexes Thema mit wegweisender Bedeutung für die Weiterentwicklung der Hochschullehre.

Entwicklung digitaler Formate und Kompetenzen

J. Franke, G. Wegner

Sächsisches Verbundprojekt D2C2 „Digitalisierung in Disziplinen Partizipativ umsetzen : Competencies Connected“ Einblick in den Schwerpunkt „Didaktik in (teil-)digitalisierten Werkstätten und Laboren“

K. Schmitt, M. Altmann, A. Clauss, F. Schulze-Stocker, M. Arnold, G. Rebane

Moving Beyond Mobility: Lessons Learned aus einer projektbasierten virtuellen internationalen, interkulturellen und interdisziplinären Zusammenarbeit

M. Krohn, A. Jantos

Digital Mindset als wichtigste Voraussetzung im Lern- und Lehralltag der Zukunft Weiterentwicklung studentischer Digitalkompetenzen: Eine interdisziplinäre Perspektive



Interaktive Lern- und Übungsaufgaben in der Physiklehramtsausbildung: Vergleich zwischen Online-, Präsenz- und Selbststudium

B. Watzka*

Jun. Prof.'in für Didaktik der Physik, Institut für Physik, Fakultät für Naturwissenschaften, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Abstract

Lernen ist ein aktiver und konstruktiver Prozess. Interaktive Aufgaben erlauben eine Aktivierung der Lernenden in jedem Lehrformat. Offen ist die Frage, ob es Unterschiede im Bearbeitungserfolg und der Änderung des Professionswissens beim Lernen mit interaktiven Aufgaben unter verschiedenen Lehrformaten gibt. Ebenso ist offen, inwieweit sich angehende Lehrkräfte vorstellen können, mit Hilfe eines Tools solche Aufgaben selbst zu erstellen und in ihrem späteren Berufsleben als Lehrmittel einzusetzen.

Ein interaktives Aufgabenset wurde mittels drei verschiedener Methoden gelehrt und evaluiert. Die Stichprobe (N=66) stellten Lehramtsstudierende der Physik. Sie bearbeiteten einen Lernpfad mit interaktiven Aufgaben, um sich fachdidaktisches Wissen zu einem Thema zu erarbeiten und zugleich ein Tool für die Entwicklung solcher Aufgaben kennen zu lernen.

Die Ergebnisse zeigten keine signifikanten Unterschiede im Bearbeitungserfolg und Professionswissen zwischen der Online- und Präsenzlehre. Jedoch zeigten die im Selbststudium Lernenden signifikant kürzere Bearbeitungszeiten, ein chaotischeres Lernverhalten, einen geringeren Bearbeitungserfolg und geringere Zuwächse im Professionswissen. Die Akzeptanz der Studierenden in Bezug auf interaktive Aufgaben und das exemplarische Tool stieg durch die Arbeit mit dem Aufgabenset in allen Gruppen an.

Learning is an active and constructive process. Interactive tasks enable learner activation in any teaching format. It is an open question whether there are differences in the task success and the change of professional knowledge when learning with interactive tasks under different teaching formats. It is also open to what extent prospective teachers can imagine creating such tasks themselves with the help of a tool and using them as teaching aids in their later professional lives.

An interactive task set was taught using three different methods and evaluated. The sample (N=66) consisted of student teachers of physics. They worked on a learning path with interactive tasks in order to acquire educational knowledge and at the same time to get to know a tool for the development of interactive tasks. The results showed no significant differences in task success and professional knowledge between online and face-to-face teaching. However, self-study learners showed significantly shorter completion times, more chaotic learning behaviour, lower task success, and lower increase in TPACK. The students' acceptance of interactive tasks and the exemplary tool increased in all groups as a result of working with the tasks.

*Corresponding author: bianca.watzka@ovgu.de

1. Einleitung

Die COVID-19-Pandemie stellte Dozierende vor die Herausforderung, die eher passive Konsumentenhaltung mancher Studierender in der Online-/Distanzlehre zu durchbrechen [1] und stattdessen eine aktive Auseinandersetzung mit dem Lerninhalt auf Seiten der Studierenden herbeizuführen.

Dieser Beitrag beschreibt die Lernwirkung von Lernpfaden mit interaktiven Elementen/Aufgaben in der asynchronen und synchronen Online- und Präsenzlehre in der Lehramtsausbildung. Übergeordnetes Ziel der Veranstaltungen ist fachdidaktisches Wissen und technologiebezogenes fachdidaktisches Wissen zu vermitteln. Die Veranstaltungsabfolge verläuft zyklisch über zwei Sitzungen. In der ersten Sitzung werden stets fachdidaktische Inhalte zu einem Thema erarbeitet, welche vom Dozierenden über ein Tool aufbereitet sind. In der zweiten Sitzung erwerben die Studierenden Handlungswissen über das Tool, mit dem in der vorherigen Sitzung der Lerninhalt aufbereitet war. So können die Studierenden in die Rolle der Lernenden (erste Sitzung) und Lehrenden (zweite Sitzung) schlüpfen.

In diesem Beitrag wird ein Ausschnitt aus dem Bereich der ersten Sitzungen vorgestellt. In einem interaktiven Lernpfad wird fachdidaktisches Wissen zum Transistor vermittelt. Der Lernpfad ist mit dem Tool H5P umgesetzt.

2. H5P-Tool

H5P ermöglicht das Erstellen von interaktiven Lernangeboten und ist eine frei zugängliche und quelloffene Software, die als Plugin für verschiedene Content-Management-Systeme (CMS) wie Wordpress und Learning-Management-Systeme (LMS) wie Moodle oder Ilias zur Verfügung steht [2].

H5P ist standardmäßig mit einer LTI- und einer xAPI-Schnittstelle ausgestattet.

LTI steht für Learning Tools Interoperability und ist ein universeller Standard, der die Integration eines Systems (hier einer H5P-Aufgabe) in andere Systeme (z.B. Moodle) ermöglicht [3].

xAPI steht für Experience API und ist auch als TinCan bekannt [4]. Die xAPI-Schnittstelle gibt

Daten nach einem festen Schema an eine Datenbank für Lernaktivitäten, auch Learning Record Store (LRS) genannt. Die xAPI-Aussagen basieren auf dem einfachen Muster: Subjekt Verb Objekt. Damit lässt sich praktisch jede Aktivität eines Lernenden mit der Lernumgebung verfolgen [3].

3. Effekte aktiven Lernens

Unter aktivem Lernen versteht man alles, was Schülerinnen und Schüler dazu bringt, Dinge zu tun und über die Dinge nachzudenken, die sie tun [5].

Die Initiierung von Lernaktivitäten in Vorlesungen, welche methodisch in der Regel in einem Frontalstil gehalten werden, kann die Lernleistung deutlich verbessern [6]. So zeigt Hake [7], dass sich die Leistungen der Studierenden in Physikeinführungskursen, in denen in erheblichem Umfang interaktive Methoden eingesetzt wurden, deutlich verbesserten.

Mit der Lernförderlichkeit interaktiver H5P-Inhalte im weitesten Sinne befassten sich in jüngster Zeit eine Reihe von Anwendern verschiedenster wissenschaftlicher Disziplinen (u.a. Watzka et al. [2], Pereira et al. [8], Chen et al. [9], Rama Devi et al. [10], Unsworth und Posner [11], López et al. [12], Sinnayah et al. [13], Wilkie et al. [14], Wicaksono et al. [15], MacFarlane und Ballantyne [16], Mir et al. [17], Thurner et al. [18] und Santos et al. [19]). Im Weiteren sind nur Ergebnisse von Evaluationen aufgeführt, die standardisiert mit log Files bzw. xAPI-Daten, Fragebögen oder Interviews erfasst wurden.

Thuner et al. [18] führten eine Mixed-Method-Studie zur Wirkung interaktiver Videos durch [18]. Sie erhoben log Files, Fragebögen und problembasierte Interviews. Sie untersuchten u.a. das Lernverhalten und die Lernergebnisse beim Arbeiten mit interaktiven bzw. nicht interaktiven H5P-Videos. Ihre Ergebnisse zeigen, dass in Videos implementierte H5P-Quizfragen das Lernverhalten beeinflussen. Im Vergleich zur Gruppe ohne H5P-Quiz nutzte die Gruppe mit den Quiz die dort auftretenden Fragen als Navigationshilfe. Die log Files zeigen, dass beispielsweise etliche Nutzer und Nutzerinnen zunächst zu den Quizfragen springen, um die an sie gestellten Erwartungen zu prüfen. Danach

entscheiden sie, ob es sich für sie lohnt, die vor den Fragen liegenden Videopassagen anzusehen oder nicht. In den Interviews bestätigen die Nutzenden die fokussierende Wirkung der Quizfragen und sie konstatieren die davon ausgehende Hilfe für die Verarbeitung der Videoinhalte.

Wicaksono et al. [15] führten Fragebogenstudien mit offenen und geschlossenen Fragen durch. Sie untersuchten für 19 Studierende, ob von der H5P-Nutzung deren Motivation und Lernleistung im Fach Englisch beeinflusst ist. Ihre Ergebnisse zeigen, dass 90 % der Teilnehmenden der Frage zustimmen, ob sie sich von H5P-Inhalten stärker auf die relevanten Inhalte fokussiert fühlen. Ebenso sehen sich 90 % der Teilnehmenden durch H5P-Inhalte interessierter und aufmerksamer dem Lernmaterial gegenüber. Weitere 74 % geben an, durch die Nutzung von H5P motivierter zu sein. Ein Großteil der motivierten Studierenden erzielt zudem gute Lernleistungen, was Wicaksono et al. [15] als Tendenz eines positiven Zusammenhangs zwischen Motivation und Lernleistung sehen.

Sinnayah et al. [13] befragten 250 Studierende mittels Fragebogen zur Nutzung eingesetzter H5P-Inhalte im Rahmen von Physiologie-Kursen. Ihre Ergebnisse zeigen, dass 80 % der Studierenden das Bearbeiten der H5P-Inhalte im Vergleich zu den sonst üblichen Multiple-Choice-Fragen als zeitaufwendiger wahrnehmen. Trotz des erhöhten Aufwands geben 90 % der Studierenden an, dass sich ihr Wissen durch das wiederholte Üben mit H5P verbessert, und dass H5P-Inhalte ihnen helfen, mit dem Kurs Schritt zu halten.

Santos et al. [19] setzten die H5P-Vorlage *Branching Scenario* im Sinne von interaktiven problembasierten Simulationen in einem Netzwerkkurs mit 30 Studierenden ein. Dabei erfassten sie das Lernverhalten der Studierenden mittels xAPI. Außerdem verglichen sie die Endnoten des Kurses mit H5P-Inhalten mit den Noten vorheriger Kurse ohne H5P-Inhalte. Die Ergebnisse zeigen, dass Studierende, die mit H5P-Inhalten lernen, im Schnitt bessere Noten erzielen und zugleich mit ihren Übungen äußerst zufrieden sind. Die Studierenden sind zudem der Meinung, das Lernen mit H5P helfe

ihnen, Konzepte schneller und einfacher zu erlernen.

4. Lernpfade und -wege

Lernpfade sind idealisierte oft linear strukturierte Lernangebote. Häufig sind sie als webbasierte Lernumgebungen nach der Art eines Baukastensystems realisiert. Sie geben verbindliche Lernziele vor und enthalten zur Erreichung dieser Ziele verschiedene, oft interaktive, Lernmaterialien und aufeinander abgestimmte Arbeitsaufträge samt Hilfen und Feedback. Je nach Interesse und Leistungsstand können Lernende eigenverantwortlich Arbeitsaufträge auswählen und dadurch ihren eigenen individuellen Lernprozess auf das vorgegebene Ziel ausrichten [20]. Lernpfade erzwingen das lineare Durcharbeiten nicht, vielmehr überlassen sie dem Lernenden die Entscheidung, variierende individuelle Lernwege einzuschlagen [21].

Lernwege zeigen die von den Lernenden tatsächlich bestrittenen Abfolgen der aufgerufenen Inhalte und der bearbeiteten Aufgaben in Abhängigkeit von der Zeit auf. Trotz linear angelegtem Lernpfad, verlaufen Lernwege oftmals nicht linear, sondern oszillieren oder sind von Umwegen geprägt [21]. Ursache variierender Lernwege sind neben individuellen Wissensstrukturen der Lernenden, die sich aufgrund von Vorerfahrungen und -wissen bereits ausgebildet haben [21], auch affektive Komponenten wie etwa Interessen oder Einstellungen. Der Zweck von Lernweganalysen besteht darin, nicht nur Bearbeitungserfolge/-misserfolge am Ende eines Lernprozesses zu betrachten. Vielmehr geht es darum, die Genese der Erfolge/Misserfolge zu visualisieren. Messgrößen von Lernwegen sind beispielsweise:

- Zeitpunkte und -dauern der Bearbeitung einzelner Aufgaben / Elemente
- Häufigkeiten incl. Wiederholungen und Auslassungen von Aufgaben / Elementen
- Reihenfolgen der Bearbeitungen
- Erreichte Punktzahl, Abzüge aufgrund von Fehlern
- Häufigkeiten von Hilfeaufrufen
- Log Files z.B. zur Nutzung der Navigationsoptionen etc.

5. Lehrziele und Evaluationsziel

Lehrziele des Seminars sind fachdidaktische Theorien auf konkrete Unterrichtsinhalte (hier: exemplarisch Transistor) anzuwenden und das Methodenrepertoire (hier exemplarisch interaktive H5P-Aufgaben) der Studierenden speziell aus dem Bereich Multimedia auszubauen.

Ziel der Evaluation ist es, u.a. die Lernergebnisse (in Form von den Bearbeitungserfolgen und den Änderungen im Professionswissen), die Akzeptanz und Relevanz gegenüber den interaktiven Aufgaben und die Lernwege beim Bearbeiten des Lernpfades zu erfassen. Die theoretische Grundlage hierfür stützt sich auf um TPACK erweiterte TAM-Modelle, wie sie bei Mayer et al. [22] beschrieben sind.

Nicht von Interesse ist hier ein Vergleich der Lernwirkung zwischen dem Lernen mit interaktiven Aufgaben und einer klassischen frontalen Vorlesung oder einem Experimentalpraktikum. Auch mögliche Zusammenhänge zwischen der Wahl innerhalb eines Lernpfades und Interessensausprägungen oder motivationalen Dispositionen stehen hier nicht zur Frage.

6. Stichprobe und Ablauf

Die Stichprobe umfasst insgesamt 66 Lehramtsstudierende mit vertieftem Studium des Unterrichtsfachs Physik der LMU München (n=55, davon 33 männlich) und der OVGU Magdeburg (n=11, davon 8 männlich). Die Münchner Studierenden befanden sich zwischen dem 7. und dem 9. Fachsemester, die Magdeburger Studierenden hatten den 6-semesterigen Bachelorstudiengang abgeschlossen und waren im 1. Fachsemester des Masterstudiengangs eingeschrieben. Alle Studierenden hatten die fachphysikalischen Experimentalvorlesungen, die einführende Fachdidaktikvorlesung und die experimentellen Laborpraktika sowie Seminare zu schultypischen Versuchen bereits besucht. Weiterhin waren alle Studierenden mit dem Bearbeiten interaktiver Aufgaben und der verwendeten Symbolik vertraut.

Die Untersuchungen fanden in drei aufeinanderfolgenden Wintersemestern (19/20, 20/21 und 21/22) in einer 90-minütigen Pflichtveranstaltung statt. Die Verteilung der Studierenden

auf das Lehrformat erfolgte nicht randomisiert, sondern nach den zu dieser Zeit geltenden Corona Verordnungen. Ein Überblick über die Anzahl der Teilnehmenden pro Format zeigt die folgende Tabelle (Tab. 1).

Tab. 1: Stichprobe

	Geführt	Geführt	Nicht geführt
	Online	Präsenz	Online (Selbststudium)
M	33	10	12
MD	--	8	3

Vor dem Lernen mit dem interaktiven, webbasierten Lernpfad wurde in allen drei Gruppen zu Beginn das Professionswissen, die Akzeptanz gegenüber interaktiven Aufgaben im Allgemeinen sowie deren Relevanz für das spätere Berufsleben und Kontrollvariablen wie das Geschlecht, das Fachsemester und der Studiengang erfragt (Pre-Test). Anschließend erfolgte in den Gruppen Online- und Präsenz-Lehre das geführte Lernen durch den Lernpfad mit den interaktiven Aufgaben. Dazu öffneten die Studierenden und die Dozierende / der Dozent den webbasierten Lernpfad jeweils auf dem eigenen Endgerät. Die Dozierende / der Dozent moderierte den Weg durch den Lernpfad, indem sie / er Wechsel zwischen Folien oder Aufgabenbearbeitungen initiierte. Dabei wurden die Lernaktivitäten der Studierenden laufend erfasst. Direkt nach Beendigung des Lernpfades bearbeiteten die Teilnehmenden den Post-Test.

Die Gruppe Selbststudium bearbeitete den Lernpfad mit den interaktiven Aufgaben ohne instruktionale Führung von zu Hause aus. Der Post-Test schloss als letzter Teil direkt an die Bearbeitung des Lernpfades an.

7. Lernpfad mit interaktiven Aufgaben

Der Lernpfad nutzt die H5P-Vorlage Branching Scenario und ist für eine Bearbeitungszeit von 90 Minuten ausgelegt. Er enthält aufeinander aufbauende Elemente und drei fachdidaktische Vertiefungsoptionen, die im besten Fall im Sinne eines ganzheitlichen Lernens alle bearbeitet werden. Abb. 1 zeigt die äußere Struktur eines Lernpfades im Bearbeitungsmodus.

Schwarze Kästen stehen für interaktive Präsentationen, die einen oder mehrere Lerninhalte und interaktive Aufgaben enthalten können. Die blauen Kästen stehen für Auswahlfragen, die dann zu den verschiedenen Vertiefungen führen. Die im roten Kreis enthaltenen Pfeile stehen für die Option, nach einer Vertiefung zur Auswahlfrage zurückzugehen. Die rote Fahne markiert das Ende.

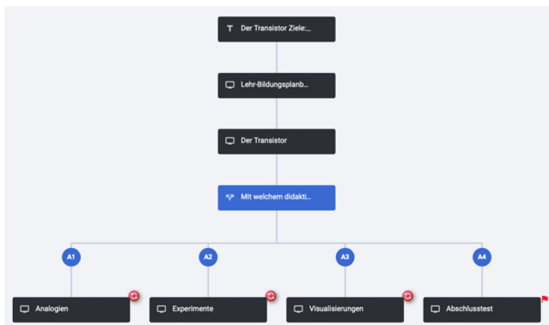


Abb. 1: Struktur eines einfachen Lernpfades.

Die interaktiven Präsentationen enthalten neben Fachinformationen auch Literaturverweise, ergänzende Hilfen und Aufgaben zur Festigung (siehe Abb. 2 und 3). Bei interaktiven Präsentationen, wie in Abb. 2 zu sehen, steht immer der Fachinhalt im Zentrum der Folien. Die blauen Kreise, in denen ein *i* steht, führen zu ergänzenden Hilfen. Die lilafarbenen Kreise stehen für interaktive Aufgaben (siehe Abb. 3).

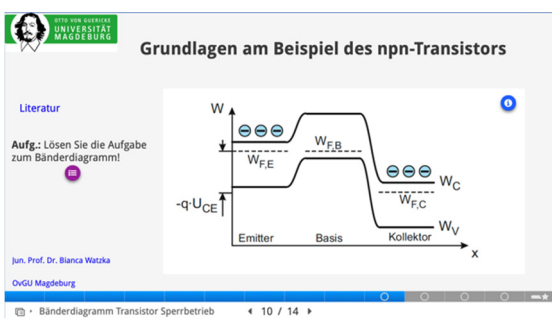


Abb. 2: Ausschnitt aus einer interaktiven Präsentation.

Die interaktiven Aufgaben sind nach den Anforderungen der Inhalte ausgewählt und daher meist im Multiple-Choice oder Drag-and-Drop-Format umgesetzt. Bei Multiple-Choice-Fragen können bekannte Fehlvorstellungen als Distraktoren genutzt werden, so dass bei der

Auswertung auch gezielt nach falschen Denkmustern gesucht werden könnte. Drag-and-Drop-Formate bieten sich bei ikonischen Darstellungen von Modellen an, da hier die Abbildung der Realität ins Modell durch das Zuordnen erfolgen kann.

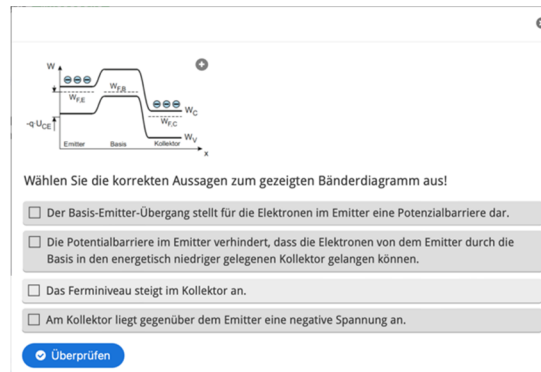


Abb. 3: Beispiel für eine interaktive Aufgabe.

Nach jeder Sinneinheit folgt eine Zusammenfassung mit den erreichten Punkten, die dann auch im LMS automatisch dokumentiert werden (siehe Abb. 4).



Abb. 4: Beispiel für eine Zusammenfassung.



Abb. 5: Auswahlfrage mit Vertiefungsoptionen.

Markenzeichen der Vorlage Branching Scenario sind die Auswahlfragen (Abb. 5). Sie sind neutral formuliert und führen im vorgestellten Beispiel zu den fachdidaktischen Vertiefungen.

Jede fachdidaktische Vertiefung enthält aufgrund der verschiedenen Anforderungen verschiedene Aufgabenformate.

So enthält z.B. der Schwerpunkt *Experimente* interaktive Experimentiervideos als Aufgabenformat (siehe Abb. 6), weil damit der Aufbau und die Durchführung von Versuchen nachgebildet werden können.



Abb. 6: Ausschnitt aus einem interaktiven Video.

Anders sieht es bei den fachdidaktischen Vertiefungen *Visualisierungen* und *Analogien* aus. Hier müssen Visualisierungen nach Bildtypen klassifiziert und anschließend deren Funktion im Lernprozess bestimmt bzw. Analogien nach den Kriterien von Issing bewertet werden. Für solche Prozesse eignen sich als Aufgabenformate besonders Lückentexte, Multiple-Choice-Aufgaben und Richtig/Falsch-Aussagen.

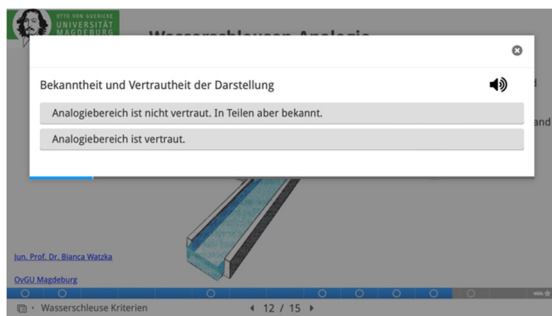


Abb. 7: Beispiel für Richtig/Falsch-Aussagen zur Bewertung von Analogien nach Issing.

Der Abschlusstest am Ende des Lernpfades lehnt an den TPACK-Fragebogen [20] an und wurde hier hinsichtlich des Themas *Transistor* spezifiziert. Es handelt sich um eine Selbsteinschätzung der Studierenden, die zusätzlich zum Bearbeitungserfolg der Aufgaben Abschluss über den Lernerfolg geben kann.

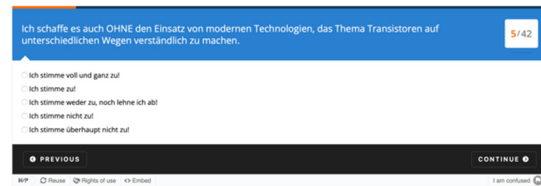


Abb. 8: Exemplarische Frage zur Selbsteinschätzung der Studierenden am Ende des Lernpfades.

8. Variablen und Messinstrumente

Die Messung erfasste Ergebnis- und Prozessvariablen. Unter die Ergebnisvariablen fielen die Akzeptanz gegenüber interaktiven H5P-Aufgaben und dessen Relevanz für das spätere Berufsleben sowie die Facetten des Lehrberufswissens (TPACK).

Für die Erhebung der Ergebnisvariablen kamen etablierte Skalen zum Einsatz, u.a.:

- Akzeptanz gegenüber dem interaktiven Lernmaterial (vgl. [22], 2 Items),
- Relevanz interaktiver Lernmaterialien für das spätere Berufsleben (vgl. [22], 8 Items) und
- TPACK (vgl. [22], 32 Items).

Der Kategorie Prozessvariablen wurden für die Analyse der Lernwege die folgenden, durch die xAPI-Schnittstelle erfassten, Größen zugeordnet: Bearbeitungszeiten, Bearbeitungserfolge / Aufgabenpunkte, Wiederholungen, Bearbeitungsreihenfolgen, und -abbrüche sowie Sprünge zwischen Informationseinheiten und Aufgaben etc.

9. Datenanalyse

Änderungen im Professionswissen sowie in der Akzeptanz und Relevanz wurden über den Hake-Faktor g bestimmt, der den durchschnittlichen normalisierten Zuwachs angibt. Er ist definiert als das Verhältnis zwischen dem durchschnittlichen Zuwachs, resultierend aus der Differenz von Post- und Pre-Test, und dem maximal möglichen Zuwachs, resultierend aus der Differenz des Maximalwertes und dem Pre-Testwert [6].

Mittels t -Tests für unabhängige Stichproben wurde geprüft, ob es Unterschiede in den Zuwächsen in der Akzeptanz und der Relevanz zwischen den Lehrformaten gibt. Aufgrund der

kleinen Stichprobe wurde ein Bootstrapping-Verfahren mit 10 000 einfach gezogenen Stichproben und einem Vertrauensintervall von 95 % gewählt. Bei Feststellung von Varianzheterogenität, erfolgte eine Korrektur der Freiheitsgrade (Welch-Korrektur). Als Effektstärkemaß wurde Cohens d berechnet. Bei Mehrfachtestungen, die auf eine Nullhypothese bezogen sind, wurde eine Alpha-Fehlerkorrektur nach Bonferroni angewandt.

Die Analyse der Lernwege erfolgte halb-quantitativ (siehe Abb. 8-10). Dazu wurden Sehnendiagramme der Lernwege in Python programmiert. Die äußeren farbigen Ringelemente zeigen die Informationseinheiten bzw. Aufgaben der Lernumgebung an, wobei die Größen der Kreisbögen proportional zu den mittleren Bearbeitungszeiten abgetragen sind. Die farbigen Sehnen im Kreis zwischen den Einheiten stellen Sprünge zwischen Informationseinheiten bzw. Aufgaben dar. Eine Sehne beginnt immer an der gleichfarbigen Einheit und endet an der andersfarbigen Einheit. Die Sehnenbreite ist proportional zur Häufigkeit des Sprungs innerhalb einer Gruppe.

10. Quantitative Ergebnisse

Die Mittelwerte und Standardabweichungen für die Bearbeitungszeit und den -erfolg sowie die Einschätzungen der Studierenden bezüglich der Akzeptanz und Relevanz zeigt Tab. 2.

Ergebnisse der t -Tests für gepaarte Stichproben zeigen jeweils signifikante Anstiege kleiner Effektstärke zwischen Pre- und Posttest für ...:

- die Akzeptanzänderung ($t_{62} = 13.17, p < .001, 95\% \text{ CI } [.499, .678], d = 0.35$).
- die Relevanzveränderung ($t_{62} = 7.70, p < .001, 95\% \text{ CI } [.150, .255], d = 0.21$).
- die Änderung im TPACK ($t_{62} = 9.13, p < .001, 95\% \text{ CI } [.267, .417], d = 0.30$).

Ergebnisse der t -Tests für unabhängige Stichproben zeigen für ...:

- die Bearbeitungszeit einen signifikanten Unterschied hoher Effektstärke zwischen der Gruppe geführt (online + Präsenz) und der Gruppe Selbststudium ($t_{60} = 10.88, p < .001, 95\% \text{ CI } [14.17, 20.56], d = 5.4$). Lernende im Selbststudium brechen ihre Tätigkeit früher ab als Lernende, die in der Präsenz- oder Online-Lehre angeleitet werden.
- den Bearbeitungserfolg einen signifikanten Unterschied hoher Effektstärke zwischen der Gruppe geführt (online + Präsenz) und der Gruppe Selbststudium ($t_{60} = 10.49, p < .001, 95\% \text{ CI } [20.58, 30.28], d = 8.2$). Lernende im Selbststudium erzielen weniger Punkte als Lernende, die in der Präsenz- oder Online-Lehre arbeiten.
- die Akzeptanzänderung einen signifikanten Unterschied kleiner Effektstärke zwischen der Gruppe geführt (online + Präsenz) und der Gruppe Selbststudium ($t_{60} = 2.46, p = .017, 95\% \text{ CI } [.022, .209], d = 0.16$).
- die Relevanzveränderung keinen signifikanten Unterschied zwischen der Gruppe geführt (online + Präsenz) und der Gruppe Selbststudium ($t_{60} = 1.35, p = .183, 95\% \text{ CI } [-.027, .141], d = 0.14$).
- die TPACK-Änderung einen signifikanten Unterschied kleiner Effektstärke zwischen der Gruppe geführt (online + Präsenz) und der Gruppe Selbststudium ($t_{60} = 3.89, p = .032, 95\% \text{ CI } [.073, .228], d = 0.13$).

Bearbeitungszeit und -erfolg korrelieren erwartungsgemäß hoch miteinander (Pearson $r = .698, p < .001, 95\% \text{ CI } [.609, .830]$).

Am meisten Zeit verbringen die Studierenden mit den Grundlagen und am wenigsten Zeit mit dem geschichtlichen Exkurs.

Tab. 2: Ausgewählte Mittelwerte und Standardabweichungen

	Online geführt		Präsenz geführt		Online nicht geführt Selbststudium	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Bearbeitungszeit	76.25	2.04	74.41	1.32	58.23	10.59
Bearbeitungserfolg	98.30	5.05	94.00	5.74	71.40	13.45
Hake Akzeptanz	0.36	0.16	0.27	0.17	0.21	0.18
Hake Relevanz	0.20	0.14	0.07	0.11	0.11	0.08
Hake TPACK	0.26	0.14	0.10	0.08	0.06	0.08

11. Visualisierungen der Lernwege

Unterschiede in den Lernwegen der Studierenden der drei Gruppen visualisieren die Sehnendiagramme (Abb. 8, Abb. 9 und Abb. 10). Die Lerneinheiten des äußeren Rings sind: (1) Lernziele, (2) Anwendungskontexte, (3) Funktionen von Transistoren, (4) Visualisierungen, (5) Grundlagen, (6) Aufg. 1, (7) Aufg. 2, (8) Aufg. 3, (9) Aufg. 4 und (10) Geschichtliches.

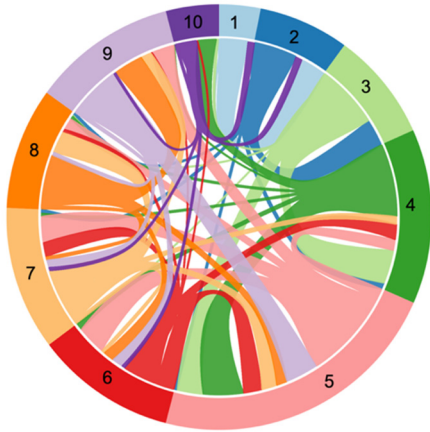


Abb. 8: Lernwege in der geführten Online-Lehre.

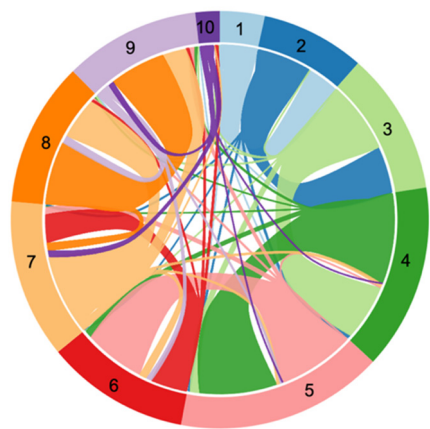


Abb. 9: Lernwege in der geführten Präsenz-Lehre.

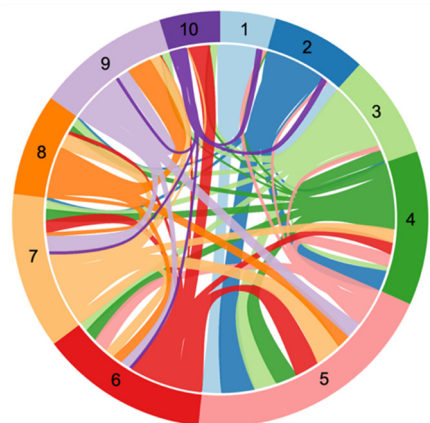


Abb. 10: Lernwege während des Selbststudiums.

Vergleicht man die drei Sehnendiagramme miteinander, fallen folgende Gemeinsamkeiten bzw. Besonderheiten in den drei Gruppen auf.

Allen Gruppen gemeinsam ist die recht einheitliche Verteilung der Bearbeitungszeiten auf die einzelnen Lerneinheiten. So verbringen alle Studierende den Hauptteil ihrer Zeit mit der Verarbeitung der Einheit *Grundlagen* (Segment Nr. 5) und der Bearbeitung der *Aufgaben* (Segmente Nr. 6-9).

Deutlich verschieden ist aber das Sprungverhalten der Studierenden in den drei Gruppen.

In der geführten Präsenz-Lehre (Abb. 9) folgten die Studierenden überwiegend den Anweisungen der Dozentin / des Dozenten. Hier enden die Sehnen meist bei der nächsthöheren Lerneinheit. In der geführten Präsenz-Lehre gibt es wenig Sprünge von den Aufgaben zurück zu den Grundlagen (Einheit 5).

In der geführten Online-Lehre (Abb. 8) sind, wie in der geführten Präsenz-Lehre auch, Sprünge zur nächsthöheren Lerneinheit zu sehen. Jedoch ist die relative Häufigkeit dieser Sprünge kleiner als in der geführten Präsenz-Lehre. Stattdessen zeigt sich in der geführten Online-Lehre auch eine Tendenz für rückwärts gerichtete Sprünge, insbesondere zwischen den Aufgaben und den Grundlagen. Exemplarisch zeigt dies die fliederfarbene Sehne von der Lerneinheit 9 zurück zur Einheit 5 in Abb. 8 besonders deutlich.

In der Gruppe Selbststudium (Abb. 10) halten sich vorwärts und rückwärts gerichtete Sprünge in etwa die Waage. Das Sprungverhalten sieht hier eher chaotisch aus. Auffällig ist, dass die Einheiten *Grundlagen* (Nr. 5) und *Aufgaben* (Nr. 6-9) sehr früh im Lernprozess durch die Studierenden angegangen werden. Vor allem von Einheit 3 (Funktionen von Transistoren) gehen etliche Sprünge (hellgrüne Sehnen) zu den verschiedenen Aufgaben, statt zur nächsthöheren Einheit.

12. Diskussion

Die Evaluation sollte die Frage beantworten, ob sich das Lernen mit interaktiven Aufgaben und das Kennenlernen eines Tools zum Erstellen dieser Aufgaben in verschiedenen Lehrformaten hinsichtlich der Lernprozesse und des

Lernerfolgs (Bearbeitungserfolg und Professionswissen) unterscheidet und ob das eigene Lernen mit interaktiven Aufgaben und das Kennenlernen des Tools die Akzeptanz und das Relevanzempfinden positiv beeinflussen.

Die Evaluation zeigt zusammengefasst, was die Akzeptanz und Relevanz gegenüber den interaktiven Aufgaben und dem Tool H5P angeht, jeweils einen signifikanten Anstieg nach dem Lernen mit diesen Aufgaben und dem Kennenlernen des Tools. Diese positive Entwicklung zeigt sich in allen Gruppen, sodass es hier keine Unterschiede hinsichtlich der Relevanz und eher unbedeutende Unterschiede in Bezug auf die Akzeptanz zwischen den drei Gruppen gibt. Dieses Ergebnis überrascht insgesamt nicht, da Erfahrungen mit einer Technologie die Nutzungsintensität direkt und indirekt über die wahrgenommene Nützlichkeit beeinflusst [z.B. 22].

Die Ergebnisse zeigen einen Anstieg im Professionswissen, wobei in diesem Beitrag nur auf die Facette TPACK fokussiert wird. Das TPACK kann ein weiterer Faktor für die Akzeptanz gegenüber einer Technologie sein, insbesondere dann, wenn die Anwendenden (hier angehende Lehrkräfte) noch unerfahren sind [22]. Die Effektstärke ist klein, was nach dem Lernen mit einem Anwendungsbeispiel und nur kurzer Toolbeschreibung nicht verwundert. Auch zeigen sich kleine Unterschiede zwischen den Gruppen, die aber kaum Gewicht haben und zudem nach der zweiten Sitzung, wenn handelnd mit dem Tool umgegangen wird, vermutlich verschwinden.

Bezüglich der Bearbeitungserfolge und -zeiten zeigen die Ergebnisse keine signifikanten Unterschiede zwischen der geführten Online- und der geführten Präsenz-Lehre. Jedoch schneidet hier die Gruppe im Selbststudium bei beiden Maßen deutlich und auch bedeutsam schlechter ab. Da sowohl die aktive Lernzeit als auch die Führung eine nachgewiesene Bedeutung für den Lernerfolg [23] haben, erscheinen die Unterschiede hier besonders beachtenswert. Die Frage nach den Ursachen der hier festgestellten Unterschiede in der Bearbeitungszeit und dem -erfolg zwischen dem Selbststudium auf der einen Seite und den beiden geführten Lehrformaten auf der anderen Seite, kann nicht abschließend beantwortet

werden. Es lassen sich aber Vermutungen aufstellen. Zwar kann nicht pauschal angenommen werden, dass eine lange Bearbeitungszeit mit einer längeren (kognitiv) aktiven Bearbeitung gleichzusetzen ist. Man könnte auch nichts tuend die Zeit ablaufen lassen. Auf der anderen Seite lässt eine kurze Bearbeitungszeit eine vertiefte Betrachtung nicht zu. Die Ergebnisse hier zeigen eine positive Korrelation hoher Effektstärke zwischen Bearbeitungszeit und -erfolg, was dafürspricht, dass eine angemessene Bearbeitungsdauer eine nötige Voraussetzung für den Lernerfolg ist (wenngleich sie nicht hinreichend ist). Ein Grund für die geringe Bearbeitungszeit in der Gruppe im Selbststudium könnte an dem Fehlen der Führung durch den Lernpfad liegen. Um diese Frage zu beantworten, müsste man einen vollständigen Versuchsplan testen. Das heißt, dass zusätzlich zu den oben genannten Gruppen noch eine Gruppe in Präsenz, aber ohne Führung mit dem Lernpfad arbeiten müsste. Als weiterer Grund für das schlechtere Abschneiden der Gruppe im Selbststudium könnte das spielerische Format angebracht werden. Es könnte gerade im Selbststudium dazu verleiten, möglichst schnell und nicht möglichst gründlich bei der Bearbeitung von Aufgaben zu sein. Im geführten Setting ist ein schnelles Durchhüdeln durch die enge Führung weniger gut möglich. Ein dritter Grund könnte eine Kosten-Nutzen-Abwägung der Studierenden sein. Vergleichbares Verhalten zeigt auch eine andere Studie [z.B. 18]. Im Rahmen des Selbststudiums haben Studierende die Freiheit ihr Lernen selbst in die Hand zu nehmen und selbst einzuschätzen, ob ihnen der erwartete Ertrag für den aufzubringenden Aufwand lohnend erscheint oder nicht.

13. Grenzen und Ausblick

Die Evaluation fokussiert auf Professionswissen, Relevanzwahrnehmung und Facetten der Akzeptanzentwicklung. Fragen zu affektiven Komponenten des Lernens oder zu Designkriterien von Aufgaben sind nicht dargestellt.

Die Messung des Professionswissens orientiert sich an der langjährigen Praxis zur Messung von Akzeptanz und TPACK. Sie erfolgt daher per Selbsteinschätzung. Ohne weiteres Da-

tenmaterial bliebe dabei offen, welche Kompetenzen sich konkret entwickelt haben. In dieser Studie liegen aber zusätzlich die Bearbeitungserfolge der Aufgaben im Lernprozess vor, sodass weitere Hinweise auf tatsächlich erworbene Kompetenzen vorhanden sind.

Das Lehrformat variiert coronabedingt und nicht systematisch, weshalb sowohl die Kontrolle von konfundierenden Variablen als auch die Versuchsgruppen an sich limitiert bzw. unvollständig sind. Daher lassen sich auf der Grundlage der Evaluationsergebnisse keine Kausalitäten ableiten. Ihr Nutzen liegt vielmehr darin, zum einen Hypothesen für eine empirische Studie zu generieren und zum anderen das Lernmaterial im Sinne eines Design-Based Research Ansatzes zu optimieren.

Die Stichprobe ist weder repräsentativ noch komplett homogen zusammengesetzt. Hinzu kommt der kleine Stichprobenumfang, der den Analysen Grenzen setzt.

In weiterführenden Studien und Interviews sollte den Unterschieden in den Lernzeiten und deren Ursachen auf den Grund gegangen werden. Dabei können diese Ergebnisse Hinweise für mögliche Untersuchungsfragen liefern, die dann systematisch in einem vollständigen Versuchsplan empirisch angegangen werden können. Außerdem wäre mit neuen technischen Möglichkeiten im Bereich KI interessant, Muster in Lernwegen zu identifizieren, die dann instantan im Lernprozess Prognosen zum Lernausgang zu lassen.

Literatur

- [1] Kenner, A. (2022). Shift from technics to didactics – Lehren in Zeiten von Corona. Eine qualitative Untersuchung unter Hochschullehrenden. In U. Fahr, A. Kenner, H. Angenent, & A. Eßer-Lügghausen (Hrsg.), *Hochschullehre erforschen, Diversität und Bildung im digitalen Zeitalter* (S. 409-427), Wiesbaden: Springer.
- [2] Watzka, B., Richtberg, S., Schweinberger, M., & Girwidz, R. (2019). Interaktives Üben mit H5P. *Naturwissenschaften im Unterricht - Physik* 30 (173), 22-27.
- [3] Santos, D. R., Cordon, C. R., & Palomo-Duarte, M. (2019). Extending H5P Branching Scenario with 360 scenes and xAPI capabilities: A case study in a local networks course. In *2019 International Symposium on Computers in Education (SIIe)* (pp. 1-6). IEEE. <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=8970117>
- [4] Torrance, M. & Houck, R. (2017). Making Sense of xAPI, *TD AT Work Guide*, ASTD Press.
- [5] Bonwell, C. C., & Eison, J. A. (1991). Active learning: Creating excitement in the classroom. Washington: The George Washington University, School of Education and Human Development. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED336049.pdf>
- [6] Prince, M. (2004). Does Active Learning Work? A Review of the Research, *Journal of Engineering Education*, 93(3), 223-231. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/j.2168-9830.2004.tb00809.x>
- [7] Hake, R. (1998). Interactive-Engagement vs. Traditional Methods: A Six-Thousand-Student Survey of Mechanics Test Data for Introductory Physics Courses, *American Journal of Physics*, 66(1), 64. <https://aapt.scitation.org/doi/10.1119/1.18809>
- [8] Pereira, D. S., Valdeni, J., Tarouco, L. M. R., Jardim, R. R., Rocha, P.S., & Santos, F. (2019). HTML5 Authoring Tool to Support the Teaching-Learning Process: A Case Study with H5P Framework. *International Journal for Innovation Education and Research*, 7(2), 92-103. <https://scholarsjournal.net/index.php/ijer/article/view/1325>
- [9] Chen, L., Manwaring, P., Zakaria, G., Wilkie, S., & Loton, D. (2021). Implementing H5P online interactive Activities at scale, *ASCILITE 2021*, 81-92. <https://2021conference.ascilite.org/wp-content/uploads/2021/11/ASCILITE-2021-Proceedings-Chen-Zalaroa-Wilkie.pdf>
- [10] Rama Devi, S., Subetha, T., Aruna Rao, S.L., & Morampudi, M.K. (2022). Enhanced Learning Outcomes by Interactive Video Content-H5P in Moodle LMS. In: V. Suma, Z. Baig, S. Kolandapalayam Shanmugam, & P. Lorenz (Eds), *Inventive Systems and Control. Lecture Notes in Networks and Systems*, vol 436. Singapore: Springer. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-19-1012-8_13
- [11] Unsworth, A. J., & Posner, M. G. (2022). Case Study: Using H5P to design and deliver interactive laboratory practicals. *Essays in Biochemistry*, 66(1), 19-27. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35237795/>
- [12] López, S. R. R., Ramírez, M. T. G., & Rodríguez, I. S. R. (2021). Evaluation of the implementation of a learning object developed with h5p technology. *Vivat Academia*, 24(154), 1-23. <https://www.proquest.com/docview/2509034841?p-q-origsite=gscholar&fromopenview=true>
- [13] Sinnayah, P., Salcedo, A., & Rekhari, S. (2021). Reimagining physiology education with interactive content developed in H5P. *Advances in Physiology Education*, 45(1), 71-76. <https://journals.physiology.org/doi/full/10.1152/advan.00021.2020>
- [14] Wilkie, S., Zakaria, G., McDonald, T., & Borland, R. (2018). Considerations for designing H5P online interactive activities. *Open Oceans: Learning without borders. Proceedings ASCILITE*, 543-549.
- [15] Wicaksono, Setiarini, Novawan, & Ikeda (2021). The Use of H5P in Teaching English, *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*, 514, 227-230. <https://www.atlantis-press.com/proceedings/icoship-20/125950249>

- [16] MacFarlane, L.-A. & Ballantyne, E. (2018). Bringing videos to life with H5P: Expanding experiential learning online, *Proceedings of the 2018 Atlantic Universities' Teaching Showcase*, 22, 28-33.
<https://ojs.library.dal.ca/auts/article/view/10186>
- [17] Mir, K., Iqbal, M. Z., & Shams, J. A. (2021). Investigation of Students' Satisfaction about H5P Interactive Video on MOODLE for Online Learning, *International Journal of Distance Education and E- Learning*, 7(1), 71-82.
<http://irigs.iiu.edu.pk:64447/ojs/index.php/IJDEEL/article/view/2228>
- [18] Thurner, S., Schön, S., Schirmbrand, L., Tatschl, M., Teschl, T., Leitner, P., & Ebner, M. (2022). An exploratory mixed-method study on H5P videos and video related activities in a MOOC environment, *International Journal of Technology-Enhanced Education*, 1(1), 1-18.
<https://www.igi-global.com/article/an-exploratory-mixed-method-study-on-h5p-videos-and-video-related-activities-in-a-mooc-environment/304388>
- [19] Santos, D. R., Cordon, C. R., & Palomo-Duarte, M. (2019). Extending H5P Branching Scenario with 360° scenes and xAPI capabilities: a case study in a local networks course, *2019 International Symposium on Computers in Education (SICE)*, 1-6.
<https://ieeexplore.ieee.org/document/8970117>
- [20] Roth, J. (2015). Lernpfade – Definition, Gestaltungskriterien und Unterrichtseinsatz. In J. Roth, E. Süß-Stepancik & H. Wiesner (Hrsg.), *Medienvielfalt im Mathematikunterricht. Lernpfade als Weg zum Ziel* (S. 3–25). Wiesbaden, Springer Spektrum.
- [21] Pöhler, B. (2018). *Konzeptuelle und lexikalische Lernpfade und Lernwege zu Prozenten*. Wiesbaden: Springer Spektrum.
- [22] Mayer, P., Watzka, B., & Girwidz, R. (2021). Fortbildung zur Steigerung des Akzeptanzverhaltens gegenüber Multimediaanwendungen im Physikunterricht, *PhyDid A* 1/20, 26-39.
<http://www.phydid.de/index.php/phydid/article/view/1095>
- [23] Hattie, J. (2013). *Lernen sichtbar machen*. Baltmannsweiler.



Lessons Learned – Constructive Alignment trifft auf Lean & Green Production

M. Bleckmann*, D. Schumann, P. Nyhuis

Institut für Fabrikanlagen und Logistik, Fakultät für Maschinenbau, Leibniz Universität Hannover

Abstract

Die Qualität einer Lehrveranstaltung zeichnet sich neben den Lehrinhalten insbesondere durch die Elemente des Constructive Alignments aus. Dieses umfasst die drei gleichwertigen Bestandteile: Lernziele, Lernumgebung sowie Methoden und die anschließende Prüfung. Zum Gelingen einer ganzheitlich geschlossenen Lehrveranstaltung ist eine hinreichende Planung erforderlich, welche ein Ineinandergreifen dieser Bestandteile ermöglicht. Im Rahmen der Umstrukturierung der Lehrveranstaltung „Lean & Green Production“ an der Leibniz Universität Hannover wurden die Erfahrungen gesammelt, welche Bestandteil dieses Papers sind. Die Anpassung der Lehrveranstaltung hinsichtlich des Constructive Alignments hat gute Ergebnisse erzielt und ist auf positive Resonanz gestoßen.

In addition to the course content, the course's quality is characterised mainly by the elements of constructive alignment. This comprises the three equally important components: Learning goals, learning environment, methods, and the subsequent examination. For the success of a holistically closed course, sufficient planning is necessary, which makes an interlocking of these components possible. The course adaptation concerning constructive alignment has achieved good results and has met with a positive response. In restructuring the course "Lean & Green Production" at the Leibniz University of Hanover, the experiences were gathered, which are part of this paper.

*Corresponding author: bleckmann@ifa.uni-hannover.de

1. Bestandteile des Constructive Alignments

Nach dem Konzept des Lehrmodells Constructive Alignment (dt.: konstruktive Abstimmung) treten die Bestandteile Lernziele, Setting (dt.: Lernumgebung) und Prüfung als gleichwertige Elemente von Lehrveranstaltungen auf. Die primäre Intention liegt darin, deren Inhalte und Wirkbeziehungen aufeinander abzustimmen. Dabei soll beispielsweise das Setting einer Veranstaltung durch den Einsatz von Methoden in einem abgestimmten Ablauf so gestaltet werden, dass diese auf das Lernziel ausgerichtet sind. Ebenso gilt es die Prüfungsanforderungen mit den Lernzielen zu vereinen, sodass eine ganzheitlich geschlossene Lehrveranstaltung entstehen kann. [1]

Zur Umsetzung des Constructive Alignments bedarf es einer hinreichenden Lehrplanung vor Beginn des Semesters, um ein einheitliches sowie aufeinander abgestimmtes Konzept zu entwickeln. Ebenso ist bei der Planung neben der Auslegung für ein reines Präsenzsemester auch die Überführung in ein Konzept für eine hybride oder rein digital stattfindende Lehre zu berücksichtigen. Insofern ist eine frühzeitige Abwägung der Möglichkeiten zur Vermeidung kurzfristiger Änderungen im laufenden Semester sinnvoll. Dies betrifft insbesondere das Setting, da sich die Lehrmethoden zur Interaktion mit den Studierenden ändern und eine Vorbereitung zur Überführung benötigen. Das Institut für Fabrikanlagen und Logistik (IFA) führte die Umsetzung dieses Konzepts in der Veranstaltung „*Lean & Green Production*“ durch. Dazu wurde im Rahmen eines gefördernten Projekts eine vollständige Verknüpfung der drei Bestandteile umgesetzt. Das Projekt wurde durch ein Förderprogramm zur Verbesserung der Lehre der Maschinenbau-Fakultät der Leibniz Universität Hannover (LUH) ermöglicht. Es wurde im laufenden Semester durch Studierende und im Rahmen einer begleitenden Lehr-Fortbildung inklusive Hospitation evaluiert. Die dabei gesammelten Erfahrungen konnten größtenteils bereits im laufenden Semesterbetrieb umgesetzt werden und sind Inhalte dieses Beitrags.

2. Lernziele in der Veranstaltung

Die Veranstaltung „*Lean & Green Production*“ wurde zum Sommersemester 2022 umgestaltet, ihre Inhalte sind jedoch seit langer Zeit Bestandteil in den Curricula der ingenieurwissenschaftlichen Studiengänge der Fakultät des Maschinenbaus. Die Veranstaltung zählt pro Semester ca. 60 Teilnehmende. Als Wahlmodul kann die Veranstaltung von Masterstudierenden unterschiedlicher Studiengänge und als Wahlpflichtmodul von Bachelorstudierenden des Studiengangs „*Nachhaltige Ingenieurwissenschaften*“ belegt werden. Aufgrund divergierender theoretischer Vorkenntnisse und praktischer Erfahrungen der Teilnehmenden, z. B. durch Praktika oder Werkstudierenden-Tätigkeiten, war die Festlegung von gemeinsamen Lernzielen als Konsens elementar.

Die Bestimmung der Lernziele ist eine wesentliche Voraussetzung für die erfolgreiche Umsetzung des Constructive Alignments. Sie bildet die Grundlage für die Auswahl des Settings und der Prüfung. Die Lernziele werden aus dem übergeordneten Leitbild (Richtziele, Grobziele) als Feinziele abgeleitet. [2]

Ein **Richtziel** beschreibt das Vorhaben einer Ausbildung bzw. eines Studiengangs. Für die betrachtete Veranstaltung wurde das zentrale nachstehende Richtziel beschrieben:

Ein wesentliches Qualifikationsziel der ingenieurwissenschaftlichen Studiengänge an der LUH ist die Befähigung der Studierenden zur Beurteilung von Prozessen auf der Basis einer wissenschaftlich-systematischen Arbeitsweise. Dies geschieht durch ein analytisches Verständnis von komplexen Sachverhalten zur Identifikation von soziotechnischen Gestaltungsmöglichkeiten.

Die aus den Richtzielen abzuleitenden **Grobziele** nehmen konkreten Bezug auf die Lehrveranstaltung. In diesem exemplarischen Fall wurde dieses direkt mit kognitiven Lernzielen verknüpft:

Ausgehend von einer Betrachtung der Philosophie der Lean Production und der Entwicklung schlanker Produktionssysteme werden die Grundlagen der Planung von Produktionssystemen unter Berücksichtigung des Mega-

trends Nachhaltigkeit behandelt. Der Fokus liegt auf der Analyse, Bewertung und Auswahl von Lean-Methoden für spezifische Anwendungsfälle.

Die **Feinziele** der Veranstaltungsmodule werden zu Beginn jedes Veranstaltungstermins erklärt und beziehen sich auf jeweils ein Modul, welches als Kombination aus einer Vorlesungs- und Übungseinheit besteht. In Abhängigkeit des Modulinhalt werden unterschiedliche kognitive Lernziele beschrieben, welche aufeinander aufbauen. Das Grundwissen wird in 90-minütigen Vorlesungen an elf Terminen vermittelt. Dort werden die kognitiven Lernziele der Ebenen 1 (Erinnern) und 2 (Verstehen) adressiert. So sollen die Studierenden beispielsweise nach dem Einführungsmodul in der Lage sein, die Formen der Verschwendung in Produktionssystemen erklären zu können. Eine Einordnung der kognitiven Lernziele ist in der nachstehenden Abbildung 1 zu finden.

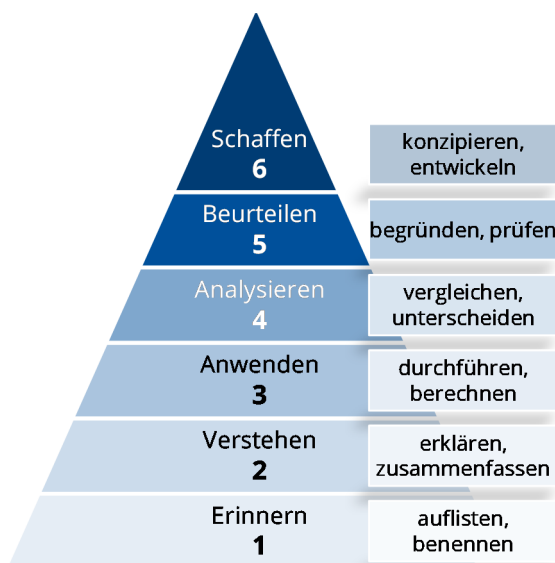


Abbildung 1: Taxonomie kognitiver Lernziele [3]

In den anschließenden 45-minütigen Übungen werden die Inhalte vertieft, indem die Studierenden diese anwenden (Lernzielebene 3) und analysieren (Lernzielebene 4). Im Rahmen eines eintägigen Workshops im fortgeschrittenen Verlauf der Veranstaltung lernen die Studierenden in Gruppen (ca. 15 Teilnehmende)

¹ Wiedergabe der Kurzdefinition eines vorab zugeleiteten Fachbegriffs durch Studierende mit wenigen

die kognitiven Lernziele der Ebenen 5 und 6 kennen. [3]

Eine ausführliche Beschreibung des Workshops findet im folgenden Kapitel 3 statt.

3. Lernumgebung und Methoden

Die Lehrphilosophie der Veranstaltung beinhaltet die Integration von Praxisanteilen in die Veranstaltung und folgt somit dem Leitspruch *Theoria cum praxi* (dt.: Theorie und Praxis) der LUH. Darüber hinaus wird Frontalunterricht nach Möglichkeit vermieden und stattdessen durch aktivierende Lehrmethoden ersetzt (z. B. durch Fußnotenreferate¹ mit Praxisbeispielen anstelle der Folienpräsentation durch die Dozierenden). Anregungen aus der industriellen Anwendung erhalten die Studierenden durch Gastvorträge, welche einen Einblick in die Komplexität der Umsetzung in realen Industrieunternehmen geben. Die Praxisanteile werden darüber hinaus durch Planspiele zur Produktionssystemgestaltung in den Übungsterminen abgebildet. Durch das Einnehmen unterschiedlicher Rollen in den Planspielen sowie die Inszenierung von Workshop-Formaten sollen überfachliche Kompetenzen vermittelt werden. Unter dem *Kompetenz*-Begriff kann dabei „eine Verbindung von Wissen und Können in der Bewältigung von Handlungsanforderungen“ verstanden werden [4].

Die Lehrveranstaltung soll den Studierenden neben den fachlichen Kompetenzen auch methodische Kompetenzen für den späteren Einsatz im Beruf (Industrie, Wissenschaft, Beratung) vermitteln. Ein wesentlicher Bestandteil der Veranstaltung ist die Teilnahme am 1-tägigen Workshop *Production Trainer* in Gruppen mit ca. 15 Teilnehmenden. Der Workshop findet in der institutseigenen IFA Lernfabrik statt, welche in Abbildung 2 dargestellt ist. Das Planspiel *Production Trainer* greift den Workshop-Gedanken aus den bereits absolvierten Übungen der Lehrveranstaltungen auf und bietet den Studierenden die Möglichkeit, als Gruppe eigenständig ein Produktionssystem zu analysieren, im Anschluss zu planen und schlussendlich direkt umzusetzen. Nach diesem Ab-

Sätzen, sobald der Lehrende diesen im Vortrag verwendet hat.

lauf können sie über mehrere Spielrunden hinweg den Optimierungszyklus mit der Verwendung der Lean-Methoden durchlaufen und somit neben der fachlichen Kompetenz auch Teamfähigkeit, Problemlösungskompetenz und Moderationsfähigkeit erlangen.

Die IFA Lernfabrik erlaubt durch den Aufbau nach dem Prinzip der Veränderungsfähigkeit von Montagesystemen die Abbildung diverser Planspiel-Szenarien im Kontext der schlanken Produktion und kann somit gruppenspezifisch angepasst werden. Die Studierenden sollen in

diesem Zusammenhang auch lernen, in einem sich ständig ändernden Umfeld zu agieren. Unter dem Begriff Veränderungsfähigkeit wird dabei die effiziente Leistungserbringung innerhalb definierter Grenzen (Flexibilität) zuzüglich der im Bedarfsfall aktivierbaren Potenziale zur strukturellen Anpassung (Wandlungsfähigkeit) von Systemen verstanden [5]. Die Lehrveranstaltung soll Studierende dazu befähigen, im späteren Berufsleben universell einsetzbar zu sein (personelle Veränderungsfähigkeit) und sich schnell in neue Themen einzuarbeiten.



Abbildung 2: Foto der Arbeitsumgebung zur Durchführung des Planspiels „Production Trainer“ in der IFA Lernfabrik

4. Prüfung

Aufgrund der Planungsunsicherheit im Wintersemester 2020/2021 bzgl. der Durchführung von Präsenzklausuren an der LUH hat die Prüfung der Veranstaltung erstmals als elektronische Klausur über die Lehrplattform LUH-Ilias stattgefunden. Der initiale Erstellungsaufwand der Klausurfragen sowie die reibungslose Abwicklung der Prüfung über eine digitale Lehrplattform waren groß. Als wesentliche Lessons Learned kann dabei der Erfahrungsaustausch innerhalb des Institutes, der Maschinenbau-

Fakultät sowie mit Instituten anderer Fakultäten der LUH betrachtet werden. Erst dieser hat die kurzfristige Umstellung des Prüfungsmediums ermöglicht. Die Absprache mit anderen Prüfenden an der Hochschule im Rahmen von Lehraustauschformaten hat somit wesentlich zu diesem Wandel beigetragen. Die Erfahrungen mit dem Prüfungsformat und der Lehrplattform wurden in den folgenden Semestern bei der Umsetzung der E-Klausur (Open-Book-Prinzip) berücksichtigt. Das Prüfungsformat wurde seitdem beibehalten. Dieses enthält Single- und Multiple-Choice-Fragen, Freitext-

sowie als Lückentext gestaltete Anwendungsaufgaben für Rechnungen und Prozessanalysen. Die Anforderungen vergangener Klausuren waren auf die Wissenswiedergabe fokussiert, wohingegen die E-Klausur einen größeren Anteil an Anwendungsaufgaben beinhaltet.

Die Umstellung des Prüfungsformats hatte demzufolge auch eine inhaltliche Umstellung der Fragen und dem Lernverhalten der Studierenden zur Folge und wurde bis dato nicht in der Durchführung der Lehrveranstaltung berücksichtigt. Der Wechsel vom Auswendiglernen zu Verständnis- und Transferfragen durch die Prüfungsgestaltung muss weiterhin stark unterstützt werden. Diesen Umstand gilt es durch den Einsatz des Constructive Alignments zu beseitigen bzw. zu mildern. Auf die anstehende E-Klausur wurde bereits frühzeitig im Verlauf der Veranstaltung Bezug in der Vorbereitung genommen. Eine umfassende Klausursprechstunde soll den Studierenden den Umgang mit der Lehrplattform sowie der Art der Fragestellungen näherbringen. Dabei wird den Studierenden eine beliebig oft wiederholbare Probeklausur unter Realbedingungen zur Verfügung gestellt und eingangs gemeinsam besprochen. Im Rahmen des Programms „Pro Lehre“ der hochschulinternen Lehrentwicklung konnten die Qualität der Prüfungsfragen erhöht und die Missverständlichkeit von Formulierungen verringert werden.

Dies gilt es im Anschluss an die Prüfung zu evaluieren und hinsichtlich der Prüfungsanforderungen in Bezug auf die Lernziele der Veranstaltung anzupassen.

5. Evaluation und Erfahrungen aus dem laufenden Semester

Die Integration einer Semestersprechstunde zum aktiven Einbinden von Feedback durch Studierende ermöglichte leichte Anpassungen des Konzepts für die ausstehenden Termine des aktuellen Semesters. So konnte das Feedback der Studierenden zur Anwendung der in Kapitel 3 angesprochenen Fußnotenreferate direkt eingeholt werden. Diese haben aufgrund der hohen Anzahl den Zeitrahmen eines Vorlesungstermins stark verschoben. Die gewonnene Erkenntnis daraus ist eine zukünftig

gezieltere zeitliche Planbarkeit durch die Vorgabe von Präsentationslimits. Zudem muss der Inhalt zur Anwendung der Methodik geeignet sein. In diesem Fall war diese Voraussetzung nicht ohne Weiteres gegeben, da die Studierenden durch die Vorlesungsunterlagen nicht auf die Erklärungen in den Fußnotenreferaten angewiesen waren und nach eigener Angabe nicht aufmerksam den Referaten folgen mussten.

Es ist festzuhalten, dass selbst kleine Veränderungen in der Lehrveranstaltung große Auswirkungen auf die Wissensvermittlung haben können. Dies bedarf nicht zwingend einer Änderung der Vorlesungsinhalte. Die Interaktion mit den Studierenden und die Integration der Praxiseinheiten sind nach eigenen Erfahrungen und dem Feedback der Studierenden positiv zu bewerten und sollen für die kommenden Semester beibehalten werden. Die derzeitige Prüfung in Form einer Klausur (unabhängig vom Medium) kann fast ausschließlich Fachkompetenz und nur wenig Methodenkompetenz berücksichtigen. Das ist insofern schwierig, als dass es eine Inkonsistenz im Rahmen des durchgängigen Constructive Alignment darstellt. Die Umsetzung der anderen Constructive Alignment-Elemente hat nach dem Feedback der Studierenden und der Lehrhospitation gut funktioniert.

6. Fazit und Ausblick für zukünftige Semester

Das Konzept des Constructive Alignments hat gute Ergebnisse erzielt und die Qualität der Lehrveranstaltung sowie die Motivation der Studierenden gesteigert. Daher soll die Umsetzung des Konzepts auch in den folgenden Semestern fortgesetzt werden. Es hat sich gezeigt, dass bereits kleine Veränderungen in der Wissensvermittlung die Attraktivität von Veranstaltungen steigern können. Allerdings muss die Methodik in Abhängigkeit des jeweiligen Feinziels (vgl. Kapitel 1) gewählt werden. Zukünftig sollen die Lernziele noch exakter formuliert werden, sodass die Methodenauswahl für die jeweiligen Inhalte der Vorlesung präziser erfolgen kann. Zusätzlich kann auf die Erfahrungen von Dozierenden und Hospitierenden sowie das Feedback der Studierenden für

die fortlaufende Lehrgestaltung zurückgegriffen werden. Ebenso wird Studierenden in Zukunft die Teilnahme an Forschungsstudien in der IFA Lernfabrik im Bereich Produktionssystemgestaltung und Lernverhalten angeboten, sodass diese sich neben der industriell praxisbezogenen Seite auch mit der wissenschaftlich praxisbezogenen Seite beschäftigen können. Erste Ergebnisse konnten bereits in einer Vorstudie erzielt werden [6].

Die Integration inhaltlich und methodisch geeigneter Gastvorträge zur Stärkung des Leitspruchs *Theoria cum praxi* stellt eine Kernaufgabe für die kommende Semesterplanung dar. Der gegenwärtige Gastvortrag ist inhaltlich interessant und beliebt bei Studierenden, fügt sich jedoch nicht auf natürliche Weise in das Constructive Alignment der Veranstaltung ein und stellt keinen Bestandteil der Prüfung dar. Die derzeitige Prüfung bietet das Potenzial, durch zusätzliche Teilleistungen erweitert zu werden, um somit auch Aspekte der Methodenkompetenz noch gezielter zu kontrollieren. Die Konzeption von Fragestellungen bedarf im Bereich der Wissenswiedergabe besonderer Sorgfalt bei einer Open-Book-Klausur. Diese könnten ggf. in den Workshop integriert werden und somit eine Möglichkeit zur Überprüfung der kognitiven Lernziele *Beurteilung* und *Schaffen* (Lernzielebenen 5 und 6, vgl. Abbildung 1) bieten.

Häufig basieren die Lehrplanung und das Lehrkonzept von Veranstaltungen auf autodidaktischen Kenntnissen. Aus diesem Grund wird die Teilnahme an hochschulinternen Angeboten zur Verbesserung der Qualität in den Lehrveranstaltungen für alle in der Hochschullehre beschäftigten Personen empfohlen. Ebenso ratsam ist der Austausch mit Dozierenden aus anderen Fachbereichen, da diese häufig eine methodisch geprägte statt einer rein inhaltlichen Perspektive auf die Lehrveranstaltung haben.

Literatur

- [1] Biggs, J.; Tang, C. (2011): *Teaching for Quality Learning at University*, Open University Press, New York.
- [2] Krey, M. (2022): *Workshop Lehre planen*, Leibniz Universität Hannover, Hannover.
- [3] Anderson, L. W.; Krathwohl, D. (2001): *A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing – A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*, Addison Wesley, Boston.

- [4] Stangl, W. (2021): Stichwort: 'erfahrungsbasiertes Lernen – Online Lexikon für Psychologie und Pädagogik'. Online Lexikon für Psychologie und Pädagogik. <https://lexikon.stangl.eu/14476/erfahrungsbasiertes-lernen> (Aufruf: 22.06.2022).
- [5] Hingst, L.; Park, Y.-B.; Nyhuis, P. (2021): Life cycle oriented planning of changeability in factory planning under uncertainty in proceedings of the Conference on Production Systems and Logistics (CPSL 2021), Hannover.
- [6] Ast, J.; Möhle, J.; Bleckmann, M.; Nyhuis, P. (2022): Preliminary Study in a Learning Factory on Functional Flexibility of the Workforce (March 31, 2022). Proceedings of the 12th Conference on Learning Factories (CLF 2022), Singapur.



Entwicklung und Auswertung der Evaluation von Praktika@home

C. Wermann*, B. Schlegel, S. Odenbach

Professur für Magnetofluidynamik, Mess- und Automatisierungstechnik, Institut für Mechatronischen Maschinenbau, Fakultät Maschinenwesen, TU Dresden

Abstract

Aufgrund der Corona-Pandemie wurden viele Lehrveranstaltungen auf neue Formate umgestellt, häufig kurzfristig und ohne die Möglichkeit einer strukturierten Erprobung. Im Modul Mess- und Automatisierungstechnik wurden die Praktika@home entwickelt, die nach dem Blended-Learning-Konzept durchgeführt werden. Um zu evaluieren, wie gut das Lehrangebot die Studierenden bei der Erreichung der Lernziele unterstützt, wurde ein Fragebogen erarbeitet. Die Gestaltung und Auswertung der Ergebnisse werden anhand des erstmals im Sommersemester 2022 durchgeführten Experiments ‚Dehnungsmessung‘ beschrieben und kritisch diskutiert. Die Ergebnisse der Evaluation zeigen, dass das Betreuungskonzept während der Praktika überarbeitet werden muss. Aus den Freitext-Kommentaren, die von den Studierenden ausgiebig genutzt wurden, konnten Ansatzpunkte für diese Veränderung identifiziert werden. Darüber hinaus kann abgeleitet werden, dass eine bessere Abstimmung zwischen Vorlesung und Praktikum notwendig ist. Zuletzt wurden Vorschläge zur Verbesserung des Fragebogens erarbeitet.

Due to the Corona pandemic, many courses were converted to new formats, often at short notice and without the possibility of structured testing. In the Measurement and Automation Technology module, the Praktika@home were developed, which are conducted according to the blended learning concept. A questionnaire was developed, to evaluate how well the teaching offer supports the students in achieving the learning objectives. The design and evaluation of the results are described and critically discussed on the basis of the experiment 'strain measurement', which was conducted for the first time in the summer semester 2022.

The results of the evaluation show that the supervision concept during the practical course needs to be revised. Starting points for this change could be identified by evaluating the free text comments, which were used extensively by the students. Furthermore, it can be deduced that a better coordination between lecture and practical course is necessary. Finally, suggestions for improving the questionnaire were developed.

*Corresponding author: caroline.wermann@tu-dresden.de

1. Ausgangslage und Motivation

Die Corona-Pandemie hat die Lehre an Hochschulen und Universitäten massiv verändert. Innerhalb weniger Wochen musste ein Großteil der Veranstaltungen in ein digitales Format überführt werden, mit wenig Zeit zur Erprobung. Dies war gleichzeitig eine Herausforderung, aber auch eine Möglichkeit, die Lehre zu modernisieren und neue Lehr-Lernkonzepte auszuprobieren. Da Präsenzlehre jetzt vielerorts wieder stattfinden kann, stellt sich auch die Frage, in welcher Form Lehrveranstaltungen umgesetzt werden sollen. Dabei sind Evaluationen ein wichtiges Instrument, um Veranstaltungen zu untersuchen und den Input sowie die Perspektive der Lernenden mit einzubeziehen.

Studierende des Maschinenbaus können ihre Lehrveranstaltung am Ende des Semesters über die standardisierte ‚Lehrveranstaltungsevaluation‘ des Zentrums für Qualitätsanalyse beurteilen. Diese bietet zwar eine hohe Vergleichbarkeit zwischen den Lehrveranstaltungen, kann jedoch keine strukturellen Unterschiede und individuellen Fragestellungen berücksichtigen. Im Modul Mess- und Automatisierungstechnik werden neben der Vorlesung und den Rechenübungen sogenannte Praktika angeboten, in denen die Studierenden ihr Wissen experimentell anwenden sollen.

Durch die starken Einschränkungen während der Corona-Semester wurde das Konzept der Praktika signifikant geändert. Es wurden die sogenannten Praktika@home eingeführt [1, 2]. Bei der ‚klassischen‘ Umsetzung der Praktika kann auf jahrelange Erfahrung zurückgegriffen werden. Die Umstellung auf Praktika@home bedeutete jedoch eine drastische Änderung der Lehre sowohl für Studierende als auch für Lehrende. Aus diesem Grund wurde am Lehrstuhl eine Evaluation entwickelt, mit der nicht das gesamte Modul, sondern speziell die Praktika untersucht werden.

Im Artikel werden die Herangehensweise zur Erstellung der Evaluation sowie die Ergebnisse der Auswertung vorgestellt. Abschließend wird die Evaluation kritisch reflektiert. Im Ausblick werden verschiedene Ansätze diskutiert, mit denen aufgetretene Probleme behoben werden können.

Die vorgestellte Evaluation beschränkt sich hierbei auf eines der sechs Experimente, den Versuch zum Thema Dehnungsmessung.

2. Untersuchungsgegenstand

Praktika@home ist Teil des Pflichtmoduls ‚Mess- und Automatisierungstechnik‘ der Diplom- und Bachelorstudiengänge Maschinenbau und Verfahrens- und Naturstofftechnik der Fakultät Maschinenwesen an der TU Dresden. Diese Veranstaltung ist regulär für das fünfte und sechste Semester vorgesehen und wird von durchschnittlich 400 Studierenden besucht. Umgesetzt werden die Praktika in einem Blended-Learning-Format, wobei die Studierenden Experimente zuhause in Partnerarbeit durchführen und für Betreuungstermine an die Universität kommen. Als Prüfungsleistung wird ein handschriftliches Protokoll abgegeben. Ein Praktikum beginnt damit, dass die Materialien online über OPAL (Online-Plattform für Akademisches Lehren und Lernen) bzw. YouTube bereitgestellt werden. Zu jedem Experiment gibt es ein Einführungsvideo, das den Studierenden den Einstieg in das Thema und das eigenständige Experimentieren erleichtern soll. Die Versuchsanleitung beinhaltet die Aufgabenstellung und eine Zusammenfassung des theoretischen Hintergrunds.

Nach dem Upload des Videos und der Versuchsanleitung haben die Studierenden eine Woche Zeit, sich mit dem Experiment auseinanderzusetzen. Anschließend gibt es eine Zwischenbesprechung, in der die Studierenden ihre Fragen untereinander oder mit Unterstützung der Betreuungsperson klären können. Nach einer weiteren Woche erfolgt die Protokollabgabe. Als Letztes findet eine Nachbesprechung statt, in der noch offene Fragen diskutiert werden können und die fachliche Richtigkeit der Ergebnisse gesichert wird. Der Ablauf ist auf Abbildung 1 schematisch dargestellt.

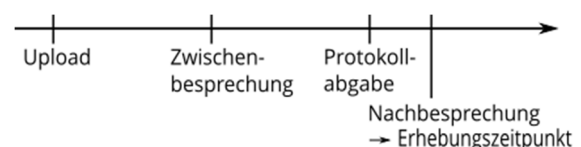


Abbildung 1: Ablauf der Praktika

Das Ziel der Praktika besteht darin, die Studierenden die theoretischen Inhalte der Vorlesung praktisch anwenden zu lassen. Im Versuch ‚Dehnungsmessung‘ ist der Aufbau verschiedener elektrischer Schaltungen mit dem Arduino-Microcontroller vorgesehen. Mit diesen Aufbauten wird die Diagonalspannung einer Wheatstone’schen Messbrücke automatisiert aufgenommen und daraus die mechanische Spannung im Bauteil bestimmt. Diese Daten werden anschließend von den Studierenden ausgewertet und interpretiert. Der Praktikumsversuch ‚Dehnungsmessung‘ wurde im Sommersemester 2022 zum ersten Mal von Studierenden durchgeführt. Die Evaluationsergebnisse dazu werden im Folgenden vorgestellt.

Mit der Umsetzung der Praktika im Blended-Learning-Format soll individualisiertes Lernen (zeit- und ortsunabhängig) unterstützt werden. Die Gestaltung der Zwischen- und Nachbesprechung zielt darauf, die Kommunikation, Kollaboration und Vernetzung zwischen den Studierenden zu fördern. Zusammengekommen sollen die Lehr-Lernangebote die Studierenden an die wissenschaftliche Arbeitsweise heranführen.

Das Erkenntnisinteresse der Evaluation besteht darin, herauszufinden, ob die bereitgestellten Lehr-Lernmaterialien und die Betreuung derart gestaltet sind, dass sie die Studierenden beim Erreichen der Lernziele unterstützen.

3. Untersuchungsdesign

Die Evaluation von Praktika@home erfolgt durch eine Abschlussbefragung. Aufgrund der großen Studierendenzahl in der Lehrveranstaltung wurde als Befragungsinstrument ein Fragebogen für die Studierenden entwickelt.

Im Fragebogen wurden sowohl geschlossene Fragen als auch Freitexte eingesetzt. Die Freitexte wurden, trotz des höheren Auswertungsaufwands, verwendet, um Begründungen für Antworten und ein genaueres Stimmungsbild zu erhalten. Darüber hinaus können zusätzliche Informationen bzw. neue Aspekte erfasst werden, die bei der Erstellung des Fragebogens nicht bedacht wurden.

Es wurde eine vierstufige Likert-Skala verwendet. Die Items (Aufgaben bzw. Fragen eines Tests) werden dabei als positive oder negative Aussage formuliert. Über die mehrstufige Antwortskala wird die persönliche Einstellung der Befragten, wie stark sie dem Item zustimmen oder dieses ablehnen, gemessen. Es wurde eine symmetrische Skala gewählt, da so keine Enthaltung möglich ist und sich die Teilnehmenden für eine Seite entscheiden müssen [3].

Der Fragebogen wurde im Anschluss an die Nachbesprechung ausgegeben. Damit hat die Evaluation sowohl formativen als auch summativen Charakter. Für die Studierenden ist der summative Charakter dominant, da sie erst nach Beendigung des Praktikums um Rückmeldung gebeten werden und nicht mehr selbst von den Ergebnissen der Evaluation profitieren. Für das Entwicklungsteam ist die Erhebung jedoch formativ, da die Ergebnisse fortwährend in die Verbesserung der Grundkonzeption der Praktika sowie die Gestaltung der Lehr-Lernmaterialien der jeweiligen Experimente einfließen. Erhebung und Aufbereitung erfolgen mittels LimeSurvey, einer Online-Umfrage-Applikation, die von der TU Dresden unterstützt wird [4]. Die Befragung erfolgte anonym.

Aus dem übergeordneten Evaluationsziel wurden folgende Aspekte abgeleitet, die neben den soziodemografischen Daten durch die Befragung ermittelt werden sollen:

- (a) fachspezifisches deklaratives Wissen
- (b) fachspezifisches prozedurales Wissen
- (c) Nützlichkeit der bereitgestellten Lehr-Lernmaterialien
- (d) Betreuung während Zwischen- und Nachbesprechung
- (e) Erfahrung mit angeleiteten Lernaktivitäten
- (f) Anbindung der Praktikumsinhalte an die Vorlesung
- (g) Praktikumsdurchführung

Es muss berücksichtigt werden, dass die Ergebnisse der Erhebung keine Angaben über das tatsächliche Wissen der Studierenden liefern. Stattdessen wird die Selbsteinschätzung erhoben.

Für die zu erfassenden Aspekte wurden jeweils zwei bis vier Items formuliert. Die Ergebnisse der Evaluation werden exemplarisch vorgestellt.

4. Auswertungsverfahren

Für die Auswertung der freien Kommentare wurde die Methode der qualitativen Inhaltsanalyse verwendet. Dabei werden die Kommentare inhaltlich zusammengefasst und kategorisiert [5, 6]. Bei der Kategorienbildung kann entweder deduktiv oder induktiv vorgegangen werden. Bei der Auswertung dieser Evaluation wurden die Kategorien nicht deduktiv vorgegeben, sondern induktiv aus Antworten abgeleitet. Hierfür wurde zu Beginn in einem Testdurchlauf nur ein Teil der Daten kategorisiert. Anschließend wurden die restlichen Kommentare in das vorläufige Kategoriensystem eingeordnet. Dabei kann es vorkommen, dass in Kommentaren mehrere Aspekte aufgezählt werden. Diese Kommentare wurden dementsprechend mehreren Kategorien zugeordnet. Nach der Zuordnung aller Kommentare zu einer oder mehreren Kategorien wurden diese erneut gesichtet, um ähnliche Kategorien zusammenzulegen oder nachträglich auszudifferenzieren. Als Letztes wurden die Kategorien quantifiziert bzw. gewichtet.

Im Hinblick auf das Ziel der Evaluation, das Praktikum weiterzuentwickeln, wurden aus den Kategorien Forderungen bzw. Handlungsanweisungen abgeleitet, die aus studentischer Sicht zur Verbesserung des Praktikums beitragen. Diese Handlungsanweisungen werden im Abschnitt ‚freie Kommentare‘ diskutiert.

Die Auswertung der geschlossenen Fragen erfolgte mit der Häufigkeitsverteilung.

5. Ergebnisse

Da im Wintersemester 2021/2022 bis zu 325 Studierende (von insgesamt 430) an der Nachbesprechung teilnahmen, wurde der Erhebungszeitpunkt der Evaluation auf das Ende dieser Veranstaltung gelegt. Im Sommersemester 2022 reduzierte sich die Zahl der Teilnehmenden jedoch drastisch auf 109, von denen 91 den Fragebogen vollständig ausfüllten

(davon 65 männlich, 19 weiblich, 7 keine Antwort). Im Unterschied zum vorangegangenen Semester wurden im betrachteten Zeitraum keine Zusatzpunkte mehr für den Besuch der Konsultation vergeben. Dies könnte eine Ursache für die geringere Teilnahme sein.

Fachspezifisches deklaratives Wissen

In erster Linie soll das Praktikum Lehrinhalte aus der Vorlesung aufgreifen und diese Themenschwerpunkte weiterführend behandeln. Die Studierenden erwerben im Praktikum somit deklaratives Wissen („Wissen, dass“). Deklaratives Wissen umfasst sowohl einzelne Fakten (z. B. Kennzahlen, Formeln) als auch komplexes Zusammenhangswissen (z. B. Verständnis des Einflusses der Umgebungsbedingungen auf das Messergebnis). Dies wird einerseits durch die Praktikumsanleitung unterstützt, die an den Vorlesungsinhalten anknüpft und in der der theoretische Hintergrund des Experiments zusammenfasst wird. Darüber hinaus experimentieren die Studierenden eigenständig und erwerben dabei Kenntnisse, die nicht in der Vorlesung oder den bereitgestellten Materialien expliziert wurden, sondern aus der Lösung der Problemstellungen resultieren. Anhand der Selbsteinschätzung der Studierenden, ob sie fachspezifisches deklaratives Wissen besitzen, soll überprüft werden, ob die gesetzten Lernziele erreicht wurden. Daher wurde analysiert, welche Kenntnisse die Studierenden nach Durchführung des Praktikums zwingend erworben haben sollten. Diese wurden anschließend als Items formuliert.

In Abbildung 2 sind die Ergebnisse der Selbsteinschätzung der Studierenden über drei abgefragte Kenntnisse angegeben. Aufbau und Funktionsweise von Dehnungsmessstreifen (DMS) werden sowohl in der Vorlesung als auch in der Praktikumsanleitung behandelt. Die Vor- und Nachteile der jeweiligen Wheatstone’schen Messbrücke werden in der Vorlesung und im Verlauf des Praktikums thematisiert, während das Wissen darüber, warum die aufgenommenen Messdaten von der Theorie abweichen, erst im Verlauf des Praktikums durch die Bearbeitung der Aufgaben erworben wird. Es kann angenommen werden, dass der Aufwand für den Erwerb dieser Kenntnisse un-

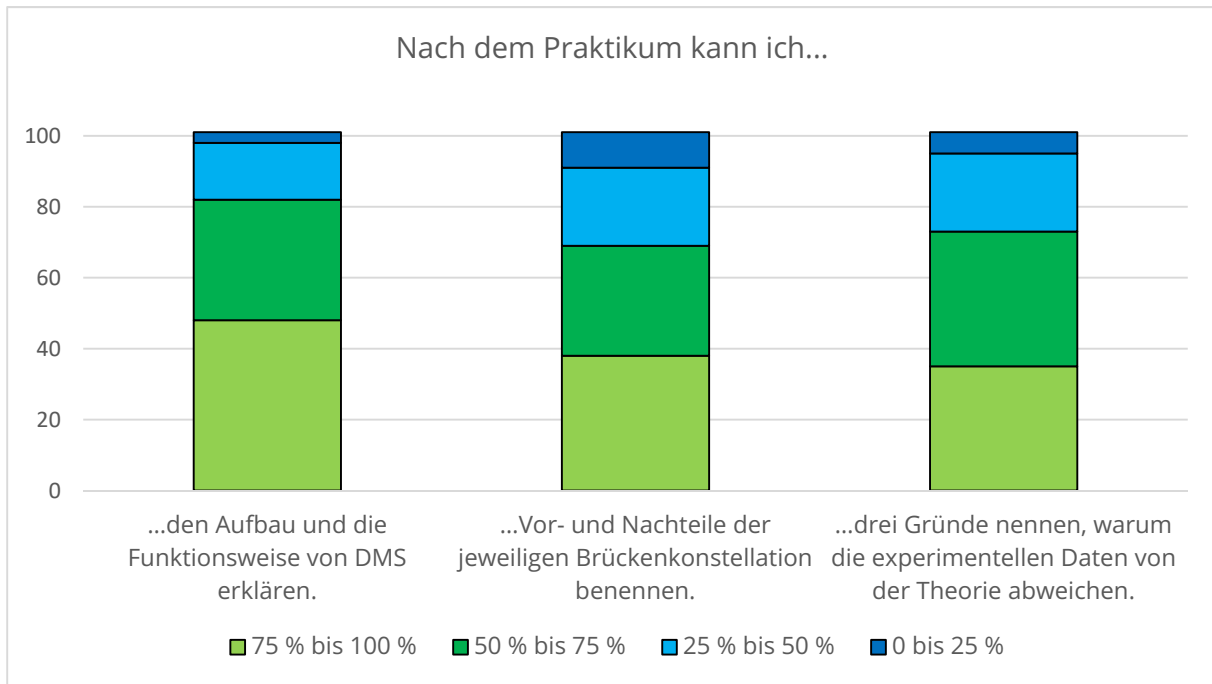


Abbildung 2: Selbsteinschätzung zu deklarativem Wissen

terschiedlich groß ist. Außerdem unterscheiden sich die abgefragten Kenntnisse in ihrer Komplexität (reines Faktenwissen im Vergleich zu konzeptuellem Wissen).

Der Anteil an Studierenden, die ihr Wissen als besonders hoch einstufen (75 % bis 100 %) liegt bei der Frage zu Aufbau und Funktionsweise bei 48 %. Bei der Frage zu Vor- und Nachteilen der Brückenkonstellationen liegt der Anteil bei 38 % und bei der Abweichung von Theorie und Praxis bei 35 %.

Die Anzahl der Studierenden, die ihr Wissen als hoch einstufen, nimmt mit zunehmender Komplexität des Wissens und dem erforderlichen Lernaufwand ab. Dabei ist der Unterschied zwischen Wissen, das nur durch die Bearbeitung des Praktikums erworben wird, und dem, das zusätzlich in der Vorlesung behandelt wurde, minimal. An dieser Stelle muss berücksichtigt werden, dass in der Evaluation das Vorwissen der Studierenden nicht mit abgefragt wird. Anhand der Ergebnisse kann deshalb nicht unterschieden werden, ob die Befragten bspw. die Vor- und Nachteile der Wheatstone'schen Messbrücke schon vor Bearbeitung des Praktikums kannten oder dieses Wissen im Praktikum erworben wurde.

Fachspezifisches prozedurales Wissen

Neben deklarativem Wissen erwerben die Studierenden im Praktikum vor allem prozedurales Wissen („Wissen, wie“). Prozedurales Wissen wird umgangssprachlich auch als Können bezeichnet und bezeichnet somit die Fähigkeit, deklaratives Wissen zu verknüpfen und als Handlungsablauf anzuwenden. Beispiele dafür sind das Ausrechnen von Aufgaben oder das Schreiben eines Protokolls. Analog zum Vorgehen beim deklarativen Wissen wurden die wichtigsten im Praktikum zu erwerbenden Fähigkeiten definiert.

Auf Abbildung 3 sind die Items zum prozeduralen Wissen aufgeführt. Mit zwei der Items werden Fähigkeiten abgefragt, die in den Vorlesungen ‚Mess- und Automatisierungstechnik‘ und ‚Technische Mechanik‘ durch Mit- bzw. Abschreiben geübt wurden. Dies betrifft die Fähigkeit, den Schaltplan einer Wheatstone'schen Messbrücke aufzuzeichnen und den Spannungszustand in einem Biegebalken rechnerisch zu bestimmen. Es schätzen 59 % bzw. 62 % der Studierenden ihr Wissen darüber als sehr hoch ein. Die anderen Fragen beziehen sich auf Handlungsabläufe, die einzig im Praktikum angewendet werden und dem-

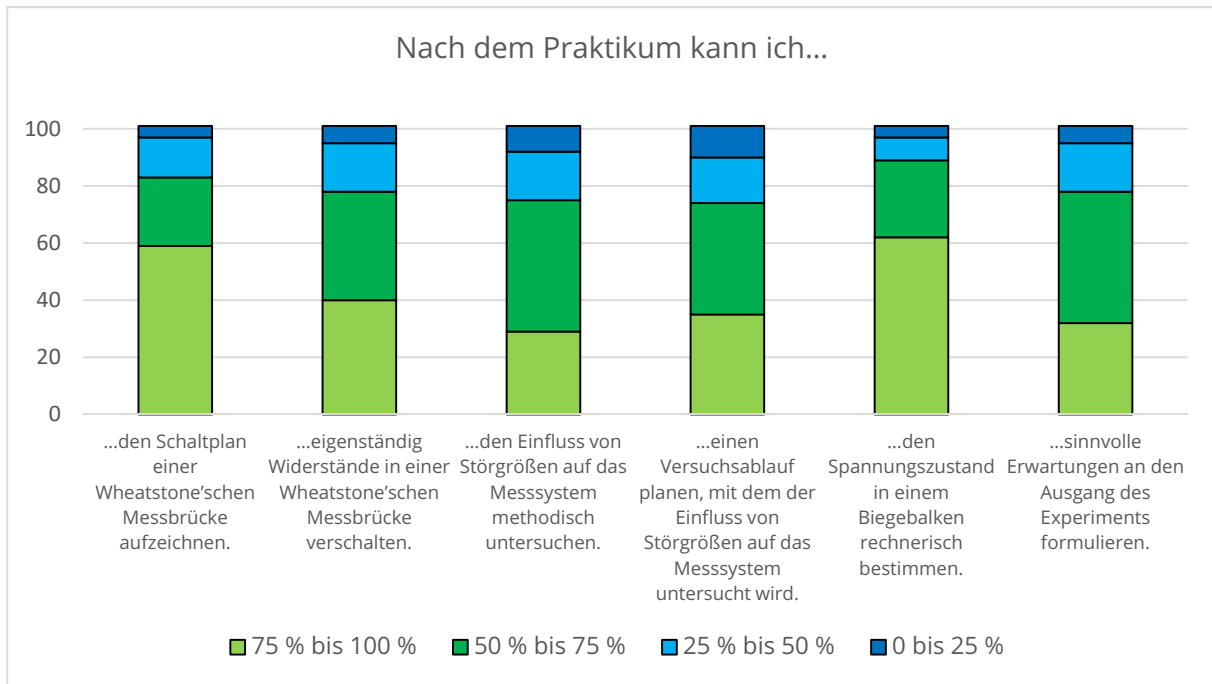


Abbildung 3: Selbsteinschätzung zu prozeduralem Wissen

entsprechend nicht schon vorher geübt oder trainiert wurden. Dies spiegelt sich auch in der Selbsteinschätzung der Studierenden wieder. Die Fähigkeit, den Einfluss von Messgrößen auf das Messsystem methodisch untersuchen zu können, bewerten 29 % der Studierenden als sehr hoch. Auch die Fähigkeit, einen Versuchsablauf zu planen oder sinnvolle Erwartungen an den Ausgang eines Experiments zu stellen, wird nur von 35 % bzw. 32 % als sehr hoch eingeschätzt

Insgesamt schätzen die Studierenden jedoch sowohl ihr deklaratives als auch prozedurales Wissen hoch ein. Diese Zustimmungswerte können verschiedene Ursachen haben. Da dies der erste Durchlauf der Evaluation ist, wurden lediglich die Kerninhalte des Praktikums als Lernziel-Items formuliert. Deshalb ist es denkbar, dass diese Lernziele tatsächlich von einem Großteil der Studierenden erreicht wurden. Das würde bedeuten, dass in Zukunft weitere Lernziele in der Evaluation berücksichtigt werden können. Gleichzeitig sollte jedoch auch die Formulierung der bestehenden Lernziele überprüft werden und in Betracht gezogen werden, diese weiter zu präzisieren.

Darüber hinaus sollte der Zeitpunkt der Evaluationserhebung berücksichtigt werden. Da

diese am Ende der Nachbesprechung stattfindet, nehmen nur Studierende an der Erhebung teil, die auch diese Intervention besuchen. Es kann angenommen werden, dass dies vorwiegend motivierte Studierende sind. Das deutet auf einen Selektions-Bias hin, der die hohen Lernziel-Quoten verursachen könnte.

Betreuung in Zwischen- und Nachbesprechung

Ein wichtiger Aspekt der Evaluation ist die Bewertung der Zwischen- und Nachbesprechung durch die Studierenden. Da der Lernprozess der Studierenden nicht mehr in Präsenz an der Universität, sondern zuhause stattfindet, sind die Betreuungsangebote von besonderer Wichtigkeit. Zwischen- und Nachbesprechungen sind die einzigen Termine, an denen es einen direkten Kontakt zwischen Studierenden und Betreuungspersonen gibt. Das Ziel der Zwischenbesprechung besteht darin, die Studierenden anzuleiten, Fragen kollaborativ zu lösen. Im Rahmen der Nachbesprechung sollten offene Fragen mit den Studierenden geklärt werden. In Abbildung 4 ist die Einschätzung der Studierenden zur Betreuung in der Zwischen- und Nachbesprechung zu sehen.

Es gaben 47 % der Studierenden an, dass ihre Fragen in der Zwischenbesprechung nicht beantwortet wurden¹. Dieses Ergebnis steht im Gegensatz zu der Angabe, dass sich 66 % der Studierenden gut durch ihre Betreuungsperson unterstützt fühlen. Im Vergleich dazu geben 76 % der Studierenden an, dass sie ihr Verständnis für die Praktikumsinhalte in der Nachbesprechung vervollständigen konnten.

Dies spricht für eine sinnvolle Gestaltung dieser Veranstaltung.

Eine andere Erklärung kann in der Formulierung des Items liegen. Aus der Formulierung ist nicht eindeutig erkennbar, ob die Betreuungsperson in der Zwischen- oder der Nachbesprechung gemeint ist. Bei einigen Studierenden kann diese übereinstimmen, was jedoch nicht zwingend gegeben ist.

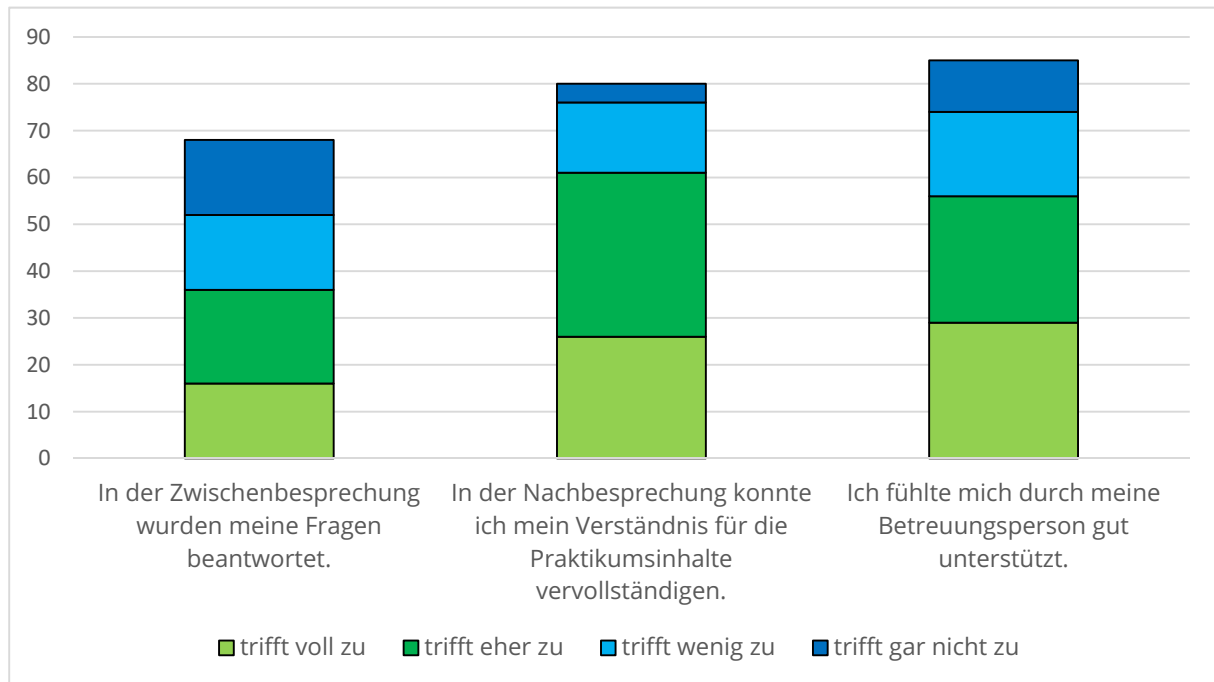


Abbildung 4: Betreuung in Zwischen- und Nachbesprechung

Es ist somit möglich, dass die Studierenden die Betreuungsperson nur im Kontext der Nachbesprechung bewertet haben. Dazu kommt, dass die Studierenden nach dem persönlichen Kontakt gehemmt sein könnten, ihre Betreuungsperson schlecht zu bewerten. Außerdem kann den Befragten unklar sein, worauf die Unterstützung bezogen ist. Das Item sollte deshalb umformuliert werden, um diese Probleme zu vermeiden.

Erfahrung mit angeleiteten Lernaktivitäten

Ein sehr positives Ergebnis zeigt die Einschätzung der Studierenden bezüglich der neu eingeführten Gruppenarbeitsphasen. Die Ergebnisse sind auf Abbildung 5 zu sehen.

Es stimmen 76 % der Studierenden zu, dass sie verstanden haben, wozu die Gruppenarbeit dienen soll. Das deutet darauf hin, dass die Anleitung und Motivation dieser Methode gut gelungen ist. Darüber hinaus geben 85 % der Studierenden an, dass es ihnen leichtgefallen ist, sich in die Gruppenarbeit einzubringen. Gleichzeitig stimmen 77 % zu, dass sie sich durch die Gruppenarbeit intensiv mit den Praktikumsinhalten auseinandergesetzt haben.

Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass die Studierenden gute Erfahrungen mit der Gruppenarbeit gemacht und einen subjektiven Nutzen aus der Arbeitsweise gezogen haben. Deshalb wird diese Methode auch in Zukunft im Rahmen der Konsultationen eingesetzt.

¹ Eine Angabe wird als Zustimmung gewertet, wenn „trifft eher zu“ oder „trifft voll zu“ angekreuzt wurde. Dies entspricht Stufe 3 und 4 auf der Likert-Skala.

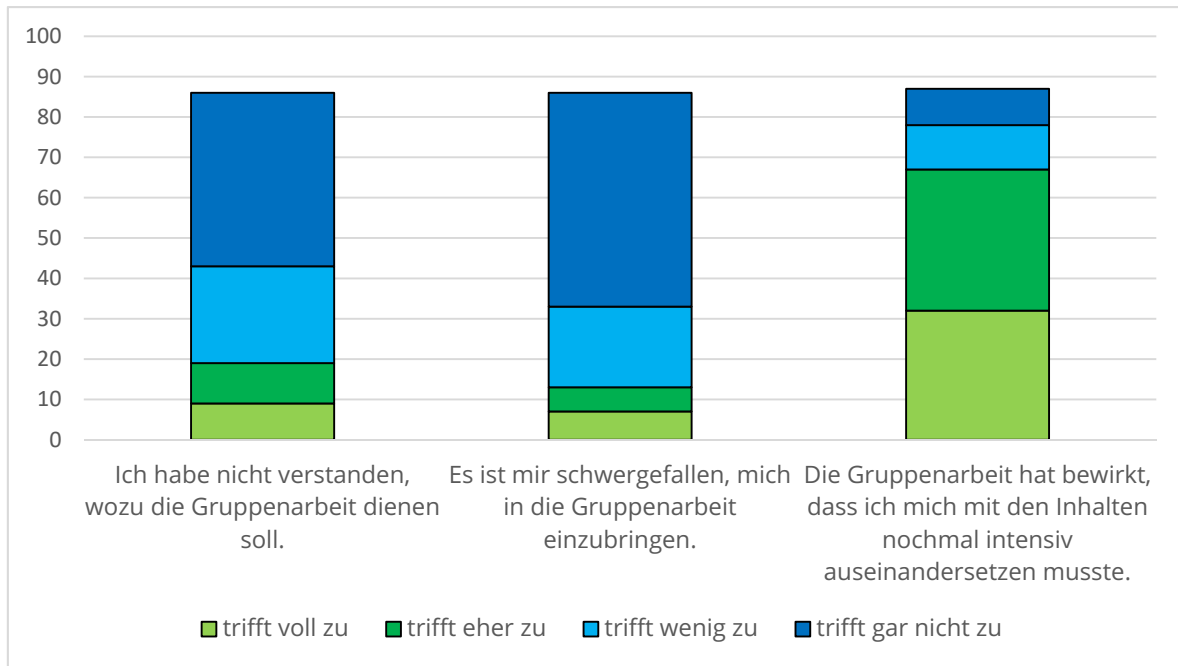


Abbildung 5: Erfahrung der Studierenden mit Gruppenarbeit

Praktikumsdurchführung

Ein wichtiger Aspekt bei der Umsetzung der Praktika ist die Akzeptanz der Studierenden. Dafür müssen die Inhalte unter anderem in den Vorlesungskontext eingebunden sowie für die Studierenden von praktischer Relevanz sein. Dies wird mit den ersten beiden Items aus Abbildung 6 „Ich habe verstanden, warum das Praktikum sinnvoll ist“ und „Im Praktikum konnte ich mein Verständnis für die Vorle-

sungsinhalte vertiefen“ abgefragt. Diesen Aussagen stimmen 78 % bzw. 67 % der Studierenden zu. Das Ergebnis weist darauf hin, dass die Relevanz der Praktikumsinhalte von den Studierenden erkannt wird. Auch die Kopplung des Praktikums an die Vorlesung scheint gut gelungen zu sein, kann jedoch noch verstärkt werden. Dies kann erreicht werden, indem in der Vorlesung stärker auf das Praktikum eingegangen und in der Praktikumsanleitung vermehrt auf die Vorlesung referenziert wird.

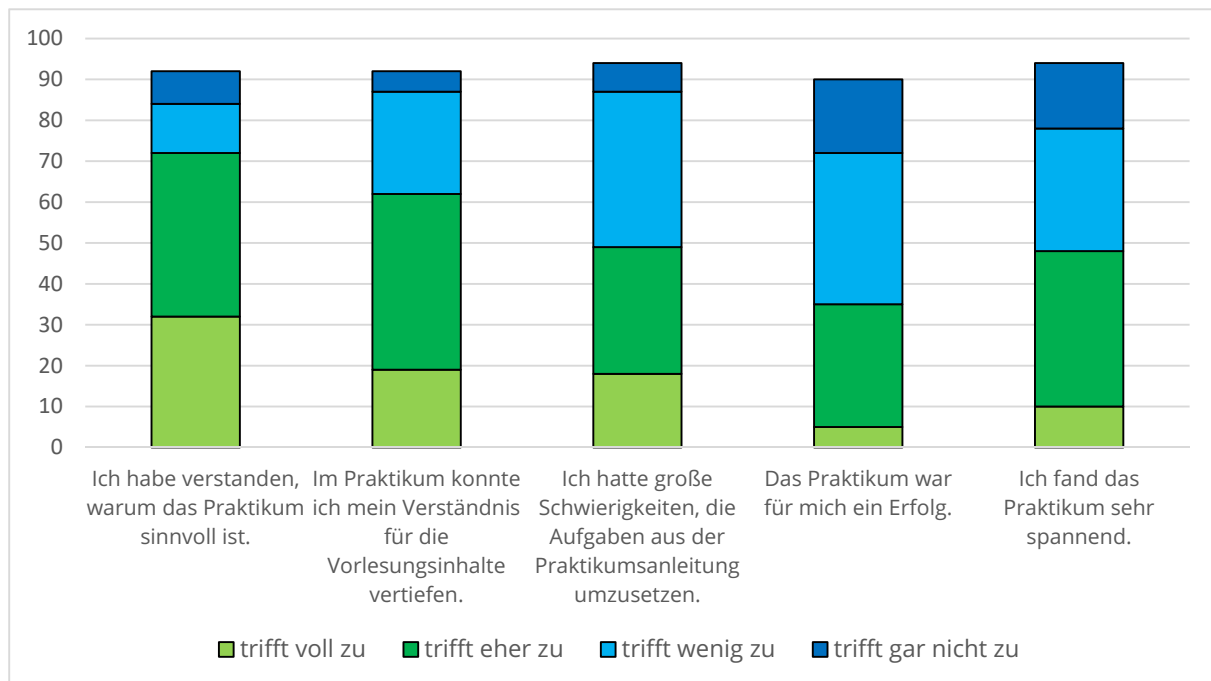


Abbildung 6: Allgemeine Bewertung des Praktikums

Mit dem nächsten Item wird abgefragt, ob die Studierenden Schwierigkeiten bei der Umsetzung der Aufgaben hatten. Es geben 52 % der Studierenden an, große Schwierigkeiten gehabt zu haben. Einige Ursachen hierfür konnten aus den Freitext-Kommentaren identifiziert werden, auf die im anschließenden Abschnitt eingegangen wird.

Während 51 % das Praktikum spannend fanden, werten nur 39 % der Befragten das Praktikum als Erfolg. Es kann angenommen werden, dass diese Bewertung mit den Schwierigkeiten in der Umsetzung der Praktikumsaufgaben zusammenhängt.

Freie Kommentare

Als Abschluss des Fragebogens wurde eine offene Frage gestellt, mit der die Studierenden explizit dazu aufgefordert wurden Probleme zu benennen: „Was hat Ihnen besonders gut am Praktikum gefallen und was nicht? Was würden Sie ändern wollen?“ Insgesamt wurden von 37 % der Befragten 120 Kommentare verfasst. Neben Kritik gab es auch positive Rückmeldungen, die jedoch aufgrund der geringen Anzahl nicht weitergehend beschrieben werden. Wie im Abschnitt ‚Auswertungsverfahren‘ erläutert, wurden die Freitexte kategorisiert und aus den ermittelten Kategorien Forderungen formuliert. Forderungen, die aus den größten Kategorien abgeleitet wurden, sind im Folgenden aufgelistet. Die Anzahl der Kommentare ist in Klammern vermerkt:

1. Zeitaufwand im Praktikum reduzieren (69)
2. Stabileres Messsystem zur Verfügung stellen (21)
3. Fehler im Code beheben bzw. besser kommunizieren (20)
4. Digitales Protokoll verwenden (12)
5. Fragen während der Zwischenbesprechung beantworten (6)
6. Fragen auch außerhalb der Zwischenbesprechung beantworten (4)

Der mit Abstand häufigste Kommentar bezieht sich auf den zu hohen Zeitaufwand, der für das Praktikum notwendig sei („Durchführung war viel zu zeitintensiv“). Die von den Studierenden angegebene Bearbeitungszeit beträgt durchschnittlich 18 Stunden. Dies liegt zwar über

den laut Modulbeschreibung im Mittel der drei anstehenden Versuche im Semester vorgesehenen zwölf Stunden. Es muss jedoch berücksichtigt werden, dass die Bearbeitungszeit der Praktika variiert und der Aufwand für die Praktika im Ganzen immer noch im vorgesehenen Rahmen liegt. Im nächsten Semester sollte der Arbeitsaufwand den Studierenden zu Beginn der Lehrveranstaltung kommuniziert werden, damit sie ihre Zeit dementsprechend planen können.

Der hohe Zeitaufwand hängt zusätzlich mit Punkt 2 und 3 zusammen. Ein großes Problem stellte die Reproduzierbarkeit von Ergebnissen aufgrund des instabilen Messsystems dar: „Zum Teil mussten wegen etwas eigenwilligen Steckverbindungen ganze Versuchsreihen mehrfach aufgenommen werden“. Punkt 3 bezieht sich darauf, dass während des Praktikums ein Fehler im bereitgestellten Arduino-Programm entdeckt wurde, der jedoch nicht an alle Studierenden kommuniziert wurde. Dieser Fehler verursachte massive Abweichungen zwischen den Messdaten und den theoretischen Vergleichswerten, weshalb die Studierenden viel Zeit in die Fehlersuche investierten. Der Fehler konnte bereits behoben werden, wodurch der Arbeitsaufwand reduziert wird.

Das Protokoll sollte im betrachteten Semester versuchsweise in analoger Form abgegeben werden. Dies wurde von den Studierenden jedoch als „nicht zeitgemäß“ und „unnötiger [Mehr]Aufwand“ wahrgenommen. Dementsprechend wird in Zukunft ein digitales Protokoll umgesetzt.

In Punkt 5 wird ein Problem thematisiert, das bereits im Abschnitt ‚Betreuung in Zwischen- und Nachbesprechung‘ diskutiert wurde. Die Studierenden geben an, dass ihre Fragen in der Zwischenbesprechung nicht beantwortet wurden. Dies soll durch ein angepasstes Konzept der Zwischenbesprechung im Wintersemester 2022/2023 gelöst werden.

Daran schließt sich die Forderung aus Punkt 6 an. Die Studierenden wünschen sich, Fragen auch außerhalb der Konsultationstermine stellen zu können. Dies kann jedoch aufgrund der großen Anzahl an Teilnehmenden nicht realisiert werden. Dieses Problem soll jedoch trotzdem berücksichtigt werden. Vor dem nächsten

Durchlauf der Praktika sollte die Herausforderung der Betreuung von bis zu 400 Studierenden transparent kommuniziert werden. Außerdem ist eine angeleitete Vorbereitung auf die Konsultation geplant. Damit sollen die Studierenden bereits vor der Konsultation Schwierigkeiten bei der Bearbeitung identifizieren, die dann gemeinsam in den Präsenzterminen gelöst werden.

6. Zusammenfassung

Bereits aus den ersten Evaluationsergebnissen konnten viele Erkenntnisse zur Verbesserung des Praktikums und der Gestaltung der Evaluation selbst gezogen werden.

Die Selbsteinschätzung der Studierenden zu deklarativem und prozeduralem Wissen ist sehr hoch. Dies kann auf verschiedene Ursachen zurückgeführt werden. Einerseits wurden nur die zentralen Lerninhalte des Praktikums abgefragt. Andererseits muss der Erhebungszeitpunkt berücksichtigt werden. Da der Fragebogen am Ende der Nachbesprechung eingesetzt wurde, kann es zu einer positiven Auswahlverzerrung gekommen sein. An der Nachbesprechung hat etwa ein Viertel der eingeschriebenen Studierenden teilgenommen. Es ist daher möglich, dass bei der Umfrage nur die motivierten und gegebenenfalls leistungsstärkeren Studierenden erfasst wurden. Damit kann das Ergebnis der Evaluation nicht als repräsentativ für die Studierenden des Moduls Mess- und Automatisierungstechnik angesehen werden.

Aus den Ergebnissen ist ein Zusammenhang zwischen der Komplexität des Wissens sowie dem notwendigen Aufwand zur Erreichung des Wissens und der Selbsteinschätzung der Studierenden zu erkennen. Je komplexer und aufwändiger der Wissenserwerb, desto weniger Studierende geben an, über dieses Wissen zu verfügen. Allerdings ist aus der Erhebung nicht ersichtlich, ob der Erwerb des Wissens auf die Gestaltung des Praktikums zurückzuführen ist oder dem Vorwissen der Befragten entspricht. Deshalb lässt die Itembatterie nur indirekt Rückschlüsse auf die Qualität der Lehr-Lernmaterialien sowie der Betreuung zu. Die Ergebnisse sind hilfreich, die Entwicklung der

Praktika semesterübergreifend zu beobachten. Somit kann erhoben werden, ob die Anpassungen in der Gestaltung des Praktikums langfristig Einfluss auf die Selbsteinschätzung der Studierenden haben.

Da über die Hälfte der Befragten angegeben, dass ihre Fragen während der Zwischenbesprechung nicht geklärt werden konnten, sollte das Konzept überarbeitet werden. Besonders gut wurden jedoch die Gruppenarbeitsphasen angenommen. Sowohl die Anleitung als auch die Erfahrung der Studierenden mit dieser Methode wurden positiv bewertet.

Aus den Ergebnissen der Evaluation kann geschlossen werden, dass die Studierenden die Relevanz des Praktikums erkennen. Auch die Anbindung der Praktikumsinhalte an die Vorlesung wird gut bewertet, kann jedoch weiter verbessert werden.

Fast die Hälfte der Studierenden hatte Schwierigkeiten bei der Umsetzung der Praktikumsaufgaben. Mehrere Ursachen dafür konnten aus den Freitexten erschlossen werden. Ein bei den Studierenden häufig auftretendes Problem stellte die Reproduzierbarkeit von Ergebnissen aufgrund des instabilen Messsystems dar. Zusätzlich verursachte ein Fehler im bereitgestellten Arduino-Code signifikante Abweichungen zwischen den Messdaten und den theoretisch berechneten Werten.

Die offene Frage am Ende des Fragebogens wurde von 37 % der Befragten genutzt, um Rückmeldung zum Praktikum zu geben. Daraus ging zusätzlich hervor, dass die analoge Form des Protokolls von den Studierenden eher abgelehnt und eine digitale Variante bevorzugt wird. Außerdem wurde in den freien Kommentaren darauf hingewiesen, dass in der Zwischenbesprechung nicht alle Fragen beantwortet wurden. Darüber hinaus besteht der Wunsch, dass zusätzlich Fragen außerhalb der Konsultationstermine gestellt und geklärt werden können.

Letztlich hat die Evaluation gezeigt, wie wichtig die Gestaltung der Lehrveranstaltung Praktika@home ist. Die unmissverständliche und exakte Formulierung sowohl des Erkenntnisinteresses als auch der jeweiligen Items ist komplex. Bei der Auswertung wurde deutlich, dass sehr viel abgefragt wurde, die Formulie-

rung der Items jedoch teilweise zu unspezifisch war. Dadurch bezogen sich die Ergebnisse in diesen Fällen nicht auf das Erkenntnisinteresse.

Allein die Entwicklung der Evaluation hat bereits eine intensive Auseinandersetzung der Lehrenden mit der eigenen Lehrveranstaltung bewirkt. Aus der Auswertung des ersten Durchlaufs konnten zusätzlich viele Ansätze zur Weiterentwicklung des Praktikums und des Fragebogens gewonnen werden.

7. Ausblick

Ein Thema, das sowohl in den geschlossenen Fragen als auch der offenen Frage erhoben wurde, betrifft die Beantwortung von Fragen zum Praktikum. Dabei wurde einerseits kritisiert, dass Fragen in der Zwischenbesprechung nicht beantwortet wurden und andererseits, dass es keine Möglichkeit gab, Fragen außerhalb der Konsultationstermine zu stellen. Deshalb soll die Betreuung im Wintersemester 2022/2023 angepasst werden. Dabei werden die Unterlagen für alle Praktika bereits zu Beginn des Semesters hochgeladen. Auch die Termine für Konsultationen und Angaben werden am Semesterstart kommuniziert. Die Studierenden können sich so ihre Zeit frei einteilen und Arbeitsphasen besser einplanen.

Die Strukturierung der Selbstlernphasen soll durch den Einsatz von Logbüchern (reading logs [7, 8]) unterstützt werden. Wenn die Logbücher vor der Konsultation hochgeladen werden, erhalten die Studierenden Zusatzpunkte. Dadurch sollen die Studierenden sich im Vorfeld mit den Experimenten auseinandersetzen und ihre Fragen formulieren. Die Betreuungspersonen können sich auf diese Fragen vorbereiten und die Gestaltung der Konsultationstermine dementsprechend anpassen. So soll außerdem die Zahl der Teilnehmenden in der Zwischenbesprechung gesteigert werden.

Aus den freien Kommentaren wurde zusätzlich deutlich, dass die Studierenden keine Vorstellung von dem für die Praktika vorgesehenen Arbeitsaufwand haben. Es bietet sich deshalb an, die Praktika stärker in die Vorlesung einzubinden. Dadurch könnte der Aufwand für die Praktika in den Kontext des gesamten Moduls gesetzt und von den Studierenden besser nachvollzogen werden.

Auch die Gestaltung des Fragebogens soll vor dem nächsten Einsatz überarbeitet werden. Dabei soll bei jedem Item überprüft werden, ob ein Bezug zum Erkenntnisinteresse „Sind die bereitgestellten Lehr-Lernmaterialien und die Betreuung derart gestaltet, dass sie die Studierenden bei der Erreichung der Lernziele unterstützen?“ besteht. Die Items, die dieser Anforderung nicht entsprechen, sollten umformuliert oder gekürzt werden.

Zusätzlich sollte der Fragebogen vor dem Einsatz von Kolleginnen und Kollegen getestet werden, die nicht am Entwicklungsprozess beteiligt waren, um die Items auf Verständlichkeit zu prüfen. Auch bei der Auswertung dieser ersten Stichprobe können bereits Probleme oder Unstimmigkeiten auffallen, die anschließend noch behebbar sind.

Ferner sollte ein anderer Evaluationszeitpunkt gewählt werden. Es hat sich nicht nur gezeigt, dass die Zahl der Teilnehmenden zwischen den Semestern stark schwankt, sondern dass eine Gruppe von Studierenden systematisch von der Befragung ausgeschlossen wird. Die Studierenden, die nicht an der Abschlussbesprechung teilnehmen, haben bisher keine Möglichkeit, über die Evaluation Rückmeldung zu geben. Es wäre jedoch von Interesse, herauszufinden, weshalb diese Studierenden nicht an den Lehr-Lernangeboten teilnehmen und wie sie gestaltet werden müssten, um die Studierenden in ihrem Lernprozess zu unterstützen.

Ebenfalls interessant wäre zu überprüfen, ob sich die Bewertung der Lehr-Lernangebote unterscheidet, wenn die Studierenden angeben, fachspezifisches Wissen zu besitzen. Das kann Aufschluss darüber geben, wie leistungsschwächere Studierende unterstützt werden könnten.

Eine Schwierigkeit bei der Entwicklung des Fragebogens stellen die unterschiedlichen Perspektiven dar. Die Evaluation wird von Lehrenden erstellt. Dabei werden teilweise Annahmen über studentische Verhaltensweisen und Herausforderungen getroffen. Um die Erhebung tatsächlich lernendenzentriert zu gestalten, wäre es vorteilhaft, Studierende in die Entwicklung einzubeziehen.

Danksagung

Unser Dank gilt den Studierenden des Moduls Mess- und Automatisierungstechnik, die an der Befragung teilgenommen haben, sowie allen Lehrenden, die die Evaluation unterstützt und ermöglicht haben.

Literatur

- [1] S. Odenbach, J. Morich, L. Selzer (2021) Praktikum ohne Präsenz - geht das?, Lessons Learned 1, 1/2 <https://doi.org/10.25369/ll.v1i1/2.6>
- [2] L. Selzer, B. Bust, J. Morich, S. Odenbach (2022) Regelkreisversuch - „vom Prototyp zur Massenware“, Lessons Learned 2, 1
- [3] Moosbrugger, H. und Kelava, A. (2020). *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion* (3. Aufl.). Springer Berlin Heidelberg
- [4] Limesurvey-Umfragetool <https://bildungsportal.sachsen.de/umfragen/>
- [5] Mayring, P. (2022). *Qualitative Inhaltsanalyse Grundlagen und Techniken* (13. Aufl.). Beltz
- [6] Kuckartz, U. und Rädiker, S. (2022). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung, Grundlagentexte, Methoden* (5. Aufl.). Beltz Juventa.
- [7] Carroll, S., Beyerlein, S., Ford, M. and Apple, D. (1996). The Learning Assessment Journal as a tool for structured reflection in process education. In *Technology-Based Re-Engineering Engineering Education Preceedings of Frontiers in Education FIE'96 Annual Conference* (Vol. 1, pp.310-313)
- [8] Schadschneider, A., Abrams, D. (im Druck). Einsatz von Reading Logs in Inverted Classroom Veranstaltungen. Lessons Learned 4



Evaluation zur Wirksamkeit der Lehre im Modul Mess- und Automatisierungstechnik

B. Schlegel*, C. Wermann, S. Odenbach

Professur für Magnetfluiddynamik, Mess- und Automatisierungstechnik, Institut für Mechatronischen Maschinenbau, Fakultät Maschinenwesen, TU Dresden

Abstract

Ausgelöst durch die Corona-Bedingungen wurde in den letzten Jahren viel in der Lehre verändert. Dabei stellt sich die Frage, welche Elemente der Lehre – digitale wie nicht digitale – für den Lernprozess der Studierenden tatsächlich förderlich sind. Um sich dieser Fragestellung anzunähern, wurde für das Modul Mess- und Automatisierungstechnik ein Evaluationskonzept entwickelt und im Sommersemester 2022 erstmals umgesetzt, mit dem Ziel, die studentische Perspektive auf diese Frage zu erfassen. Im folgenden Artikel werden das Konzept und Ergebnisse vorgestellt und kritisch diskutiert. Außerdem wird der Nutzen einer Evaluation konkreter Lehr-Lernelemente für die Weiterentwicklung der Lehre hervorgehoben. Dieser wird gesteigert, je häufiger eine Evaluation durchgeführt wird – in nachfolgenden Semestern, in anderen Modulen oder auch an anderen Universitäten. Ein klares Ergebnis dieser Evaluation ist die Bevorzugung von Präsenzveranstaltungen (auch in Ergänzung der Möglichkeit, online teilzunehmen) gegenüber reinen Online-Angeboten.

Triggered by the Corona conditions, much has changed in teaching in recent years. This raises the question of which elements of teaching - digital and non-digital - are actually conducive to the learning process of students. To approach this question, an evaluation concept was developed for the Measurement and Automation Technology module and implemented for the first time in the summer semester of 2022, with the aim of capturing the student perspective on this question. In the following article, the concept and results are presented and critically discussed. Furthermore, the benefit of an evaluation of concrete teaching-learning elements for the further development of teaching is emphasized. This is increased the more often an evaluation is carried out - in subsequent semesters, in other modules or even at other universities. A clear result of this evaluation is the preference for face-to-face courses (also in addition to the possibility to participate online) over purely online courses.

*Corresponding author: beatrice.schlegel@tu-dresden.de

1. Einleitung

Im Sommersemester 2022 wurde der zweite Teil des Moduls Mess- und Automatisierungstechnik evaluiert mit dem Ziel, die Perspektive der Studierenden zur Wirksamkeit der Lehre im Modul detailliert zu erfassen. Daraus sollen relevante Hinweise zur Weiterentwicklung von Lehre gewonnen werden. An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass die Evaluation kein Ersatz für die TU-weite Lehrveranstaltungsevaluation zum Zweck der Qualitätskontrolle ist, die an der TU Dresden vom Zentrum für Qualitätsanalyse durchgeführt wird. Die Zielstellung der hier dargelegten Evaluation ist eine andere. Sie wird im Abschnitt 2 genauer ausgeführt. Im Abschnitt 3 werden das Evaluationskonzept und das Untersuchungsdesign beschrieben und kritisch diskutiert. Ein Ausschnitt der Evaluationsergebnisse ist Gegenstand des Abschnittes 4. Im Abschnitt 5 werden diese zusammengefasst und die gewonnenen Erkenntnisse beschrieben, im Abschnitt 6 ein Fazit für die Lehre gezogen sowie ein Ausblick auf weitere Erhebungen gegeben.

Mit diesem Artikel sollen vor allem Lehrende und mit Lehre befasste Personen im Bereich Ingenieurwissenschaften angesprochen werden, die ebenfalls Interesse daran haben, durch Evaluation Impulse und Hinweise zur Weiterentwicklung ihrer eigenen Lehrkonzepte zu erhalten. Werden ähnliche Evaluationen in unterschiedlichen Modulen durchgeführt, können Vergleiche gezogen oder auch Fragestellungen gemeinsam ausgewertet werden. Dies würde zu einer höheren Aussagekraft und zu weitreichenderen Hinweisen zur Weiterentwicklung von Lehre führen.

2. Motivation und Zielstellung

Nach mehreren Corona-Semestern und wiederholten Umwälzungen in den Lehrkonzepten, ausgelöst durch die Pandemie-Bedingungen, ist nicht – wie vielleicht vermutet – eine Müdigkeit und Zurückhaltung gegenüber Veränderungen in den Lehrkonzepten eingetreten. Stattdessen gibt es Bestrebungen, weitere Veränderungen auf solide Füße zu stellen, die Erkenntnisse aus den Corona-Semestern in die Lehre einzubeziehen und die bestmögliche Variante herauszufinden, die Präsenzformate mit

Online- bzw. digitalen Elementen kombiniert. Dabei steht neben der Expertise der Lehrpersonen und ihrem fortlaufenden Diskurs zur Lehre die Perspektive der Studierenden im Fokus.

Die Frage ist, wie wirksam die einzelnen Elemente aus dem Lehrangebot – digitale und nicht-digitale – tatsächlich aus Sicht der Studierenden sind. Gibt es Elemente, die für die Studierenden besonders nützlich erscheinen? Weitere Fragen, die mit Hilfe der Evaluation beantwortet werden sollen, sind: Gibt es unterschiedliche Einschätzungen zwischen deutschen und nicht-deutschen Studierenden? Wie oft werden Lehrangebote (Vorlesungen, Übungen, Praktika, Vorlesungsvideos) genutzt? Welches Format (in Präsenz, hybrid, digital) wird von den Studierenden bevorzugt?

Wie diese Fragen mit Hilfe der durchgeführten Evaluation beantwortet werden können, wird im Abschnitt 4 gezeigt und diskutiert. Grundsätzlich für eine zielführende Interpretation der Ergebnisse ist das Evaluationskonzept, das im anschließenden Abschnitt dargelegt wird.

3. Evaluationskonzept und Untersuchungsdesign

Was wird evaluiert?

Gegenstand der Evaluation ist das Modul Mess- und Automatisierungstechnik, zu dem eine zweisemestrige Vorlesung, Praktika und Rechenübungen gehören (im Folgenden als Lehr-Lernangebote bezeichnet). Die einzelnen Elemente (siehe Untersuchungsdesign), die in den Lehr-Lernangeboten den Lernprozess der Studierenden unterstützen sollen, werden auf ihre Wirksamkeit hin untersucht. Dabei ist es nicht möglich, die Wirksamkeit direkt zu messen. Sie wird über die Einschätzung der Studierenden erhoben. Zwar lassen sich aus den Ergebnissen von Selbsttests, die im Verlauf des Semesters angeboten werden, sowie den Klausurergebnissen am Ende des Moduls Aussagen über die Erreichung von Lernzielen ableiten, allerdings nicht auf einzelne Elemente bezogen.

Ziel der Lehr-Lernangebote ist ein Zuwachs an Kompetenz, also Kenntnissen, Fähigkeiten und Fertigkeiten im Bereich der Mess- und Automatisierungstechnik. **Lernprozesse** werden

dabei der Beschreibung in der Studienordnung folgend [1] so verstanden: Sie haben einen Zuwachs an Kompetenz in einem konkreten fachlichen Bereich zum Ziel und beinhalten verschiedene Prozesse, die durch unterschiedliche Lehr-Lernangebote unterstützt werden können. Relevant sind Erkenntnisprozesse zur Ausbildung eines Fachverständnisses, Anwendungsprozesse, bei denen Fähigkeiten ausgebildet und Kenntnisse vertieft werden, und Übungs- bzw. Trainingsphasen, in denen aus Fähigkeiten Fertigkeiten entstehen, die stärker automatisiert sind. Nebengeordnet bei der Betrachtung der Wirksamkeit von Lehr-Lernangeboten, und dennoch bedeutsam, ist die Motivation, ohne die kein Lernprozess begonnen und aufrechterhalten werden kann.

Wozu wird evaluiert?

Ziel der Evaluation ist es herauszufinden, welche Lehr-Lernangebote und Elemente von den Studierenden als hilfreich für ihren Lernprozess eingeschätzt werden, um Hinweise zur Weiterentwicklung von Lehrkonzepten zu erhalten (Erkenntnisinteresse). Dabei geht es weniger darum, Elemente aufgrund von Evaluationsergebnissen in der Lehre wegzulassen, die als weniger hilfreich eingeschätzt wurden, sondern Optimierungsbedarf bei deren Umsetzung festzustellen bzw. die Elemente häufiger zu nutzen, die als besonders hilfreich eingeschätzt wurden (Entwicklungsinteresse). Außerdem soll herausgefunden werden, ob unterschiedliche Gruppen an Studierenden (nicht-deutsch, deutsch, männlich, weiblich) Lehr-Lernangebote unterschiedlich bewerten.

Wie wird evaluiert?

Die Evaluation erfolgte ex-post, also am Ende des Angebotszeitraums und hat folglich einen summativen Charakter. Der Evaluation liegen folgende Annahmen zugrunde:

Ein Lernprozess im Sinne eines Erkenntnisgewinns mit nachfolgender Festigung durch Anwendung und Übung, der zu einem Zuwachs an Kompetenz führt, wird durch motivierende, erkenntnisunterstützende Elemente sowie Elemente der Anwendung, Festigung und Übung optimal unterstützt. Studierende können einschätzen, welche Elemente sie dazu motivieren, sich mit Inhalten auseinanderzusetzen, und welche Elemente wie stark dazu beitragen,

Zusammenhänge zu verstehen, nachzuvollziehen und zu festigen (es geht weder um ein Ranking, noch um ein Entweder-Oder). Dabei wird durch ein ex-post-facto Design ein Vergleich zwischen Studierenden-Gruppen ermöglicht.

Neben den Lehr-Lernangeboten, deren Wirksamkeit mit der Evaluation erfasst werden soll (Interventionseffekte), können andere Faktoren den Lernprozess maßgeblich beeinflussen. Diese externen konfundierenden Effekte werden in der Befragung am Ende des Lehr-Lernangebotezeitraums miterfasst. Beispiele dafür sind: Lernen mit Freunden, Gespräche mit der Familie, Schauen von Youtube-Videos usw. Die Effekte, die diese Faktoren hervorrufen, sind nicht Teil des Untersuchungsgegenstandes. Dies muss in der Erhebung mitgedacht werden.

Neben dem summativen weist die Erhebung einen formativen Charakter auf, da die Ergebnisse zur stetigen Weiterentwicklung von Lehre genutzt werden sollen. Weitere Erhebungen lassen einen Vergleich über Semester hinweg zu und ermöglichen Aussagen über die langfristige Entwicklung von Lehre.

Untersuchungsdesign

Die Evaluation erfolgte in einer Abschlussbefragung in der letzten Vorlesung des Sommersemesters 2022. Alle anwesenden Studierenden waren aufgefordert, den Online-Fragebogen in einem Zeitfenster innerhalb der Vorlesung auszufüllen. Dazu wurde ein QR-Code generiert, der direkt zur Befragung führte. Diese Vorgehensweise ermöglichte es, beinahe alle Anwesenden zu befragen. Zusätzlich wurde der Link zur Befragung an alle Studierenden gesendet, so dass auch Personen an der Befragung teilnehmen konnten, die die letzte Vorlesung nicht besucht haben. Der standardisierte Fragebogen wurde mit der Online-Umfragen-Applikation LimeSurvey erstellt, die der TU Dresden über das Bildungsportal Sachsen bereitgestellt wird [2]. Die Befragung erfolgte anonym, mit Erfassung des Datums und der Timings zu den einzelnen Fragenblöcken.

Der Fragebogen enthält vorrangig geschlossene Fragen mit einer 4-stufigen unipolaren Likert-Skala („1“, „2“, „3“, „4“, „kann ich nicht einschätzen“), deren niedrigste Ausprägung („1“)

mit „stimme nicht zu“ und deren höchste („4“) mit „stimme voll zu“ spezifiziert sind. Zur ersten Frage des Fragebogens werden Beispiele zu den Antwortmöglichkeiten gegeben. Die Fragen sind in folgende Blöcke gebündelt:

- Block 1: Das Lehrangebot zur Mess- und Automatisierungstechnik im Sommersemester 2022: Was hat Ihnen geholfen?
- Block 2: Was haben Sie genutzt?
- Block 3: Was bevorzugen Sie?
- Block 4: Allgemeine Informationen (soziodemografische Daten)

In **Block 1** wurde nach Einschätzung folgender Elementen gefragt: Erklärungen in der Vor-

lesung, Zwischenabfrage mit der Lernplattform Kahoot! [3], Wiederholungen am Anfang der Vorlesung, Einbindung von Anschauungsmaterialien, das, was von der Lehrperson während der Vorlesung aufgeschrieben wurde, praktische Anwendungen, eigene Mitschriften, X-Kapitel¹, geschichtliche Erzählungen, Vorlesungsvideos, Lösen von Übungsaufgaben, Besuch von Übungen, Musterlösungen zu den Übungen und die Vorlesungen und Übungen insgesamt, ebenso wie Praktika. Eine weitere Differenzierung der Praktika in einzelne Elemente wurde nicht vorgenommen, da es dazu eigene Befragungen [4] gab. Ein Beispiel zu den Items findet sich in Abbildung 1.

*Die Inhalte habe ich erst richtig verstanden durch ...					
	1	2	3	4	kann ich nicht einschätzen
... die Praktika.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
... Einbindung von Anschauungsmaterialien wie beispielsweise U-Rohr-Manometer oder Fliehkraftregler.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
... die Erklärungen in den Vorlesungen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
... die Wiederholung am Anfang der Vorlesungen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
... das, was von der Lehrperson während der Vorlesung aufgeschrieben wurde.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Abbildung 1: Beispiel-Items aus der Befragung im Sommersemester 2022 zur Wirksamkeit der Lehre

Weitere Item-Anfänge sind:

- „Ich konnte die Zusammenhänge nachvollziehen durch...“,
- „Ich konnte mein erworbenes Wissen festigen durch...“,
- „Ich war motiviert, mich mit den Inhalten auseinanderzusetzen, durch...“,
- „In meinem Lernprozess vorangebracht hat mich...“.

In **Block 2** wurde gefragt, an wie vielen Vorlesungen, Übungen und Besprechungen zu den Praktika die Studierenden teilgenommen haben. Die Antworten erfolgen über Zahleneingaben. Ebenso wurde zahlenmäßig die Selbstlernzeit pro Woche in Minuten abgefragt, sowie genutzte Möglichkeiten neben dem Lehr-

Lernangebot, wie Lehrbücher, Youtube-Videos, Gespräche mit Freunden usw.

Welche Varianten im Bereich digitale Lehre bevorzugt wurden, war Gegenstand des **Blocks 3**: Vorlesung in Präsenz, Bildschirmaufzeichnung, Live-Übertragung, hybride Umsetzung sowie die zeitliche Einbindung von Kahoot! – zu Beginn, in der Mitte oder am Ende der Vorlesung.

Folgende Daten wurden in **Block 4** abgefragt: angestrebter Abschluss, studierte Fachrichtung, Fachsemester, Geschlecht und Staatsangehörigkeit (deutsch, EU-Länder, Nicht-EU-Länder). Am Ende des Fragebogens konnten in einem Freitextfeld Anmerkungen, Wünsche und Kritikpunkte geäußert werden.

¹ Hier werden Studierende aufgefordert, Messtechnik im alltäglichen Leben zu fotografieren, zu hinterfragen und an die Lehrperson zu senden. Im sogenannten X-Kapitel in

der Vorlesung wird das dahinterliegende Messprinzip erklärt.

Kritische Diskussion

Kein Prä-Post-Design

Soll die Wirksamkeit von Lehr-Lernangeboten erfasst werden, bietet sich an, am Beginn und am Ende des Angebotszeitraums den Kompetenzstand zu messen. Ein Prätest ist im Modul Mess- und Automatisierungstechnik nicht möglich. Außerdem liefert der Vergleich zwischen den Kompetenzständen keinen differenzierten Blick auf einzelne Elemente. Aus diesen Gründen wurde eine ex-post Befragung zur Einschätzung der Wirksamkeit einzelner Elemente sowie der Lehr-Lernangebote insgesamt gewählt.

Verzerrungen

Durch die Menge an Items in Block 1 (26) kann es zu einer gewissen Ermüdung bei der Einschätzung kommen. Da jedoch die Befragung zum ersten Mal durchgeführt wurde, war es wichtig, möglichst viele Elemente einschätzen zu lassen. Außerdem wurden vereinzelt Items doppelt abgefragt mit unterschiedlicher Formulierung, um zu prüfen, ob zufällig angekreuzt wurde.

Weitere Verzerrungen sind durch den Messzeitpunkt in der letzten Vorlesung möglich. Die Einschätzung der Wirksamkeit einzelner Elemente eines ganzen Semesters dürfte durchaus schwierig sein. Zu bedenken ist ebenfalls, dass Elemente des Lehr-Lernangebots nicht direkt und spürbar zum Verstehen oder Festigen beitragen, sondern eventuell verzögert oder unbewusst. Diese Wirkungen werden mit der Befragung nicht erfasst, sind aber genauso erwünscht wie direkt und bewusst wahrnehmbare.

Externe konfundierende Effekte

Diese Effekte wurden bereits angesprochen. Es wurde mit der Befragung erhoben, ob Studierende Lehrbücher, Youtube-Videos, Gespräche mit Freunden, Kommilitonen und Familie genutzt haben, um im Lernprozess besser voranzukommen. Da jedoch alle Personen mehr oder weniger solche Mittel nutzen, können Datensätze nicht ausgeklammert werden, um entsprechende Effekte auszuschließen.

Ebenfalls genannt seien hier die Leistungsfähigkeit und die Leistungsbereitschaft von Studierenden, die die Einschätzung von Elementen der Lehre stark beeinflussen können.

Keine repräsentative Stichprobe

Befragt wurden alle anwesenden Studierenden in der letzten Vorlesung. Es ist möglich, dass diese Studierenden motivierter sind, das Modul zu absolvieren, als die Studierenden, die nicht zur letzten Vorlesung gekommen sind. Andere Gründe für eine Nicht-Teilnahme könnten Krankheit oder Verpflichtungen in der Familie sein oder auch die bevorzugte Nutzung der Vorlesungsvideos. Damit ist die Gruppe der Befragten für die Gesamtheit der Studierenden im Modul Mess- und Automatisierungstechnik nicht repräsentativ.

4. Evaluationsergebnisse

Im Folgenden werden ausgewählte Ergebnisse aus der Befragung vorgestellt und kritisch diskutiert.

Die Teilnehmenden

Insgesamt liegen 160 vollständige Datensätze vor, die in der Auswertung berücksichtigt werden konnten. Davon waren 26 Personen weiblich, eine Person divers und 120 männlich. 13 Personen machten keine Angabe. Der Frauenanteil beträgt 16 % und entspricht damit in etwa dem Frauenanteil der gesamten Studierenden-Gruppe im Modul im Sommersemester 2022 (17 %). Der Anteil an Studierenden aus dem EU-Ausland und dem Nicht-EU-Ausland beträgt 17,5 %. In der Klausur zum Modul Mess- und Automatisierungstechnik im Sommersemester 2022 nahmen insgesamt 356 Studierende teil. Es konnten also 45 % der Studierenden befragt werden. 85 % der Befragten streben den Diplomabschluss an, die restlichen Bachelor-, Masterabschluss oder den Abschluss des Diplom-Aufbau-Studiengangs. Über 90 % der Befragten studieren die Fachrichtung Maschinenbau, knapp sieben Prozent Verfahrens- und Naturstofftechnik. 76 % der Befragten sind zum Zeitpunkt der Befragung im 6. Fachsemester, die anderen im 2. (Diplom-Aufbau), 4., 8. oder 10.

Nutzung von Angeboten

Die Studierenden wurden befragt, wieviel von den angebotenen 14 Vorlesungen, 14 Vorlesungsvideos und sechs Übungen sie genutzt haben. Die folgende Grafik (Abbildung 2) zeigt die Ergebnisse.

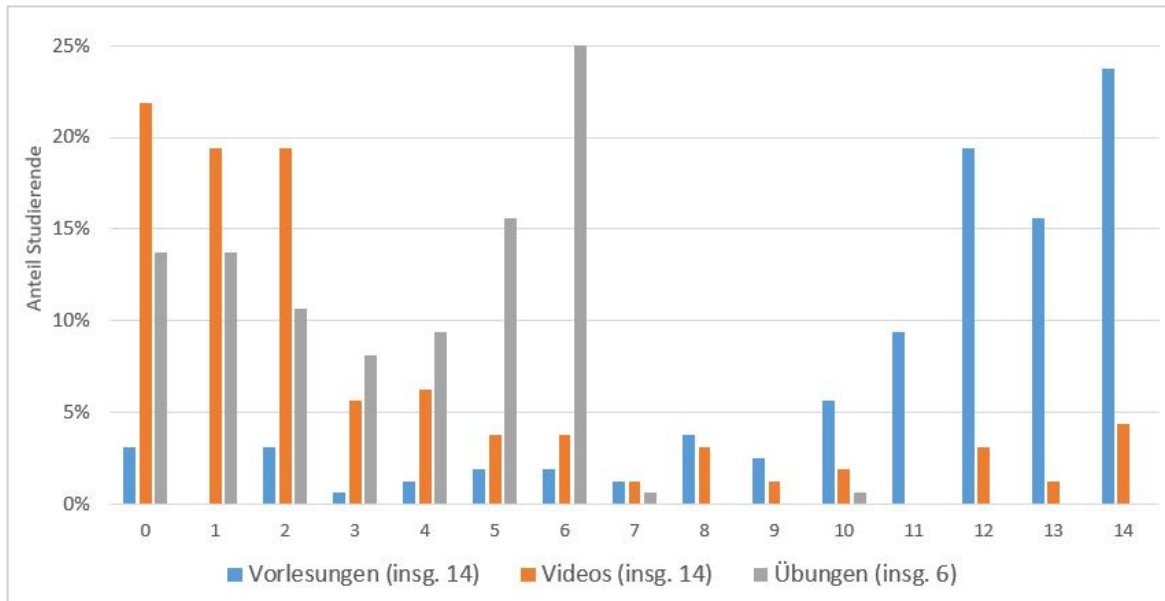


Abbildung 2: Anzahl an genutzten Angeboten.

Knapp 90 % der Befragten nutzten mindestens die Hälfte der Vorlesungen und rund die Hälfte der Befragten vier oder mehr Übungen. Sieben oder mehr Videos wurden von knapp 20 % der Befragten genutzt. Der Anteil an Personen, die keine Vorlesungen besucht haben, liegt bei 3 %. Ein Fünftel der Befragten hat keine Übungen besucht.

Obwohl nur sechs Übungen angeboten wurden, haben zwei Personen eine Zahl über sechs angegeben. Möglicherweise sind diese Personen in parallel angebotene Übungen gegangen, die zeitlich versetzt angeboten wurden. In zukünftigen Befragungen sollte hier eine Obergrenze gesetzt werden, da es darum geht, ob alle Übungen besucht wurden oder weniger.

Interessant bei der Nutzung von Lehr-Lernangeboten ist ein Vergleich zwischen deutschen und nicht-deutschen Studierenden. Aufgrund der geringen Gruppengröße der nicht-deutschen Studierenden (28) sind die Ergebnisse allerdings nur bedingt aussagekräftig. Für den Vergleich wurden die Mittelwerte der Nutzungshäufigkeiten beider Gruppen für Vorlesungen, Videos und Übungen gegenübergestellt (Abbildung 3). Vorlesungen und Übungen werden von beiden Gruppen ähnlich häufig genutzt, Videos jedoch von nicht-deutschen Studierenden etwas häufiger. Grund hierfür

könnte die Sprachbarriere sein, die durch die Möglichkeit der Unterbrechung oder langsameres Abspielen der Videos kompensiert werden kann

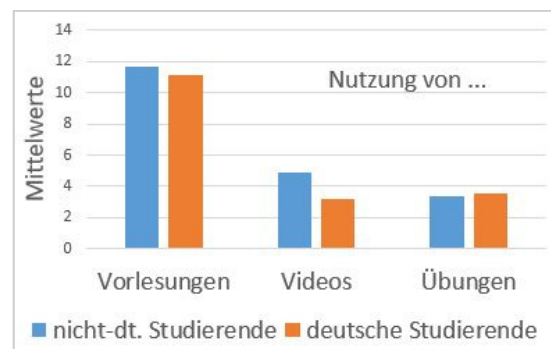


Abbildung 3: Vergleich der Nutzungsmittelwerte zwischen nicht-deutschen und deutschen Studierenden.

Der Vergleich von Mittelwerten der Nutzungshäufigkeiten wurde ebenfalls zwischen Frauen und Männern gezogen (Abbildung 4). Auch hier ist die Gruppengröße der Frauen mit 26 Befragten zu gering, um allgemeingültige Aussagen zu treffen.

Ein signifikanter Unterschied im Nutzungsverhalten der beiden Gruppen ist weder bei den Vorlesungen, den Vorlesungsvideos noch bei den Übungen zu erkennen.

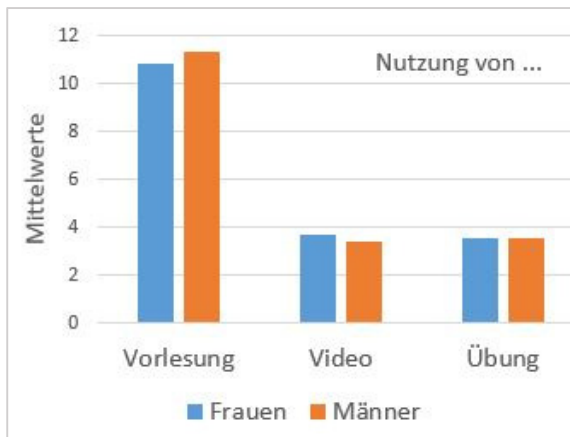


Abbildung 4: Vergleich der Nutzungsmittelwerte zwischen Frauen und Männern.

Bewertung Vorlesungen, Übungen, Praktika

Die Studierenden wurden befragt, wie stark sie in ihrem Lernprozess durch die Vorlesungen insgesamt, die Übungen insgesamt und die Praktika insgesamt vorangebracht wurden. Diese Bewertung wurde zeitlich nach der Bewertung einzelner Elemente abgefragt, so dass davon auszugehen ist, dass unter „Übungen insgesamt“ nicht nur die Veranstaltung Übung verstanden wurde, sondern auch die Übungsaufgaben und Musterlösungen.

Es wurden nur die Ergebnisse der Befragten genutzt, die mindestens die Hälfte der Vorlesungen und der Übungen besucht hatten (Abbildung 5).

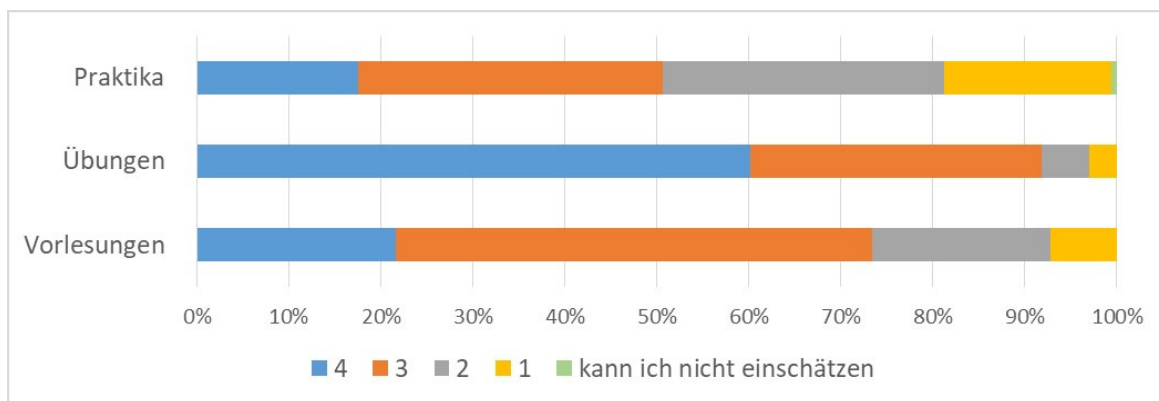


Abbildung 5: Bewertung der Lehr-Lernangebote insgesamt.

Über 90 % der Befragten bewerteten die Übungen positiv (Antwortkategorien „3“ und „4“), knapp dreiviertel bewerteten die Vorlesungen positiv, die Hälfte der Befragten die Praktika. Der Grund für die unterschiedliche Bewertung zwischen Übungen und Vorlesungen kann in der didaktischen Funktion beider Lehr-Lernangebote liegen. Während die Vorlesungen in erster Linie die Inhalte darbieten und die Studierenden sich diese größtenteils durch Mitschreiben aneignen, fördern Übungen eine aktivere Auseinandersetzung mit den Inhalten durch das eigenständige Lösen der Übungsaufgaben. Es ist durchaus nachvollziehbar, dass die Übungen somit als wirksamer für den eigenen Lernprozess eingeschätzt werden als die Vorlesungen, wenngleich die Vorlesungen die Basis liefern. Der Mehrwert des eigenständigen Tuns gegenüber dem reinen Zuhören dürfte bei den Praktika noch stärker sichtbar werden, da diese noch handlungsorientierter sind. Hier müssen nicht nur Berechnungen

durchgeführt, sondern Daten durch Experimente ermittelt werden. Die Ergebnisse zeigen jedoch, dass die Praktika deutlich weniger gut bewertet wurden. Ein sehr wahrscheinlicher Grund dafür ist der Entwicklungsstand der Praktika. Sie wurden während der Corona-Pandemie neu konzipiert und müssen noch entsprechend optimiert werden, während Übungen und Vorlesungen zwar angepasst wurden, aber noch immer auf den jahrelang bewährten Konzepten basieren. Zum Beispiel ist die Abstimmung zwischen Vorlesung und Praktikum noch zu verbessern. Dieser Erklärungsansatz wird durch Kommentare im Freitextfeld am Ende des Fragebogens gestützt.

Bewertung der Vorlesungselemente

Im Fragenblock 1 wurden die Studierenden befragt, wie wirksam die verschiedenen Elemente wie beispielsweise Mitschreiben oder Anschrieb durch die Lehrperson für ihren Lernprozess waren. Die nachfolgende Grafik

(Abbildung 6) zeigt Ergebnisse von Studierenden, die mindestens die Hälfte der Vorlesungen besucht haben. Dabei wurden für die Auswertung die Antwortkategorien „1“ und „2“ unter „negativ“ zusammengefasst und „3“ und „4“ unter „positiv“.

Die Elemente wurden überwiegend positiv be-

wertet. Dreiviertel der Befragten schätzten Anschauungsmaterial als hilfreich für das eigene Verstehen ein (höchste Wirksamkeit). 60 % der Befragten bewerteten das Verstehen durch das eigene Mitschreiben positiv (geringste Wirksamkeit). Alle anderen Elemente liegen dazwischen.

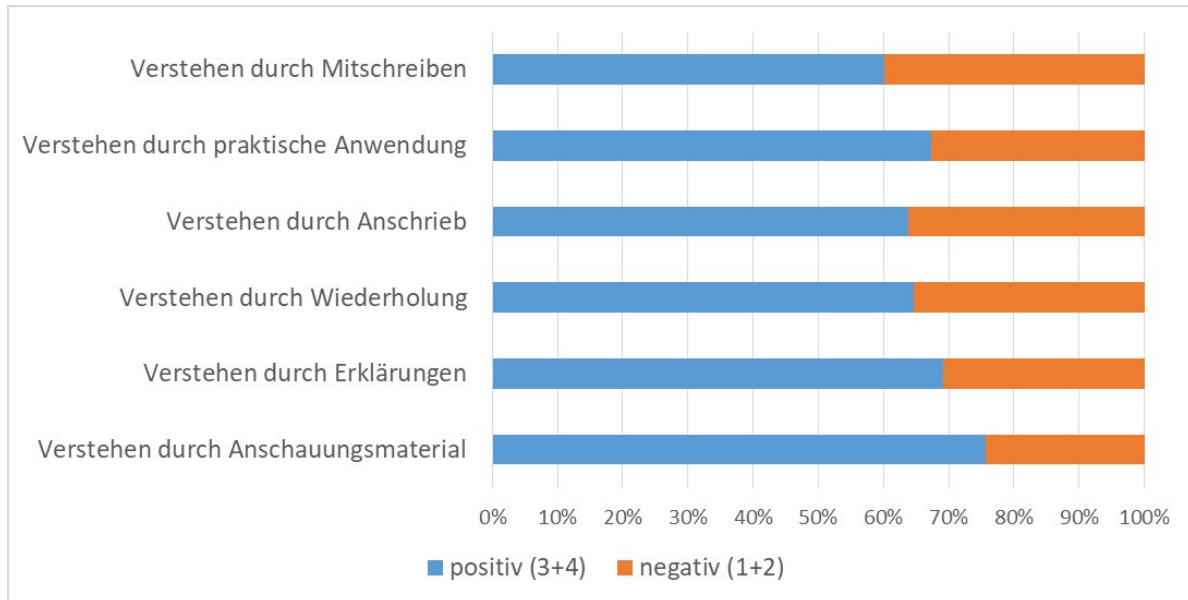


Abbildung 6: Bewertung der Vorlesungselemente.

Bei der Bewertung dieser Ergebnisse ist zu beachten, dass diese Elemente nur im Zusammenspiel wirksam werden und im Grunde nicht allein betrachtet werden können. Möglicherweise konnten die Befragten hier nur schwer zwischen den Wirksamkeiten einzelner Elemente differenzieren. Betrachtet man die Korrelationen (Berechnung der Koeffizienten mit der Excelfunktion KORREL) zwischen ähnlichen Items, erhält man Werte zwischen 0,3 und 0,5.

Die Korrelation beispielsweise zwischen „Die Inhalte habe ich erst richtig verstanden durch Einbindung von Anschauungsmaterialien“ und „Die Inhalte habe ich erst richtig verstanden durch praktische Anwendungen“ beträgt 0,33. Die Korrelation zwischen Anschrieb der Lehrperson und Mitschrift der Studierenden beträgt 0,48. Es liegen folglich Zusammenhänge vor.

Weiterhin wurde zu den Vorlesungselementen abgefragt, welche Elemente dazu beitragen, den Stoff zu festigen. In der Abbildung 7 sind

die Ergebnisse zu den Elementen Wiederholung am Anfang der Stunde und Zwischenabfrage dargestellt.

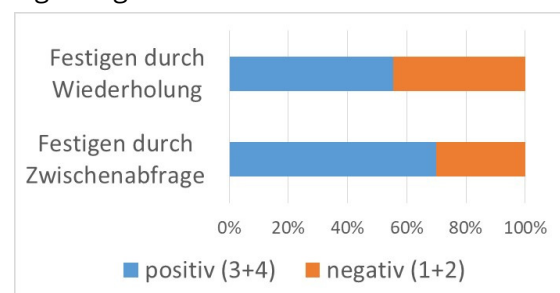


Abbildung 7: Bewertung der Elemente Wiederholung und Zwischenabfrage.

Beides wurde überwiegend positiv bewertet, wobei die Zwischenabfrage besser abgeschnitten hat. Möglicherweise liegt das daran, dass sich die Zwischenabfrage auf den Stoff bezieht, der direkt davor besprochen wurde. Die Wiederholung erfolgte am Anfang der Stunde, der Stoff lag dann eine Woche zurück. Somit dient die Wiederholung am Anfang der Stunde mehr der Reaktivierung als der Festigung. Dies sollte

in einer nachfolgenden Befragung stärker expliziert werden.

Interessant zur Einschätzung der Vorlesungselemente ist ein Vergleich zwischen den Gruppen nicht-deutscher und deutscher Studierender. Dazu wurden die Mittelwerte der Gruppen zu den einzelnen Elementen verglichen (Abbildung 8).

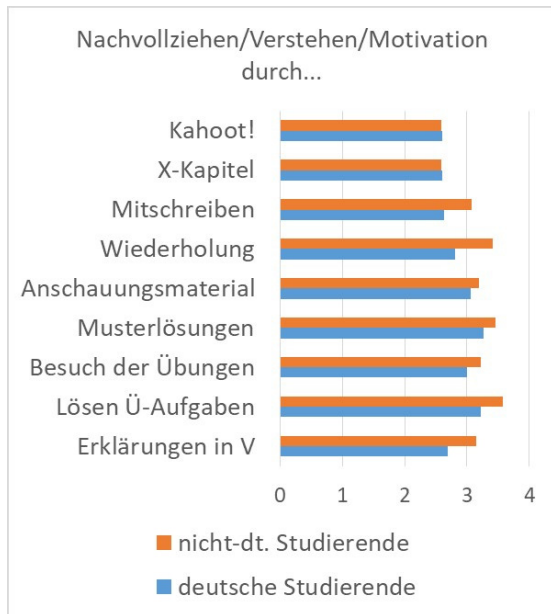


Abbildung 8: Vergleich der Bewertung von Vorlesungselementen.

Außer bei den Elementen Kahoot! und X-Kapitel bewerteten die nicht-deutschen Studierenden die Elemente mit 0,1 bis 0,6 Punkten besser als die deutschen Studierenden. Dies kann als Tendenz gewertet werden, einzelne Elemente besser zu bewerten. Einschränkend sei hier nochmal auf die geringe Gruppengröße der nicht-deutschen Studierenden hingewiesen.

Bewertung der Übungen

Zu den Übungen wurden die Studierenden befragt, wie hilfreich die Elemente waren, um die fachlichen Zusammenhänge nachvollziehen zu können. Aus Abbildung 9 ist ersichtlich, dass das Lösen von Übungsaufgaben und die Musterlösungen zu den Übungen von über 80 % der Befragten positiv bewertet wurde und der Besuch der Übungen von knapp dreiviertel der Befragten. Möglicherweise ist der Grund für die unterschiedliche Bewertung die schwankende Qualität der Übungen, je nach übergleitender Person. Diese These wird gestützt durch die etwas größere Streuung der Antworten als bei den anderen Elementen.

Bevorzugte Varianten

Die Studierenden wurden gefragt, welche Variante der Umsetzung der Vorlesung sie persönlich bevorzugen. Sie hatten bei jeder Variante

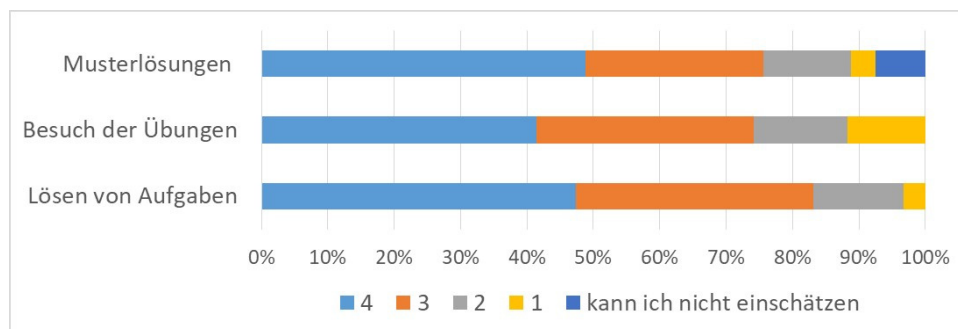


Abbildung 9: Vergleich der Bewertung von Übungselementen.

die Möglichkeit, eine der folgenden Antwortkategorien auszuwählen: „ja“, „nein“ und „kann ich nicht einschätzen“. Die Ergebnisse sind in Abbildung 10 dargestellt.

Über 80 % der Befragten stimmten für eine Vorlesung in Präsenz und ebenfalls über 80 % für die Hybrid-Variante, also einer Vorlesung in Präsenz mit der Möglichkeit, online teilzunehmen.

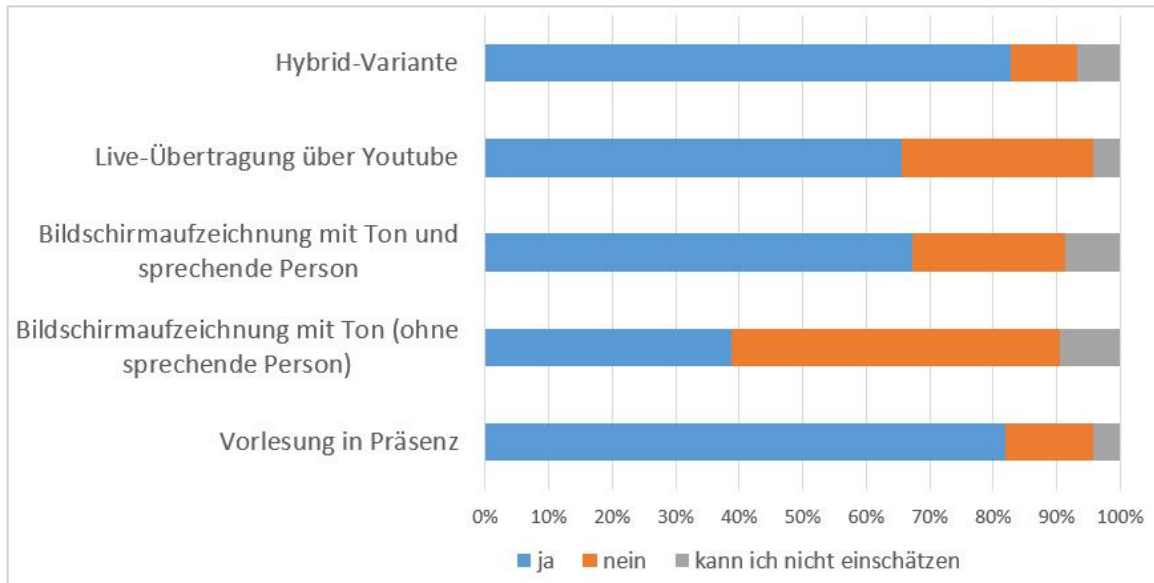


Abbildung 10: Bevorzugte Variante der Vorlesung.

Die Korrelation dieser beiden Varianten ist kleiner als 0,1. Es besteht also kein signifikanter Zusammenhang zwischen diesen beiden Varianten. 65 % der Befragten befürworteten die Live-Übertragung über YouTube, die Bildschirmaufzeichnung mit Ton und sprechender Person von 67 % der Befragten. Die Mehrheit der Befragten (61 %) lehnte eine Bildschirmaufzeichnung mit Ton, aber ohne sprechende Person, ab. Es gibt folglich eine deutliche Bevorzugung von Vorlesungen in Präsenz.

Weiterhin wurde gefragt, welche Variante der Abfrage mit Kahoot! bevorzugt wird. Die Studierenden hatten die Möglichkeit, zu jeder Variante mit „ja“, „nein“, „gar nicht“ oder „Sonstiges“ zu antworten. Die Ergebnisse in Abbildung 11 zeigen, dass die Befragten die Abfrage in der Mitte der Vorlesung eindeutig favorisieren. Die Ergebnisse „gar nicht“ und „Sonstiges“ wurden in der Abbildung weggelassen (in Summe drei Personen).

Die Studierenden wurden im Fragenblock 2 danach befragt, welche anderen Möglichkeiten sie neben dem Lehr-Lernangebot zum Modul Mess- und Automatisierungstechnik nutzen, um im Lernprozess voranzukommen. Die nachfolgende Grafik (Abbildung 12) zeigt, dass

Gespräche mit Kommilitonen sowie Gespräche im Freundeskreis weitaus häufiger genutzt wurden als Unterlagen anderer Studierender, Tutorials oder Lehrbücher. Ein Vergleich der Wirksamkeit dieser Elemente gegenüber dem Lehr-Lernangebot zum Modul kann mit diesen Ergebnissen allerdings nicht gezogen werden.

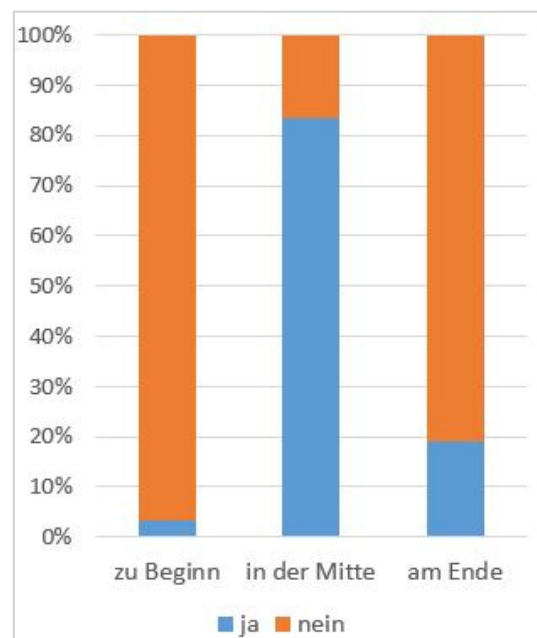


Abbildung 11: Bevorzugte Variante bei der Zwischenabfrage mit Kahoot!

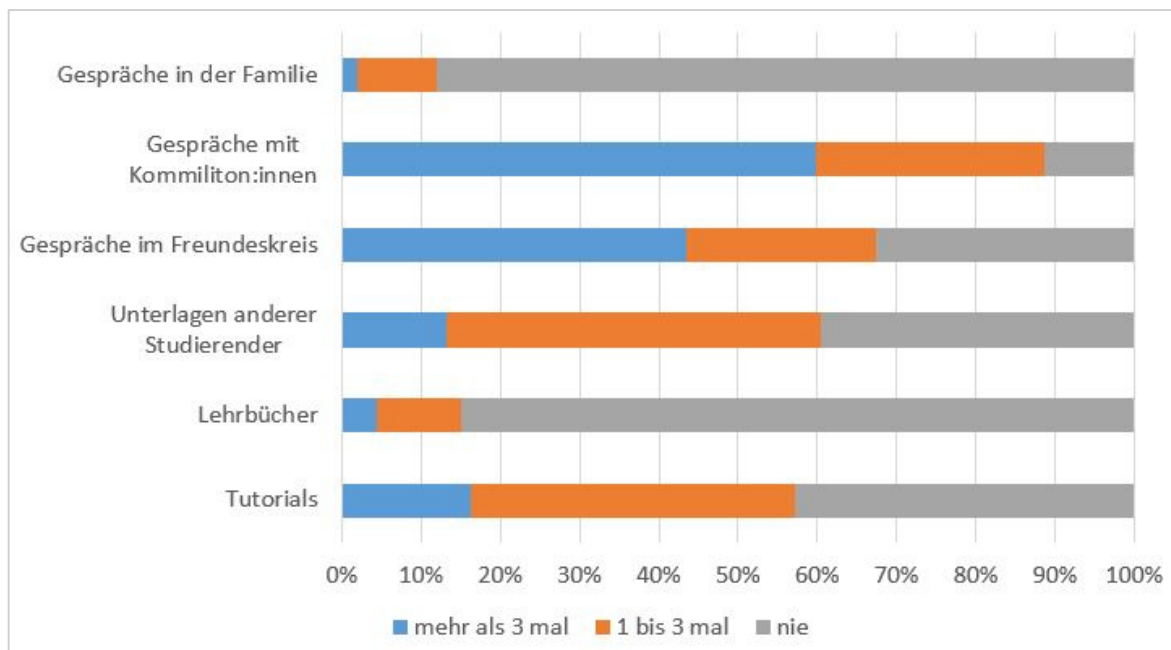


Abbildung 12: Nutzung anderer Lernmöglichkeiten.

5. Zusammenfassung und Interpretation der Ergebnisse

Knapp 90 % der Befragten nutzen mindestens die Hälfte der **Vorlesungen** und rund die Hälfte der Befragten vier oder mehr Übungen. 20 % der Befragten haben keine Übungen besucht. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass die Studierenden den Besuch der Vorlesung für sinnvoll erachten, der Besuch der Übungen scheint für einige weniger sinnvoll bzw. hilfreich zu sein. Bei der Gesamteinschätzung der Lehr-Lernangebote schneiden jedoch die Übungen am besten ab. Betrachtet man die Bewertung einzelner Elemente bei den Übungen, wird deutlich, dass die Übungsaufgaben und Musterlösungen als sehr wirksam eingeschätzt werden, der Besuch der Übungen als weniger wirksam. Daraus kann abgeleitet werden, dass die Qualität der Übungen hinsichtlich ihrer Wirksamkeit auf den Lernprozess verbessert werden kann.

Auch wenn die Vorlesungen weniger gut abschneiden als die Übungen, heißt das möglicherweise nicht, dass sie verbessert werden sollten. Der Grund kann auch in der didaktischen Funktion liegen. Die Praktika hingegen sollten angepasst werden, was bereits von den Lehrenden vor der Befragung benannt wurde und was die Kommentare im Freitextfeld belegen.

Die **Videos** zu den Vorlesungen wurden nicht von allen als wirkungsvoll angesehen und genutzt. Allerdings hat sich gezeigt, dass sie von der Gruppe der nicht-deutschen Studierenden häufiger genutzt wurden.

Das Lösen von **Übungsaufgaben** und die Musterlösungen zu den Übungen wurden von über 80 % der Befragten positiv bewertet. Sie haben damit das höchste Ergebnis bei der Bewertung von Lehr-Lernangeboten und Elementen erreicht. Aufgaben selbstständig zu lösen, wird von den Studierenden folglich als sehr wirkungsvoll wahrgenommen. Der positive Effekt von Übungen auf den Lernprozess könnte noch unterstützt worden sein durch die Musterlösungen, indem sie bei Nicht-Weiterkommen in Übungsaufgaben hilfreiche Hinweise gegeben haben und damit Frustrationen vorbeugten. Dies könnte in einer späteren Untersuchung expliziert werden.

Über 80 % der Befragten stimmten für eine **Vorlesung in Präsenz** und ebenfalls 80 % für die Hybrid-Variante, also eine Vorlesung in Präsenz mit der Möglichkeit, online teilzunehmen. Die Studierenden favorisieren demnach eindeutig Präsenzveranstaltungen. Ebenso eindeutig ist der Favorit der Zwischenabfrage in der Mitte der Vorlesung.

Überprüfung des Fragebogens

Dazu wurden folgende Punkte untersucht:

Bei Angabe, dass keine Vorlesung besucht und kein Video geschaut wurde (trifft auf eine befragte Person zu), hätte bei den Einschätzungen zu den Elementen der Vorlesung die Antwortkategorie „kann ich nicht einschätzen“ ausgewählt werden müssen. Die Überprüfung hat ergeben, dass alle Antwortkategorien angekreuzt wurden. Um das Falsch-Ankreuzen zu umgehen, wäre es sinnvoll, vor der Einschätzung der einzelnen Elemente die Nutzung von Lehr-Lernangeboten abzufragen und bei Nicht-Nutzung von Vorlesungen und Videos die Einschätzung zu den Vorlesungselementen zu überspringen.

Bei der Angabe, dass keine Vorlesungsvideos genutzt wurden, wurden folgende Items überprüft:

„Die Inhalte habe ich erst richtig verstanden durch die Vorlesungsvideos.“

„Ich konnte die Zusammenhänge nachvollziehen durch die Vorlesungsvideos.“

Beim ersten Item wurden von 60 % der Befragten die Antwortkategorien „1“ bis „4“ genutzt, beim zweiten Item von 51 %. Das spricht dafür, dass hier zufällig angekreuzt wurde. Verringern lässt sich dieses Problem möglicherweise durch Reduktion der Item-Anzahl und durch klarere Formulierungen, die von den Studierenden sofort verstanden werden.

Des Weiteren wurde die Korrelation zwischen zwei Items untersucht, die auf denselben Inhalt abzielen.

„Ich konnte die Zusammenhänge nachvollziehen durch die Erklärungen in den Vorlesungen.“

„Die Inhalte habe ich erst richtig verstanden durch die Erklärungen in den Vorlesungen.“

Der Vergleich wurde für die gesamte Gruppe, für die Gruppe der deutschen Studierenden und für die nicht-deutschen Studierenden gezogen, mit folgendem Ergebnis:

Gruppe:	gesamt	Nicht-deutsch	deutsch
Korrelationskoeffizient	0,65	0,78	0,59

Der Gesamtwert von 0,65 zeigt durchaus eine Korrelation an, allerdings nicht in dem Maße, wie es bei gleicher inhaltlicher Bedeutung zu erwarten wäre. Das spricht dafür, dass die Items nicht eindeutig auf den Inhalt referenzieren, zumindest für die Gruppe der deutschen Studierenden. Sie scheinen also die beiden Items stärker inhaltlich zu differenzieren als die nicht-deutschen Studierenden. Eine andere Erklärung wäre, dass sie eher zufällig einen Wert ankreuzten und damit weniger gewissenhaft als die nicht-deutschen Studierenden wären. Um hier eindeutiger Ergebnisse zu erhalten, müssten die Items so formuliert werden, dass sie tatsächlich keine unterschiedliche Deutung zulassen.

6. Fazit und Ausblick

Eine Evaluation von Lehre in Richtung Wirksamkeit von einzelnen Lehr-Lernangeboten und Elementen ist eine gute Basis, um Lehre konkret weiterzuentwickeln. Diese hier vorgestellte Evaluation wurde im Sommersemester 2022 das erste Mal durchgeführt. Erste Erkenntnisse konnten daraus gezogen werden. Allerdings sind gesicherte Aussagen in der Breite der Befragung erst dann ableitbar, wenn sie mehrfach durchgeführt wurde und ggf. in anderen Modulen Anwendung gefunden hat. Im Folgenden wird ein Fazit aus den Erkenntnissen für die Lehrkonzepte gezogen und im Anschluss ein Ausblick über weitere Evaluationen gegeben.

Fazit für das Lehrkonzept des Moduls Mess- und Automatisierungstechnik

Um die Besuchszahlen von **Übungen** zu erhöhen, kann es hilfreich sein, die Übungsleitenden zu schulen und damit die Qualität zu verbessern und zu sichern. Dabei sollten die Übungsleitenden lernen, wie sie stärker studierendenorientiert arbeiten können, so dass reines Vorrechnen in den Übungen vermieden wird und die Übungen mehr beratenden Charakter erhalten.

Weiterhin sollten **Vorlesungsvideos** bereitgestellt werden, um die Möglichkeit zu geben, Vorlesungsinhalte zu wiederholen bzw. als Ersatz für die Vorlesung zu nutzen, wenn ein Besuch in Präsenz nicht möglich ist.

Um den positiven Effekt von Übungsaufgaben auch in der **Vorlesung** zu nutzen, könnten bereits da kleinere Übungsaufgaben integriert werden, die selbstständig von den Studierenden gelöst werden müssten. Damit ließe sich die Aktivität der Studierenden erhöhen und der Prozess des reinen Zuhörens und Mitschreibens unterbrechen – ähnlich wie in der Zwischenabfrage. Damit kann die Aufmerksamkeit der Studierenden besser aufrechterhalten werden. Auch die Verknüpfung von Vorlesung und Übung kann damit leichter gestaltet werden.

Veranstaltungen sollten möglichst **in Präsenz** angeboten werden. Eine zusätzliche Online-Teilnahme kann für Personen mit Einschränkungen sehr nützlich sein, wird aber den Besuch in Präsenz nicht vollständig ersetzen.

Bei der Auswertung der **Evaluation** ist deutlich geworden, dass der Fragebogen für die nächste Evaluationsrunde nach folgenden Punkten angepasst werden sollte:

- Klar formulierte und gut unterscheidbare Items,
- Weniger Items,
- Keine Bewertung von Lehr-Lernangeboten, die nicht genutzt wurden,
- Präzisierung bei einzelnen Elementen, zum Beispiel: Wie wurden Musterlösungen genutzt?
- Möglicherweise mehrere Befragungen im Verlauf des Semesters,
- Einbezug von Ergebnissen aus Selbsttests, die im Laufe des Semesters angeboten werden.

Trotz der Anpassungen sollten Items, die eindeutige Ergebnisse geliefert haben, beibehalten werden. Auch bei der Weiterentwicklung von Items ist es für die Vergleichbarkeit nützlich, in einander überführbare Skalen zu nutzen. Somit können durch Vergleich mit der bereits vorliegenden Evaluation Entwicklungstendenzen in der Lehre sichtbar werden. Außerdem gehen die langfristigen Bestrebungen, wie bereits in der Einleitung erwähnt, dahin, dass andere Module in der Fakultät Maschinenwesen der TU Dresden und darüber hinaus (fachlich und universitär) in ähnlicher Form durchgeführt und gemeinsame Auswertungen vorgenommen werden. Auf dieser Basis lässt

sich perspektivisch fachübergreifend und fundiert über die Wirksamkeit von Lehre diskutieren – ganz besonders auch in Hinblick auf die Digitalisierung bzw. Teildigitalisierung von Lehrveranstaltungen

Danksagung

Unser Dank gilt den Studierenden des Moduls Mess- und Automatisierungstechnik, die an der Befragung teilgenommen sowie allen Lehrenden, die die Evaluation unterstützt und ermöglicht haben. Namentlich sei hier Dr. Adrian Lange genannt.

Literatur

- [1] Studienordnung für Maschinenbau https://www.verw.tu-dresden.de/Amtbek/PDF-Dateien/2019-10/01_13soDM17.05.2019.pdf
- [2] Limesurvey-Umfragetool <https://bildungsportal.sachsen.de/umfragen/>
- [3] <https://kahoot.it/>
- [4] Wermann, C. (2022): Entwicklung und Auswertung der Evaluation von Praktika@home. In: Lessons Learned Journal.
- [5] Stockmann, R. (Hrsg.) (2007): Handbuch zur Evaluation. Eine praktische Handlungsanleitung. Sozialwissenschaftliche Evaluationsforschung, Band 6. Münster: Waxmann Verlag GmbH.
- [6] Porst, Rolf (2009): Fragebogen. Ein Arbeitsbuch. 2. Aufl. Studienskripten zur Soziologie.



Das Kompetenzatelier als agiles Lehrformat – Biomechanik-Projektarbeit bis zum Prototyp

B. Kruppke^{1*}, S. Apelt¹, C. E. Hartwig², A. Koch², J. Mai²,
A. L. Schumann², T. J. Ulbricht², M. Ullmann², H.-P. Wiesmann¹

¹ Professur Biomaterialien, Institut für Werkstoffwissenschaft, Fakultät Maschinenwesen, TU Dresden

² Studierende des Moduls Kompetenzatelier: Biomechanik agil mit Scrum in alphabetischer Reihenfolge

Abstract

Um den Campus im Zeitalter von digitalen und hybriden Lehrveranstaltungen wieder attraktiv zu machen, wird ein agiles Lehrformat vorgestellt, das die kooperative Problembewältigung durch projektbasiertes Lernen und agiles Projektmanagement ins Zentrum stellt. Hierzu werden zunächst allgemein die Elemente agilen Projektmanagements vorgestellt und anschließend die Übertragung auf den Lehrkontext erläutert. Zur weiteren Verdeutlichung des Ablaufs und des Zusammenspiels der Gruppenmitglieder wird am konkreten Beispiel des Moduls *Kompetenzatelier: Biomechanik agil mit Scrum* die Durchführung beschrieben und das schrittweise Erstellen eines Demonstrators durch die Studierenden gezeigt. Abschließend wird die Evaluation des Kompetenzateliers zur Identifizierung von allgemeinen Stärken und Schwächen genutzt. Dabei wird besonders auf die agile Reaktion der Studierenden auf geplante und ungeplante „Störelemente“ eingegangen. Das Kompetenzatelier bietet für Lehrende kleiner Studiengänge und Gruppen eine Anregung zur innovativen und kreativen Auseinandersetzung mit einem agilen Projektmanagement und fördert die Selbstmotivation zum Lernen durch eine unmittelbare praktische Anwendung.

To make the campus attractive again in the time of digital and hybrid teaching, an agile teaching format is presented that focuses on cooperative problem solving through project-based learning and agile project management. Therefore, the elements of agile project management are first presented in general and then transferred to the teaching context. For further clarification of the process and to show the cooperation of the group members, the actual example of the module *Competence Atelier: Biomechanics agile with Scrum*, is described including the step-by-step creation of a demonstrator by the students. Finally, the evaluation of the competence atelier is used to identify general strengths and weaknesses. In particular, the agile reaction of the students to planned and unplanned "disruptive elements" will be addressed. The competence atelier offers teachers of small courses and groups a stimulus for innovative and creative engagement with agile project management and supports self-motivated learning through immediate practical application.

*Corresponding author: Benjamin.Kruppke@tu-dresden.de

1. Einleitung

Mit der Etablierung von digitalen und hybriden Lehrveranstaltungen geht die Frage einher, welche Notwendigkeit und welchen Wert die Präsenzlehre besitzt. Die Erfahrungen aus der Zeit der Corona-Pandemie haben deutlich gezeigt, dass die Präsenzlehre nicht nur für das Zusammengehörigkeitsgefühl der Studierende entscheidende Vorteile hat, sondern auch praktische Lehrformate im universitären Kontext einen hohen Stellenwert genießen. Es stellt sich die Frage, wie dieser Mehrwert von Präsenzlehre gegebenenfalls gesteigert und den Studierenden verdeutlicht werden kann.

Dieser Aufgabe widmeten sich die Lehrverantwortlichen der Professur für Biomaterialien der Technischen Universität Dresden, um nicht einfach nach der Distanzlehre im Zuge der Corona-Pandemie dem Weg zurück zu lang tradierten Lehrformaten zu folgen. Im Zentrum steht deshalb vor allem die Weiterführung der neu etablierten digitalen Techniken und Feedbackformate, die Nutzung von aufwendig erstellten Lehrvideos der digitalen und hybriden Semester und die Einbindung dieser Elemente in ein neues Lehrveranstaltungs-konzept.

Im Lehrbetrieb der Professur Biomaterialien wurden während der Corona-Semester viele digitale und hybride Vorlesungs- und Seminarformate und auch Praktikumsveranstaltungen mit digitalen Kommunikationsmitteln und Lab@Home-Ansätzen umgesetzt. Diese (Experimental-)Vorlesungen, Seminare und Praktika fanden als synchrone und asynchrone Online- sowie Hybridveranstaltungen statt [1,2]. Besonders zeigte sich die Bedeutung praktischer Ausbildungselemente und der hohe Stellenwert des gemeinsamen Lernens der Studierenden – unter Begleitung der Lehrenden – im Zuge dieser herausfordernden Zeit.

Um Studierenden wieder die Werte und Wichtigkeit der Präsenzlehre zu verdeutlichen, wurden 3 Lehrveranstaltungen neu konzipiert. Im Mittelpunkt dieser sogenannten „Kompetenzateliers“ steht das gemeinsame Erarbeiten eines Prototyps beziehungsweise eines Demonstrators in Form eines Produktes zur Lösung einer lebens- oder arbeitsnahen Fragestellung. Die jeweilige Fragestellung orientiert sich hierbei an den Fachinhalten, die sich von

der *Biomechanik, der Qualitätssicherung und Statistik bis zu Nachhaltigen Werkstoffen* erstrecken. Es ist das Ziel das vollständige Spektrum der Methoden-, Fach-, Selbst- und Sozialkompetenz bei den Studierenden zu aktivieren.

Die Entwicklung des *Kompetenzateliers: Biomechanik agil mit Scrum* für Studierende im 8. Semester des Studienganges Werkstoffwissenschaft basierte vor allem auf den Erfahrungen mit der Lernwerkstatt *Biomechanik im Alltag* (2. Semester). Dieses wurde in der Zeit der Corona-Pandemie zu einem synchron-digitalen Praktikum mit asynchronen Aktivitätsphasen weiterentwickelt [3]. Dabei standen die Förderung der Selbst- und Methodenkompetenz im Mittelpunkt.

Im folgenden Kapitel wird zunächst das agile Projektmanagement, wie es z.B. im Bereich der Softwareentwicklung mit dem Scrum-Rahmenwerk etabliert ist, erläutert. Anschließend wird die Übertragung auf ein universitäres Lehrformat beschrieben. Da der Ablauf, die personenbezogenen Rollen und die Lehrelemente (Artefakte) von klassischen Lehrformaten, wie Vorlesung, Seminar und Praktikum abweichen, wird im Folgenden der Begriff Kompetenzatelier verwendet.

Abschließend folgt ein Kapitel zur konkreten Durchführung des Kompetenzateliers am Beispiel: *Biomechanik agil mit Scrum*. Die Evaluation und das studentische Feedback zu diesem Beispiel dienen der Einschätzung des neuen Lehrformats.

2. Agiles Projektmanagement

Das agile Zeit- und Projektmanagement in Anlehnung an Scrum nach Ken Schwaber und Jeff Sutherland folgt einem strengen aber universellen Regelwerk, das längst nicht mehr auf die ursprünglich adressierte Softwareentwicklung beschränkt ist [4]. Agile Methoden sind durch einen iterativen Entwicklungsprozess gekennzeichnet. Statt einen umfangreichen Aufgabenkatalog abzuarbeiten, um ein Produkt zu entwickeln, werden kleine Iterationsstufen in Demonstratoren umgesetzt, um frühzeitig eine Rückmeldung von Teammitgliedern und Auftraggeber:innen einzuholen. Auf sich ändernde Anforderungen kann somit schnell und flexibel – also agil – reagiert werden.

Die Verwendung agiler Projektmanagementmethoden im Rahmen einer Hochschullehrveranstaltung dient der praxisorientierten Vermittlung von Fachinhalten unter Nutzung der weit verbreiteten Arbeitsweisen von Teams und Arbeitsgruppen in vielen Unternehmen [5]. Hervorzuheben sind die drei zentralen Aspekte, die Rollen, die Ereignisse und die Artefakte, denen im Kapitel 3 ihre Entsprechung im Lehrkontext zugeordnet wird.

Allgemein gilt, dass der organisatorische Rahmen von Scrum die Rollen eines Product Owners, eines Scrum Masters und der Developer (Entwickler:innen) für ein Team von max. 10 Personen festlegt. Eine Funktionserläuterung erfolgt im Kapitel 3, welches die Übertragung auf die Lehrveranstaltung beschreibt. Der zeitliche Ablauf eines Projektes nach Scrum ist in sogenannte Sprints unterteilt, die wiederum in eine Sprintplanungssitzung, tägliche Treffen (Daily Scrum), der eigentlichen Arbeitsphase, einem Sprint Review und einer Sprint Retrospektive untergliedert sind. Das Zusammenspiel der Scrum Elemente ist schematische in Abb. 1 zusammengefasst.

Pro Sprint werden einzelne Inkremente oder Prototypen eines fertigen Produktes entwickelt, wobei mit der Zeit die Komplexität des Produktes steigt. Zur Gruppenorganisation und Dokumentation dienen die sogenannten Artefakte. Hierzu gehört der Product Backlog als

priorisierte Liste der zu bearbeitenden Inkremente, um möglichst rasch ein Produkt mit den wichtigsten Anforderungen zu generieren. Der Product Backlog orientiert sich stets am Ziel des gesamten Projektes, also den Wünschen und Anforderungen der Kund:innen oder der späteren Nutzer:innen. Im Sinne einer agilen Projektbearbeitung wird dieser Backlog stets einem Refinement unterzogen und es erfolgen Aufwands- und Risikoabschätzungen für die Priorisierung der einzelnen Inkremente. Für die einzelnen Sprints gibt es jeweils einen Sprint Backlog, ebenfalls eine priorisierte Liste an Aufgaben, die bis zum Erreichen der jeweiligen „Definition of Done“ abgearbeitet werden. Während des Sprints arbeiten die Entwickler:innen (Developer) die einzelnen Arbeitsschritte (Items) ab.

Das bereits erwähnte Produktinkrement stellt eine abgegrenzte (Teil-)Kompetenz oder einzelne Funktionalität des finalen Produkts dar. Diese ist jeweils innerhalb eines Sprints vom Team zu generieren und sollte in seiner Funktionalität testbar sein. Erst dann ist die „Definition of Done“ erfüllt.

Diese zunächst abstrakte Beschreibung der Projektbearbeitung mit Scrum wird im Folgenden auf eine konkrete Lehrveranstaltung übertragen und daraus das verallgemeinerte Lehrformat „Kompetenzatelier“ abgeleitet.

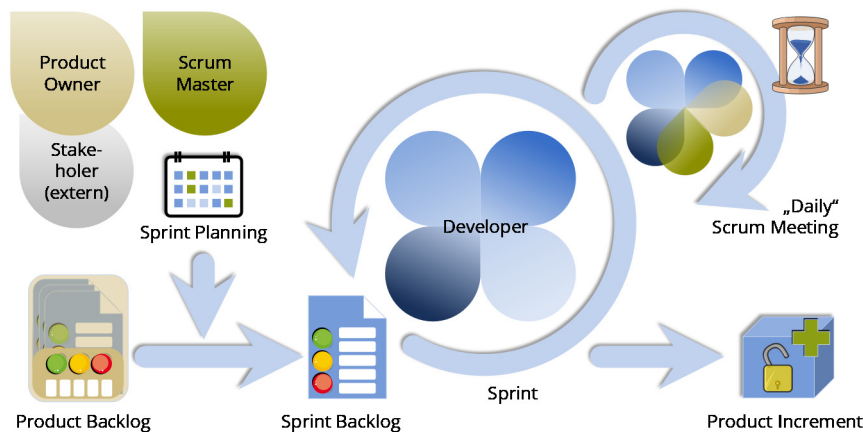


Abb. 1: Schematische Darstellung des Projektmanagement-Arbeitszyklus nach Scrum

3. Agil mit Scrum in der Hochschullehre - Das Kompetenzatelier

Im neuen Lehrveranstaltungsformat der Kompetenzateliers wird die kooperative Problembewältigung und Projektbearbeitung in den

Mittelpunkt gerückt. Um den Studierenden das gemeinsame Arbeiten möglichst effizient zu ermöglichen, werden sie in den Kompetenzateliers zunächst mit dem agilen Projektmanagement (in Anlehnung an Scrum [4], Abb. 1) vertraut gemacht. Durch die unmittelbare

Anwendung der agilen Methode verinnerlichen sie die Rollen (Scrum Master, Product Owner, Entwicklerteam), Ereignisse und Artefakte durch eigenes Erleben.

Das allgemeine Scrum-Regelwerk wurde auf die Randbedingungen der Universitätslehre (Wochenrhythmus, Doppelstunden, Gruppengrößen, Rollenzuordnung, etc.) angepasst (Tab. 1). Das Kompetenzatelier ist mit der hier beschriebenen Planung für Lehrveranstaltung

mit 4 Semesterwochenstunden à 45 min (2 Doppelstunden) und bis zu 12 Studierenden in einem Raum durchführbar. Für bis zu 24 Studierende lässt sich das Kompetenzatelier mit zwei Räumen oder einem Größeren umsetzen. Da die Lehrperson in stellvertretender Funktion des Scrum Masters nicht an den „Daily“ Scrums von zwei Gruppen teilnehmen kann, ist in diesem Fall ein Versatz von ca. 20 min (vor allem im ersten Sprint) ratsam.

Tab. 1: Semesterablauf für eine Lehrveranstaltung mit 4 Semesterwochenstunden à 45 min (2 Doppelstunden) mit farblicher Kennzeichnung der 3 Sprints. Das „Daily“ findet im Gegensatz zum Scrum-Rahmenwerk nicht täglich sondern wöchentlich, jeweils zu Beginn eines Präsenztermins als Präsenz- bzw. Hybridveranstaltung statt.

Woche	Dauer / min	Inhalt des Kompetenzateliers	Lerneinheiten
1	90	Thematische Einführung (im aktuellen Beispiel: Biomechanik)	Digitale Kurzvideos, Übungen, Quizze als 10-30 min selbsterlernheiten, dauerhaft verfügbar und individuell abrufbar über Videocampus Sachsen bzw. Opal
	90	Einführungsveranstaltung zur Projektmanagementmethode Scrum, (Gruppeneinteilung)	
2	30	Rollenverteilung (in den Gruppen)	
	60	Treffen mit den Stakeholdern bzw. Entwicklungsauftrag, Anforderungsprofil festlegen	
	30	Erstellung des Product Backlogs	
	30+30	Planung Sprint 1 , Erstellung Sprint Backlog; Sprint 1	
3	15+75	„Daily“; Sprint 1	
	90	Sprint 1, Backlog Refinement	
4	15+75	„Daily“; Sprint 1 Review	
	15+75	„Daily“; Sprint 1 Retrospektive und Abgabe 1. Protokollsammlung (bis zum nächsten Termin)	
5	15+75	„Daily“; Planung Sprint 2 , Erstellung Sprint Backlog	
	90	Sprint 2	
6		(vorlesungsfrei)	
7	15+75	„Daily“; Sprint 2	
	90	Sprint 2, Backlog Refinement	
8	15+75	„Daily“; Sprint 2	
	90	Sprint 2, Backlog Refinement	
9		(vorlesungsfrei)	
10	15+75	„Daily“; Sprint 2 Review	
	45	Sprint 2 Retrospektive und Abgabe 2. Protokollsammlung (bis zum nächsten Termin)	
11-14	Σ = 720	Sprint 3 (entsprechend Ablauf VL 5-10) mit Abgabe der 3. Protokollsammlung (bis 1 Woche vor der Prüfung)	
Prüfungszeit		„Daily“; Release: Gruppenprüfungen	

Es ergeben sich die im Folgenden zusammengefassten Beschreibungen der Rollen und Artefakte im Lehrkontext:

Stakeholder (Modulverantwortliche bzw. Lehrperson, ggf. externe Fachleute als Gäste)

- Kund:innen, Auftraggeber:innen, Nutzer:innen oder Patient:innen, die eine Aufgaben- bzw. Problemstellung „mitbringen“,
- liefern die Aufgabe, die vom Product Owner zum Produktziel umformuliert wird,
- werden während der Sprints durch den Product Owner vertreten,
- bewerten nach jedem Sprint die Inkremente bzw. das finale Produkt,
- Umsetzung in Form von **a)** User Stories als kurze Beschreibungen einzelner Features des gewünschten Produktes oder **b)** Stakeholder Statements als mehrere 1–2-seitige Problembeschreibungen verschiedener (fiktiver) Organisationen und Personen oder **c)** Stakeholder Interviews in Form von Expertengesprächen zur Problembeschreibung und Produktideenfindung.

Product Owner (1 Studierende/r pro Gruppe)

- hat Vision des fertigen Produkts nach Austausch mit Stakeholdern,
- verantwortlich für die finalen Eigenschaften sowie Wirtschaftlichkeit,
- erarbeitet kontinuierlich den Product Backlog, legt Prioritäten, Werte und Risiken der einzelnen Inkremente und Items fest,
- erläutert dem Entwicklerteam die Anforderungen und Produkteigenschaften.

Scrum Master (1 Studierende/r pro Gruppe unterstützt durch 1 Lehrperson)

- verantwortlich für Einhaltung der Scrum-Regeln und Timeboxen,
- hilft den Product Backlog/ Sprint Backlog transparent zu verwalten,
- stellt Techniken zum Gruppenmanagement und für konstruktive Zusammenarbeit bereit,
- moderiert „Daily“ Scrums, Sprint Review, Sprint Retrospektive,
- dokumentiert Projektfortschritt in einer Protokollsammlung (Abgabe nach jedem Sprint als Teil der Bewertungsgrundlage),

- Lehrperson ist für generellere Aspekte verantwortlich (Zugang zu (Labor-)Räumen, Technik, Geräten) und unterstützt beim Finden der Rollen (vor allem im 1. Sprint).

Entwickler/Developer (Studierende, Gruppen <10)

- es gibt keine festen Rollen im Team,
- entwerfen einen Plan für den Sprint und führen den Sprint Backlog,
- schätzen den Aufwand der einzelnen Backlog Items, definieren zusammen mit dem Product Owner die „Definition of Done“ für jedes Inkrement und Item,
- liefern Produktfunktionalitäten mit vom Product Owner gewünschten Prioritäten,
- arbeiten im Sprint (vor Ort oder im Selbststudium) individuell oder in kleinen Teams an den Items.
-

Produktinkrement

- abgegrenzte (Teil-)Kompetenz bzw. einzelne Funktionalität des Produkts,
- muss in einem Sprint vom Entwicklerteam schaffbar sein,
- Funktionalität testbar (Definition of Done).

Item

- einzelner Arbeitsschritts – von einem Entwickler oder kleinem Team umzusetzen,
- sollte nicht länger als 90 min dauern,
- ergeben zusammen ein Produktinkrement oder bilden die Basis dafür,
- beinhaltet auch Erarbeiten von Grundlagen (bereitgestellte Lehrvideos, Übungsunterlagen, Experteninterviews, etc.).

Product

- besteht aus Inkrementen, die während der Sprints entwickelt/umgesetzt wurden,
- jedes Inkrement kann als Demonstrator oder Prototyp ein Produkt (mit eingeschränkter Funktionalität) darstellen,
- weitere Inkremente ergänzen Funktionalitäten entsprechend Priorisierung (*Backlog*).

Product Backlog

- priorisierte Liste der zu bearbeitenden Inkremente als langfristiger Projektplan,

- Aufwands- und Risikoabschätzung,
- vom Product Owner verwaltet und beim Backlog Refinement (1-2 pro Sprint) kontinuierlich verfeinert und verbessert – auch in Zusammenarbeit mit Entwicklern,
- Teil der Bewertungsgrundlage: Abgabe als ca. 10-seitige Zusammenfassung nach jedem Sprintabschluss (Tab. 1).

Sprint Backlog

- von den Entwicklern selbst verwaltet,
- geordnete Liste notwendiger Arbeitsschritte des aktuellen Sprints, inklusive der „Definition of Done“,
- Planung der Bearbeitung eines einzelnen Items (sollte <90 min dauern),
- wird in „ToDo“, „In Progress“ und „Done“ eingeteilt (Grundlage für *Burn-down Chart*).

Sprint

- 3–4-wöchiges Intervall (Tab. 1) zur selbstorganisierten Umsetzung der *Backlog Items*,
- zu Beginn wird bei der Sprint Planung der Sprint Backlog erarbeitet,
- am Ende jedes Sprints wird im Sprint Review ein fertiges Inkrement abgeliefert,
- wird durch die Sprint Retrospektive zur Verbesserung der Zusammenarbeit im Team abgeschlossen.

„Daily“ Scrum (1x pro Woche, max. 15 min)

- Auftakt jedes Treffens, jeder muss zu Wort kommen – auf Aussagen wird nicht eingegangen (nur Status erfassen),

- alle Anwesenden beantworten 3 Fragen:
 - 1) Was geschah seit dem letzten Meeting?
 - 2) Was plane ich bis zum nächsten Meeting?
 - 3) Was hindert mich, dieses Ziel zu erreichen?

4. Konzept des Kompetenzatelier am Beispiel: *Biomechanik agil mit Scrum*

Entsprechend des Semesterablaufs (Tab. 1) erfolgte zu Beginn in zwei hybriden Vorlesungen eine Einführung der Studierenden in die allgemeine Thematik der Biomechanik und das agile Projektmanagement mit Scrum. Die Definitionen der Rollen und Artefakte wurde zusätzlich in weiteren kurzen Lehrsegmenten wiederholt, um den Studierenden nach der Rollenverteilung Anstöße für die Aktionen einzelner Gruppenmitglieder zu geben. Durch die Beteiligung von nur 6 Studierenden war es nicht notwendig mehrere Gruppen zu bilden. Dies war im Voraus ab einer Gruppengröße von mehr als 11 Studierenden vorgesehen.

Der Biomechanikschwerpunkt wurde zum einen durch die bereits existierenden Lehrvideos gewährleistet (24 Videos à 20-80 min, bereitgestellt via Opal/Videocampus Sachsen [6,7]). Dadurch konnten sich die Studierenden entsprechend ihres Informationsbedarfs für ihr Projekt im eigenen Tempo mit den theoretischen biomechanischen Grundlagen auseinandersetzen.

Der Stakeholder Input wurde in Form von sieben 1–2seitigen Statements verschiedener fiktiver Organisationen und Personen vermittelt (Abb. 2).

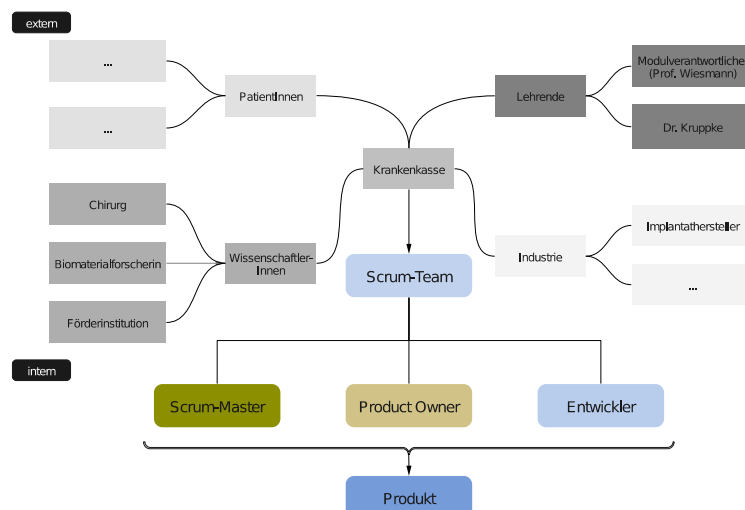


Abb. 2: Übersicht über exemplarische Stakeholder in „Kontakt“ zum Scrum-Team

Die Statements bestanden beispielsweise aus Texten von einer Krankenkasse, die als Auftraggeber ein Produkt für Patient:innen bereitstellen möchte, um aseptischen Lockerungen von Hüftendoprothesen vorzubeugen. Dieser Input wurde durch eine Patientenperspektive zum Ablauf der Rehabilitation nach der Implantation eines künstlichen Hüftgelenks ergänzt. Weiterhin wurden die Perspektiven eines Implantatherstellers, einer Biomaterialforscherin und eines Chirurgen als exemplarische Problembeschreibungen übergeben. Auch der modilverantwortliche Professor hat den Studierenden ein Stakeholder Statement übermittelt, um die Bedeutung der biomechanischen Grundlagen für die Projektbearbeitung und den finalen Demonstrator zu betonen. Aus diesen Statements entwickelten die Studierenden das Produktziel, das der Product Owner wie folgt formuliert: „Im Alltag am Körper des Patienten tragbare Sensoren zur Erkennung von schädlichen Hüftstellungen zur Vermeidung von Implantatlockerung durch Hüftluxation mittels direktem Feedback.“

Darauf basierend wurde das Product Backlog abgeleitet und als Aufgabenliste für die iterative Erarbeitung der Demonstratoren während der Sprints festgehalten. Als schriftliche Dokumentationsplattform der Backlogs und des Projekt-/Sprintfortschritts wurde den Studierenden über eine kostenfreie Lehrlizenz ein Miro-Board zur Verfügung gestellt, das betriebssystemunabhängig zugänglich ist [8]. In Abb. 3 ist der schematische Endzustand nach einem Semester gezeigt. Das Miro-Board enthält in Spalte 1 eine Übersicht der Termine und Notizen der Studierenden. Die Spalte 2 zeigt die Stakeholder und ein Template für die User Stories, welches zu Beginn des Kompetenzateliers vorgegeben wurde. Weiterhin sind in der Spalte 3 die Produktidee, der mit Priorisierung und Aufwandsgewichtung versehene Product Backlog und die Definition of Done für einzelne Inkremente aufgeführt. Die Spalte 4 enthält als Sprint Backlog, einen Burn-down Chart sowie ein Kanban-Board zur transparenten Zuordnung der Aufgaben aller Teammitglieder mit Kennzeichnung des Bearbeitungsstands mit „To do“, „In Progress“ und „Done“.

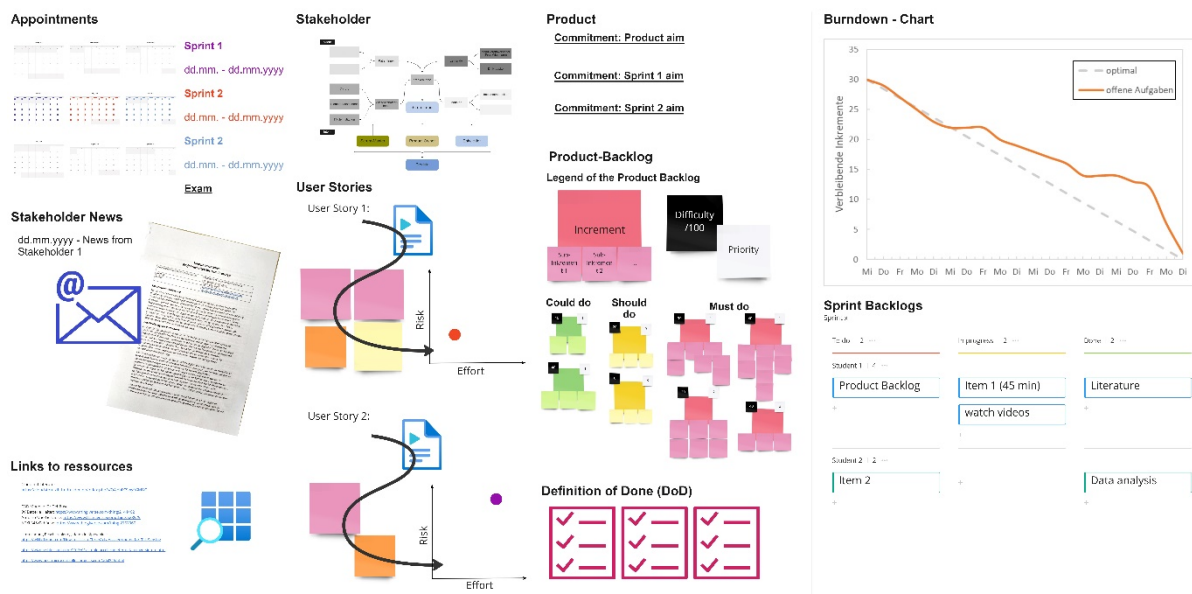


Abb. 3: Das schematische Miro-Board des Scrum-Teams.

Im ersten Sprint entschieden sich die Studierenden die Biomechanik des menschlichen Bewegungsapparats mittels der Bewegungssensoren von Mobiltelefonen (App phyphox® [9,10]) aufzuzeichnen. Hierbei konzentrierten sie sich auf die Messung des Beugungswinkels

zwischen Oberschenkel und Torso zur Identifizierung schädlicher Hüftgelenksauslenkungen im Fall von künstlichen Hüftgelenken.

Es erfolgte eine Vorstellung des Inkrements (erster Demonstrator) im ersten Sprint Review, bei dem die Winkelmessung mittels zweier Mo-

biltelefone und der nachträglichen Berechnung der schädlichen Bewegungsabläufe durchgeführt wurde. Anschließend wurde für den 2. Sprint das Anforderungsprofil geschärft.

Das Scrum-Team zeigte seine Anpassungsfähigkeit im Rahmen der agilen Projektbearbeitung, als zwei neue Geräten zur additiven Fertigung (Filament- und Harz-basierter 3D-Drucker) inklusive der Materialien für den 3D-Druck zur Verfügung gestellt wurden. Darüber hinaus konnten die Studierenden mehrere Arduino-Mikrokontroller mit einer Vielzahl an Sensoren und weiteren elektronischen Komponenten nutzen.

Daraufhin wurde in den nächsten Sprint Backlog die Umsetzung eines Arduino-basierten Systems mit zwei Lagesensoren und die Fertigung der Gehäuse und eines Hüftmodells zur Präsentation der Produktfunktionsweise mittels 3D-Druck (Abb. 4) aufgenommen.

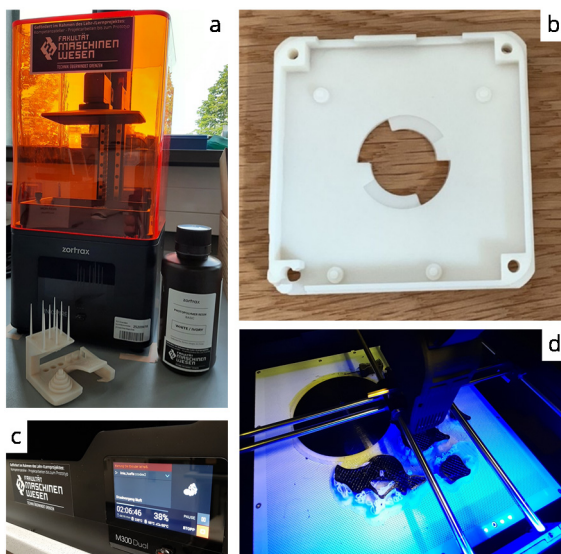


Abb. 4: UV-LCD-Drucker (a) und Gehäuseteil für portablen Prototypen (b), Dual-Filament-Drucker (c) und Druck eines Hüftmodells als Präsentationshilfe (d)

Nach den jeweiligen Sprints erfolgte eine zusammenfassende Darstellung des Projektfortschritts in einem max. 10seitigen Protokoll, welches durch den Scrum Master erstellt wurde. Das Protokoll fasst die Artefakte (Product Backlog und Sprint Backlog) zusammen und gibt den Sprintfortschritt als Burn-down Chart wieder. Zudem ist vorgegeben, in das Protokoll eine retrospektive Betrachtung der Teamarbeit zu integrieren. Hier soll kurz auf

die während der Sprint Retrospektive erarbeiteten (eventuell notwendigen) Maßnahmen zur Verbesserung der Zusammenarbeit und Leistungsfähigkeit des Entwicklerteams eingegangen werden.

Das finale Produkt wurde als *Hip.sense* in Form eines Prototyps (Abb. 5) vorgestellt und seine Funktionsfähigkeit im Rahmen der abschließenden mündlichen Prüfung bewiesen. Es handelt sich um ein Smart Medical Device welches helfen soll, die Anzahl aseptischer Lockerungen von Hüftendoprothesen durch schädliche Bewegungen nach der Implantation zu reduzieren.

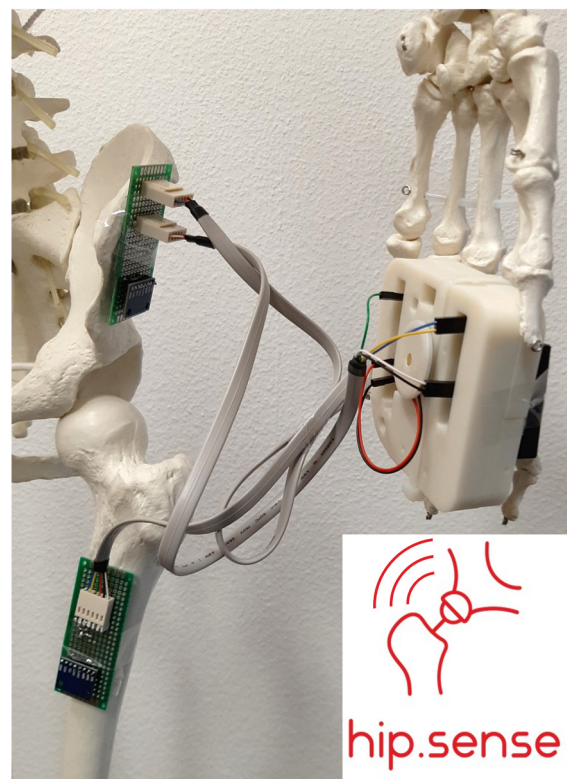


Abb. 5: *Hip.sense* Prototyp an einem Skelettmodell mit zwei Beschleunigungssensoren an Oberschenkel und Hüfte sowie des Arduino-Kontrollers mit Stromversorgung und akustischer Ausgabe.

Mit *Hip.sense* werden die Stellungen des Oberschenkels im Verhältnis zum Oberkörper detektiert und es ertönt ein akustisches Warnsignal zum Vermeiden zu starker Beugungen (beim Hinsetzen, Schuhe binden, etc.).

Der Prototyp erfüllt folgende Anforderungen:

- bezahlbare, gut verfügbare Komponenten,
- erweiterbare Plattform (andere Gelenke und Warnungen bei Bewegungsmustern),

- portable Stromversorgung,
- Potential zur Miniaturisierung (z.B. Fixieren in speziellen Taschen an der Unterwäsche),
- kundenfreundlicher Demonstrator.

5. Evaluationen und studentisches Feedback

Die Evaluation zur Halbzeit des zweiten Sprints ergab eine überwiegend positive Einschätzung des Lehrkonzeptes, der Einführung der agilen Projektarbeit sowie der beteiligten Lehrenden durch die 6 Studierenden (Tab. 2).

Die Kritik am Lehrformat lässt sich wie folgt zusammenfassen:

- Lehrvideos so früh wie möglich zur Verfügung stellen,
- eventuell verfügbare Projektmittel (Geräte, Budget) frühzeitig im Projekt anbieten,
- mehr Stakeholder Input und
- Erwartungshaltung zu Beginn eventuell etwas klarer kommunizieren.

Diese Kritikpunkte greifen unter anderem die nach dem 1. und 2. Sprint übermittelten zusätzlichen Stakeholder Statements auf, die explizit als anregende Elemente vorgesehen waren. Hier zeigte sich der Vorteil agilen Projektmanagements, da die Studierenden mit einer Anpassung ihrer Planung reagieren mussten. Diese „Störelemente“ zum Anstoß der agilen Umstrukturierung führten erwartungsgemäß zu Kritik, wurden aber vorbildlich in das Projekt integriert.

Die ausgewählten studentischen Kommentare lassen weitere Stärken und Verbesserungsfelder des Konzeptes erkennen:

Studierende/r 1:

„Das kreative Konzept zusätzlich zu einer zeitlich kompakten, asynchronen Lehrveranstaltung ein projektbasiertes Praktikum anzubieten, finde ich äußerst gut. Das Konzept ermöglicht zeitliche Flexibilität und freie Schwerpunktsetzung durch die Studierenden. Insgesamt dadurch eine der besten und innovativsten Veranstaltungen im Fachstudium Werkstoffwissenschaft. Bitte weiter an kreativen Vorlesungskonzepten mit integrierten digitalen Lehrformaten arbeiten, um die universitäre Lehre an die Gegebenheiten der aktuellen Zeit anzupassen!“

Studierende/r 2:

„Super Vorlesungskonzept!“

Studierende/r 3:

„Pro:

- *interessantes Konzept mit Integration kompakter asynchroner Lehrinhalte und praktischer Gruppenarbeit (bestes Lehrkonzept mMn)*
- *zeitliche Flexibilität*
- *Zugang zu 3D-Druckern und Mikrokontrollern und Bastlern*

Contra:

- *hoher Aufwand im praktischen Teil*
- *Einführung der Scrum-Methodik und Rollentausch innerhalb der Gruppe sollte evtl. noch überdacht und ggf. angepasst werden*
- *Unklarheit wie manche User-Stories (Werkstoffentwicklung, Endoprothesen mit Lockerungserkennung) tatsächlich praktisch umgesetzt werden sollen?“*

Studierende/r 4:

„Im Vergleich zu anderen Veranstaltungen mehr Aufwand. Wenn das Thema gut ist motiviert es sich tiefergehend damit zu beschäftigen“

Tab. 2: Evaluationsergebnis (Auswahl)

Aussage	trifft völlig zu	trifft über- wiegend zu	teils/ teils	trifft wenig zu	trifft gar nicht zu
Die Lehrenden stellen einen Bezug zwischen Theorie und Praxis her.	66,67 %	33,33 %	0 %	0 %	0 %
Ich empfinde das agile Projektmanagement als Bereicherung in der Lehre.	50 %	33,33 %	16,67 %	0 %	0 %
Ich fühle mich mit den Methoden des agilen Projektmanagements besser auf die berufliche Zukunft vorbereitet.	33,33 %	16,67 %	33,33 %	16,67 %	0 %
Die Praxiselemente sind auf die Lehrinhalte abgestimmt.	16,67 %	83,33 %	0 %	0 %	0 %
Die Praxisaufgabe führt zur Vertiefung der Vorlesungsinhalte und animiert dazu neue Themen zu vertiefen.	33,33 %	50 %	16,67 %	0 %	0 %
Das Kompetenzatelier finde ich gut.	33,33 %	66,67 %	0 %	0 %	0 %

6. „Lesson learned“

Ein essentieller Bestandteil der agilen Kompetenzateliers ist die schrittweise Verbesserung von Prototypen bis zum fertigen Produkt. Nach den einzelnen Arbeitsphasen sollen die Studierenden Sprintprototypen vorweisen können und bekommen hierzu Rückmeldungen von den Kursleitern (Modulverantwortliche und Lehrende) und ggf. externen Stakeholdern. Damit können die Studierenden anschließend ihre Aufgaben und Prioritäten überarbeiten und im nächsten Sprint einen neuen, verbesserten Prototyp fertigen.

Mit diesem Konzept war es möglich, die Studierenden zum gemeinsamen Arbeiten anzuregen und für die Präsenzlehre auf dem Campus neu zu begeistern. Dabei wurden folgende Vor- und Nachteile identifiziert:

- agiles Lehrformat Kompetenzatelier erlaubt Übernahme von erprobten digitalen Elementen (Lehrvideos, Miro-Boards) und Verknüpfung mit Präsenzlehre,
- Projektbezug animiert Studierende zur selbstständigen Erarbeitung von Fachinformationen (zukünftig sind stärkere Anreize durch Experteninterviews vorgesehen),
- Scrum-Team funktioniert auch bei Ausfällen einzelner Mitglieder - agiles reagieren durch Neuordnung der Items,
- Meetings können hybrid (kombinierte Präsenz- und Onlineteilnahme) durchgeführt werden und

- Anreize für Erarbeitung von Fachinhalten durch alle Teammitglieder sollte erhöht werden.

Die Teamarbeit und Fertigung von Prototypen ist nur vor Ort auf dem Campus und *Hands-On* am Gerät möglich. Dies ist unserer Beitrag sowohl den Lehrenden als auch den Studierenden die Bedeutung der wiedergewonnenen Präsenzlehre zu verdeutlichen.

7. Ausblick

Durch die Unterstützung des Lehr-/Lern-Projekts durch die Fakultät Maschinenwesen der TU Dresden konnten die Methoden der additiven Fertigung und der Mikrocontrollerprogrammierung den Studierenden (fast) ohne Einschränkungen zugänglich gemacht werden. Für die Demonstrator- bzw. Prototypenherstellung ergeben sich somit zukünftig deutlich erweiterte Freiheitsgrade und das Kompetenzatelier ist auch für zukünftige Durchläufe hervorragend ausgestattet. Die Studierenden können somit zukünftig in jedem Sprint aber auch von Jahr zu Jahr ganz unterschiedliche und kreative Problemlösungsansätze aus der Praxis der angewandten Biomechanik ausprobieren.

Der universelle Charakter wurde durch die gleichzeitige Einführung dieses neuartigen Lehrformates im Modul *Kompetenzatelier: Qualitätssicherung und Statistik mit Scrum* (ebenfalls

8. Semester) geprüft. Die flexible Übertragbarkeit ist der projektorientierten Ausrichtung der Kompetenzateliers und dem Fokus auf agiles Projekt- und Zeitmanagement zu verdanken.

Zukünftig ist den Studierenden ebenfalls eine Fokussierung auf neue Materialentwicklungen aus dem Bereich der Biomaterialien (abbaubare Polymere) sowie die Verarbeitung von nachhaltigen Werkstoffen (biodegradable Verbundwerkstoffe, recycelte Polymere) möglich. Auch lassen sich die Mikrokontroller auf der Arduino-Plattform mit einem großen Angebot an Sensoren flexibel einsetzen. Es können somit leicht Kennwerte für biomechanische Belastungen im Alltag unmittelbar als Grundlage für die Prototypenfertigung im Rahmen eines studentischen Projekts ermittelt werden. Das Kompetenzatelier als Lehrformat kann somit im konkreten Fall der Biomechanik sehr flexibel an die Gegebenheiten des Lehrstuhls angepasst und in jedem Jahr die Stakeholder und Produktideen variiert werden. Darüber hinaus ist es mit der allgemeinen Basis, die die agile Projektbearbeitung im Kompetenzatelier mit sich bringt, auch in anderen Modulen und Fachbereichen möglich, die Bedeutung der Präsenzlehre und der eigenständigen Projektbearbeitung durch Studierende zu stärken.

Danksagung

Wir bedanken uns für die finanzielle Unterstützung des Lehr-/Lernprojektes „Kompetenzatelier - Projektarbeiten bis zum Prototyp“ aus den Mitteln der Fakultät Maschinenwesen der TU Dresden.

Literatur

- [1] B. Kruppke, Digital Experiments in Higher Education—A “How to” and “How It Went” for an Interactive Experiment Lecture on Dental Materials, *Educ. Sci.* 11 (2021) 190. <https://doi.org/10.3390/educsci11040190>.
- [2] B. Kruppke, Der Mix macht’s – Asynchron, synchron, inverted ... von der Folienvertonung bis zum Experiment, *Lessons Learn.* 1 (2021) 1–12. <https://doi.org/10.25369/ll.v1i1/2.2>.
- [3] B. Kruppke, Promotion of self and methodological competence in the digital biomechanics practical course, *Lessons Learn.* 2 (2022) 1–7. <https://doi.org/https://doi.org/10.25369/ll.v2i1.38>.
- [4] K. Schwaber, J. Sutherland, *Scrum Guide V7*, (2020) 133–152.

- [5] J. Flynn, You Need To Know About Agile Project Management, Zippia.Com. (2022). <https://www.zippia.com/advice/agile-statistics/> (accessed September 29, 2022).
- [6] BPS Bildungsportal Sachsen GmbH, Online Platform for Academic Teaching and Learning (OPAL), (2022). <https://bildungsportal.sachsen.de/opal>.
- [7] BPS Bildungsportal Sachsen GmbH, Videocampus Sachsen, (2022). <https://videocampus.sachsen.de/>.
- [8] RealtimeBoard Inc. dba Miro, A. Khusid, Miro, (2011). <https://miro.com/de/>.
- [9] Phyphox®, RWTH Aachen Univ. (n.d.). <https://phyphox.org/>.
- [10] S. Staacks, S. Hütz, H. Heinke, C. Stampfer, Advanced tools for smartphone-based experiments: phyphox, *Phys. Educ.* 53 (2018) 045009. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/aac05e>.



10 Jahre thermoE - Eine Bilanz der online-basierten Begleitung der Grundlagenvorlesung Thermodynamik

C. Breitkopf

Professur für Thermodynamik, Institut für Energietechnik, Fakultät Maschinenwesen, TU Dresden

Abstract

Thermodynamik ist ein zentrales Fach in der Ausbildung von Maschinenbauern sowohl im Grund- als auch im Fachstudium. Besonders im Grundstudium ergeben sich besondere Herausforderungen: Heterogenität der Vorkenntnisse der Studierenden, hohe Teilnehmerzahlen in der Vorlesung, rigide Modulvorschriften ohne Berücksichtigung von Praktika und begrenzte Anzahl von wissenschaftlichen Assistenten für die Betreuung. Vor diesem Hintergrund wurde seit 2012 eine online-basierte Begleitung der Vorlesung und der Übungen erarbeitet, die mit Stand heute neben der Unterstützung des Selbststudiums durch E-Assessment mit Feedback-Funktion auch virtuelle Praktikumsversuche, ein barrierefreies Vorlesungsskript sowie eine online-Klausur umfassen. Für Studierende, die dieses Angebot konsequent nutzen, ist ein signifikant besserer Abschluss der Klausur zu beobachten. Anhand ausgewählter Beispiele soll hier das mittlerweile auch in allen anderen Vorlesungen der Professur etablierte Vorgehen einer online-basierten und kompetenzorientierten Vorlesungsbegleitung gezeigt werden.

Thermodynamics as basic subject for mechanical engineers faces certain challenges due to the heterogeneity of students, a high number of lecture participants, a rigid syllabus without consideration of practical training as well as a limited number of teaching staff. Therefore, an online-based teaching tool has been developed since 2012, which comprises up to now a feedback-controlled e-assessment, virtual practical courses, a barrier-free lecture script and an online final test. A consequent use of the assessment during the semester by students resulted in improved marks in written exams and less student fail. Some selected examples are presented here, which are representative for the general approach of the chair to provide online-based and skill-oriented lectures using all digitally possible tools.

*Corresponding author: cornelia.breitkopf@tu-dresden.de

1. Motivation

Die Technische Thermodynamik stellt ein zentrales Fach in der Grundlagenausbildung des Maschinenbaus dar und ist aktuell im dritten Semester des Maschinenbau-Curriculums der TU Dresden angesiedelt. In diesem frühen Stadium des Studiums sind meist noch alle Studienanfänger:innen immatrikuliert und verfügen über sehr unterschiedliche Vorkenntnisse. Die Heterogenität der Maschinenbau-Studierenden wird zusätzlich durch die Teilnahme Studierender verschiedener Studienrichtungen, wie Regenerative Energiesysteme, Verfahrenstechnik und Lehramt (verschiedene Fachkombinationen) verstärkt. Damit resultiert eine große Anzahl unterschiedlich motivierter Studierender, die mit einer begrenzten Anzahl wissenschaftlicher Mitarbeiter:innen fachlich betreut werden müssen. Zu dieser fachlichen Betreuung zählen neben der Vorlesung vor allem die wöchentliche Übung und auch die Klausurkontrolle am Ende des Semesters (die aufgrund fehlender rechtlicher Grundlagen bis 2021 nicht online angeboten werden konnte, obwohl es möglich gewesen wäre). Somit besteht ein enormer Betreuungsaufwand während des Semesters in den Übungen und ein sehr hoher Zeitaufwand für die Kontrolle der schriftlichen Klausuren, so dass vor allem zu Semesterende nahezu alle wissenschaftlichen Mitarbeiter für die Kontrolle blockiert sind. Des Weiteren sind in einem durch Creditpoints (und damit verfügbaren Semesterwochenstunden) reglementierten Modulplan sowie durch historisch eingefahrene Strukturen im Studienablauf keine Praktika für die Thermodynamik vorgesehen. Vergleicht man diese Konstellation für die Thermodynamik mit anderen auch ingenieurtechnischen Universitäten, werden Probleme in mehreren Ebenen manifest. Übungsaufgaben, die zumeist aus Rechenaufgaben bestehen, können durch den hohen Kontrollaufwand in dieser Konstellation nicht mehr wöchentlich eingesammelt und individuell kontrolliert werden, was eine zielgerichtete Betreuung ausschließt. Erfahrungen aus einem themengerechten Praktikum können nicht in das Verständnis von Vorlesung und Übung eingebracht werden. Die Vielzahl an wöchentlichen Gruppenübungen mit einer erhöhten Teilnehmerzahl verstärkt subjektive

Unterschiede, die durch einzelne Übungsleiter:innen in die Übungen eingebracht werden. Dies behindert leistungsschwächere Studierende nachweislich in ihrem Lernprozess, da oft Hemmungen bestehen, aktiv in den Übungen zu werden. Hier bestand Handlungsbedarf und führte seit 2012 in Eigenregie in der Folge zur Entstehung von thermoE und weiteren Lehrprojekten an der Professur.

2. Ziele

Die Entwicklung eines computerbasierten Lernsystems ist ebenso wie die analoge sogenannte "klassische" Lehre ein dynamischer Prozess, die sich permanent selbst hinterfragen sollte, mit den jeweiligen Gegebenheiten wächst, sich dadurch weiterentwickelt und lebendig bleibt.

Während zu Beginn an der Professur die Erstellung einer online-basierten Klausur im Vordergrund stand, rückte bald ein komplett semesterbegleitendes E-Assessment in den Vordergrund. Hintergrund der Entscheidung war die nicht vorhandene administrative Unterstützung, denn für Online-Prüfungsformate sind rechtliche Rahmenbedingungen notwendig, die außerhalb der eigenen Verantwortlichkeit lagen.

Mit dem Fokus auf einem computergestützten Format für die Übung (und für die Klausur) stellten sich folgende technische Fragen. Wie können mehrheitlich mathematisch basierte Fragestellungen digital abgebildet werden? Wie können Selbstlernaufgaben und potentielle Prüfungsfragen eine kompetenzorientierte Leistungsüberprüfung gewährleisten? Wie kann die Heterogenität der Studierenden berücksichtigt und damit ein individuelles Lernen ermöglicht werden? Wie kann der zeitliche Ablauf der E-Assessment-Aufgaben in die Semesterstruktur am besten eingebracht werden ohne eine sofort mögliche Anpassung der Modulbeschreibung? Welche Rückkopplung soll zur Vorlesung und zur Übung eingebaut werden? Kann das fehlende Praktikum ersetzt werden durch die Gestaltung virtueller Versuche und so den Lerneffekt verstärken?

Diesen und vielen weiteren Fragestellungen waren seit 2012 zahlreiche Projekte gewidmet, die zum Erfolg von thermoE beigetragen haben. Es sollte jedoch nicht unerwähnt bleiben,

dass diese Form der Unterstützung, die im Wesentlichen nur SHK- oder WHK-Mittel vorsah, keine wirklich nachhaltige und dauerhafte Lösung darstellt. Einige Vorträge [1, 2, 3, 4] und Publikationen sind im Laufe der Zeit aus diesen Projekten entstanden [5, 6, 7, 8]. Während der Projekte haben interdisziplinäre Kooperationen mit verschiedenen Partnern zum Erfolg beigetragen. Mehr Informationen sind dazu auch auf der Webseite der Professur zu finden.

Es ist sehr wichtig zu betonen, dass sich die langjährigen Arbeiten an thermoE von Anfang an nicht darauf konzentrierten, einen Ersatz von Präsenzzeiten zu schaffen. Die von vielen Seiten propagierte Freiheit des Lernens zu jeder Zeit wird leider meiner Meinung nach sehr einseitig, undifferenziert und unzulässig mit der hochstilisierten Entwicklung digitaler Formate verknüpft. Es muss einmal klargestellt werden, dass die durch digitale Formate transportierten fachlichen INHALTE identisch zu klassischen Formaten sind. Insofern stellt die neue digitale Welt keinen inhaltlichen Mehrwert dar, sie transportiert Inhalte anders aber nicht besser! Darüber hinaus sollte nicht vergessen werden, dass ein ort- und zeitunabhängiges Studieren immer zu jeder Zeit möglich war, indem man schlicht und einfach ein Lehrbuch zur Hand nehmen konnte. Da auch diese mittlerweile mehrheitlich digital vorliegen, ist für ein selbstbestimmtes Lernen bereits seit vielen Jahren auch keine finanzielle Hürde mehr vorhanden. Leider ist die einseitige Propagierung von digitalen Formaten mittels wohlklingender Projekttitel, die Signalwörter wie "innovativ" enthalten müssen, der anhaltenden Unterfinanzierung der Lehre an den Hochschulen geschuldet. Wohlklingende Projekttitel sichern kurzfristig finanzielle Mittel (meist befristete SHK und WHK), beheben das grundlegende Problem allerdings nicht. In dieses Problemfeld gehört auch, dass immer mehr institutionelle Gremien bzw. Stabsstellen zur Qualitätskontrolle entstehen, die mit der konkreten Lehre und der Arbeit mit den Studierenden am Ende überhaupt nicht befasst sind, aus dem allgemeinen Stellenpool bedient werden und mit ihrem Wirken trotz einzelner positiver Ansätze nicht zu einer Verbesserung der Lehrsituation beitragen.

3. thermoE - Kompetenzorientiertes E-Assessment in der Thermodynamik

Das semesterbegleitende Selbstlerntool ist mittlerweile fest in die thematische Abfolge von Vorlesungen und Übungen eingebunden. Selbstlernaufgaben, die das gesamte ONYX-Opal-Aufgaben-Spektrum umfassen, ergänzen Vorlesung und Übung sowohl mit theoretischen Fragen als auch mit Rechenaufgaben. Die Qualität der rechnerischen Beispiele wurde stets an die aktuellen Möglichkeiten (Nutzung Maxima und Folgefehlerberücksichtigung) angepasst. Die sofortige Rückantwort mit richtig/falsch ermöglicht den Studierenden eine sofortige Selbstkontrolle und soll das weitere Selbststudium unterstützen, indem in der Reaktion auf eine falsche Antwort weitere Hinweise auf Literatur bzw. das Skript eingebaut sind.

Darüber hinaus haben alle Studierenden in ihren Assessments eine direkten „Draht“ zu ihren Übungsleiter:innen und somit können Fragen gezielter in der folgenden Übung behandelt werden. Es hat sich gezeigt, dass mit einer aktiven Assessment-Teilnahme der Studierenden während des gesamten Semesters die Zahl der nicht bestandenen Prüfungen signifikant gesenkt werden konnte. Details dazu können hier nachgelesen werden [1-8].

Die folgende Abbildung 1 verdeutlicht den Einfluss einer konstanten und gezielten Beschäftigung mit den Vorlesungs- und Übungsthemen im Assessment. Gezeigt wird die aktuell letzte erreichte Quote für das Bestehen der Klausur für die Technische Thermodynamik im Wintersemester (WS) 2021/2022. Die Klausur wurde im Unterschied zum Vorjahr wieder in Papierform geschrieben, da die Professur die neu geforderte notwendige Kamerafernüberwachung der online-Formate von mehreren hundert Studierenden nicht hätte leisten können. Für eine nachvollziehbare vergleichbare Bewertung des Effektes der E-Assessments auf die Leistungsstärke der Studierenden wurde die relative Anzahl der Noten als Darstellungsform gewählt, da mehr als doppelt so viele Studierende keine Bonuspunkte (BP) erarbeitet hatten. Deshalb wurden die beiden Datenreihen (mit/ohne BP) jeweils auf die Gesamtanzahl der Studierenden der jeweiligen Gruppe

normiert. Es ist zu betonen, dass die Erarbeitung von Bonuspunkten immer auf freiwilliger Basis erfolgt. Während des hybriden Corona-Wintersemesters 2021/2022 war, wie in allen Vorlesungen, der Zugriff und damit die Ansprache an die Studierenden massiv eingeschränkt, so dass weniger Studierende das Angebot tatsächlich wahrnahmen. Da es keine Rückmeldungen bei Nichtteilnahme gab, sind weitere Gründe für die geringere Nutzung nicht bekannt. Im laufenden WS 2022/2023 ist die Beteiligung sichtbar angestiegen und kann mit der Präsenzteilnahme erklärt werden.

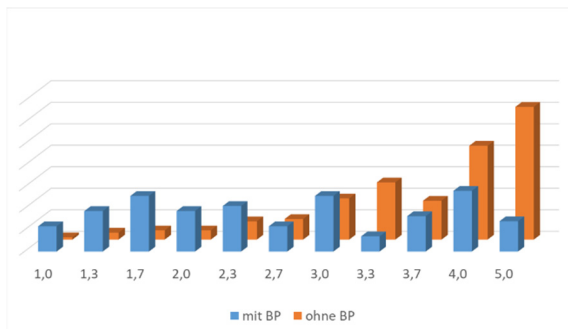


Abb. 1: Normierte Darstellung der Notenverteilung für die Klausur Technische Thermodynamik im WS 2021/2022. Blau: Studierende mit Bonuspunkten (BP), orange: Studierende ohne Bonuspunkte

4. thermoE - Erweiterung durch virtuelle Praktika

Ein weiterer Schwerpunkt der Erstellung digitaler Formate in der Professur wurde nach der Erstellung der semesterbegleitenden Assessments auf die Erstellung virtueller Praktika gelegt. Das Angebot soll das fehlende reale Praktikum ausgleichen und charakteristische Praktikumsversuche abbilden, um den Praxisbezug des Faches deutlicher herauszustellen als es über Vorlesungs- und Übungsbeispiele möglich ist. Neben der Vermittlung von Basiswissen für alle Studierende, wie zum Beispiel die Nutzung von Kalorimetrie (Verbrennungsenthalpie) oder die Bestimmung von Wärmekapazitäten, steht mit Spezialversuchen wie Adsorption, Maxwell-Verteilung, Isentropenkoeffizient usw. vor allem die besondere Förderung begabter Studierender im Vordergrund, denen über das computergestützte Angebot zusätzlich ein reales Praktikum an eigens dafür angeschafften studentischen Versuchen ermöglicht wird [9]. Das Angebot wird

vorwiegend von Studierenden höherer Semester genutzt. Studierende im Grundstudium sind oft nicht bereit, Angebote außerhalb des vorgeschriebenen Curriculum wahrzunehmen. Lediglich sehr interessierte und fachlich exzellente Studierende haben das Angebot bisher genutzt, die dann oft auch bis zum Diplom und Promotion in der Arbeitsgruppe bleiben.

Die größte Herausforderung für die Umsetzung virtueller Versuche bestand in der begrenzten Verfügbarkeit von Stueurelementen im ONYX-Opal. Daher werden zur Erstellung virtueller Praktika vorrangig Python-Elemente genutzt, die mit einem Link aus dem Opal-Kurs heraus zugänglich sind, so dass ONYX-Opal lediglich als Assessment in Form eines Antestates genutzt wird. Details können hier nachgelesen werden [9, 10].

Die Ergebnisse der abgeschlossenen und laufenden Entwicklungen wurden präsentiert [11]. Aktuell wird der Präsenzanteil des Praktikums im Rahmen eines Lehr-Lern-Projektes der Fakultät Maschinenwesen unter dem Titel: „Thermodynamik erleben - Innovative Energieprojekte experimentell begleiten und Energiewende zum Anfassen“ mit der Anschaffung einer neuen Praktikumsapparatur unterstützt, für die ebenfalls ein digitales Angebot erstellt werden soll.

5. thermoE - kompetenzorientiertes Assessment und online-Klausur

Mit der Entwicklung der unterschiedlichen digitalen Angebote, die vor allem das Selbststudium unterstützen, stand von Beginn an die Vermittlung kompetenzorientierter Inhalte im Vordergrund. So werden verschiedene Stufen des Lernens (Erkennen, Bewerten, Anwenden, ...) angesprochen. Mit Blick auf die Thermodynamik stehen hier vor allem ein korrektes Erkennen von Systemen, Randbedingungen eines Prozesses sowie die Wahl der passenden Bilanzen im Vordergrund. Die rein mathematischen Fähigkeiten zum Lösen einfacher algebraischer Gleichungen werden vorausgesetzt und gehen nicht in die fachliche Bewertung der Thermodynamik ein. Dafür werden vor allem Elemente der Folgefehlerberücksichtigung genutzt.

Dieses Vorgehen betrifft sowohl die semesterbeleitenden Assessment-Aufgaben als auch die finale online-Klausur.

6. thermoE - Fazit

Die Ergänzung des Portfolios der Professur Thermodynamik an Vorlesungen und Übungen durch digitale Angebote hat im Vergleich zu den davor rein klassischen Angeboten eine insgesamt verbesserte Lehr-Lern-Umgebung geschaffen. Präsenzinhalte werden sinnvoll durch digitale Angebote ergänzt und vermittelt durch eine Feedback-Funktion eine individuellere Betreuung auch größerer Studierendengruppen. Der Lernerfolg der Studierenden ist höher und die Klausurergebnisse - sowohl klassisch als auch online - fallen besser aus. Darüber hinaus ist für die Mitarbeiter ein effektiveres Werkzeug für die Kommunikation mit den Studierenden geschaffen worden und gleichzeitig eine interne Weiterbildung angestoßen. Ebenso kann über zusätzliche Angebote, wie z. B. die Kombination virtueller und realer Praktika, eine frühzeitige Bindung künftiger Mitarbeiter:innen erhalten werden bzw. begabteren Studierenden ein Angebot gemacht werden. Die bereits existierenden digitalen Angebote ermöglichen während der Corona-Zeit einen sofortigen Umstieg in die digitale Welt

Danksagung

Dank an alle Mitarbeiter:innen der Gruppe insbesondere Dr. Tommy Lorenz, Dr. Constantino Grau, Dipl.-Ing. Sebastian Pinnau, Dipl.-Ing. Oscar Garcia und Dipl.-Ing. Marcel Schneegans für die Umsetzung neuer Aufgaben in Opal und Versuche in Python. Dank an Frau Dr. Maja Glorius für die finale Kontrolle aller neuer Formate vor der Freischaltung.

Literatur

- [1] Breitkopf, C.: Entwicklung eines kompetenzorientierten E-Assessment für das Fach Technische Thermodynamik - thermoE. Vortrag auf 11. Workshop on E-Learning Leipzig, 29.9.2013
- [2] Breitkopf, C.: thermoE - Eine online-basierte Prüfung für das Fach Technische Thermodynamik. Vortrag auf OLAT User Day, Dresden, 6.11.2013

- [3] Breitkopf, C.: Vorstellung des Projektes thermoE - Entwicklung eines kompetenzorientierten E-Assessment für das Fach Technische Thermodynamik. Vortrag auf Projekttreffen des Netzwerkes der sächsischen Fachhochschulen und Universitäten zum Online-Mathematikangebot, Chemnitz, 11.03.2014
- [4] Breitkopf, C.: Erfahrungen im Rahmen der Umsetzung von E-Assessment in der Vorlesung Technische Thermodynamik im WS 2013/14 und WS 2014/15. Vortrag beim Gemeinsamen Treffen der Arbeitskreise "Mathematik/Physik + E-Learning" und "Innovative Lehre in Informatik und Naturwissenschaften", Zwickau, 04.03.2015
- [5] Freudenreich, Ronny, Lorenz, Torsten, Pachtmann, Katrin, Breitkopf, Cornelia, Kretzschmar, Hans-Joachim & Köhler, Thomas. (2014): thermoE - Entwicklung eines online-basierten E-Assessments in ONYX am Beispiel der Technischen Thermodynamik. Tagungsband zum Workshop on eLearning 2014.HS Zittau/Görlitz, 63-74.
- [6] Freudenreich, R.; Kretzschmar, H.-J.; Breitkopf, C.: E-Assess-MINT - Elektronische Übungen im MINT-Bereich. Tagungsband 14. Workshop on e-Learning, Görlitz S. 49-58, 22. September 2016
- [7] Breitkopf, C.; Grau Turuelo, C.; Banos García, O.: thermoEint: Building E-Assessment Content for the Integration and Success of International Students in STEM Fields. EUNIS 2017 Congress Proceedings.
- [8] Breitkopf, C.; Freudenreich, R.; Kretzschmar, H.-J.; Herrmann, S.; Umlauf, T.: Erfolgsmodell Facharbeitskreis Technische Thermodynamik Sachsen. HDS. Journal, 2020, 2020,1, 34-37.
- [9] Breitkopf, C.; Pinnau, S.; Lorenz, T.: VirtuaLab - Das virtuelle Labor - Aufbau einer interaktiven Lernplattform für Praktika der Thermodynamik. HDS. Journal, 2020, 2020,2, S. 32-40.
- [10] Breitkopf, C. et al.: Thesenpapier zur digitalen Hochschulbildung. Hochschuldidaktisches Zentrum Sachsen, Universität Leipzig + Arbeitskreis E-Learning der Landesrektorenkonferenz Sachsen (2021).
- [11] Breitkopf, C., Grau, C., Pinnau, S., Lorenz, T.: Virtuelle Praktikumsplattform Thermodynamik. Workshop on e-Learning WEL Görlitz, Vortrag. 22.9.2022. <https://zfe.hszg.de/wel-1>



Digitale, kollaborative Kleingruppenarbeit im Aktiven Plenum – ein Widerspruch?

M. Kuhtz, N. Modler, M. Gude

Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik (ILK), Fakultät Maschinenwesen, TU Dresden

Abstract

Der eingereichte Beitrag beschreibt eine neuartige Variante der Methode "Aktives Plenum" im Hinblick auf ihren Einsatz in digitalen Lern-Lehr-Aktivitäten im Rahmen eines computergestützten Praktikums, wobei dieser Ansatz mit einer Kleingruppenarbeit kombiniert wird. Neben der Beschreibung des inhaltlichen Ansatzes und des organisatorischen Ablaufs werden die Chancen und Grenzen des Unterrichtsformats aus der Perspektive von Lehrenden und Lernenden beschrieben.

The submitted paper describes a novel variant of the "active plenary" method with regard to its use in digital learning-teaching activities in the context of a computer-based internship, combining this approach with small group work. In addition to the description of the content-related approach and the organizational process, the opportunities and limitations of the teaching format are described from the perspective of teachers and learners.

*Corresponding author: moritz.kuhtz@tu-dresden.de

1. Didaktische Herausforderung

Das hier betrachtete Praktikum zur Lehrveranstaltung **Simulationstechnik** ist innerhalb des Moduls "Berechnung von Leichtbaustrukturen" (MW-MB-LB-04) angesiedelt und wird jeweils im Sommersemester durch das Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik (ILK) angeboten. Es ist ein Pflichtmodul für Studierende der Studienrichtung Leichtbau im Diplomstudiengang und im Diplom-Aufbaustudiengang Maschinenbau der Technischen Universität Dresden, wobei insbesondere der Aufbaustudiengang vorwiegend von internationalen Studierenden genutzt wird. Zudem können Studierende des Wirtschaftsingenieurwesens Simulationstechnik als Wahlpflichtfach im Fachstudium absolvieren. Somit ergibt sich insgesamt eine sehr heterogene Zusammensetzung der Praktikumsgruppe hinsichtlich Vorkenntnissen, Fachsemester und Sprachkompetenz. Nähere Informationen zu den Rahmenbedingungen der Lehrveranstaltung sind in [1] beschrieben.

Während die Lehr-Lern-Aktivitäten zu Beginn der Coronapandemie schlagartig von analoger auf digitale Formate umgestellt wurden, bietet sich mit der stückweisen Rückkehr zu einer verstärkten Präsenzlehre die Gelegenheit, etablierte Konzepte aus beiden Welten zu nutzen, weiterzuentwickeln sowie miteinander zu verknüpfen. Für das hier betrachtete Praktikum, das ausschließlich mithilfe eines Computers bestritten werden kann, bietet sich daher die weitgehende Beibehaltung der digitalen Formate an, sodass das Praktikum eingebettet in das am ILK etablierte integrierte Lehr-Lern-Konzeptes [2] mit der Methode des **Flipped-Classroom** durchgeführt wird. Die Auswertung der Lehrevaluation der vorangegangenen Semester ergibt, dass insbesondere die aktive Lernphase und der damit verbundene Austausch zwischen den Studierenden aber auch zwischen der Lehrperson und den Studierenden förderlich für den Lernerfolg ist. Dabei wird insbesondere die Arbeit in einer weiterentwickelten Form des **Aktiven Plenums** [3] positiv hervorgehoben, so dass dieses Format verstärkt Eingang bei der Planung der Lehrveranstaltung findet.

2. Weiterentwicklung des Aktiven Plenums

Die Methode des Aktiven Plenum ist durch ein kollaboratives Arbeiten an einer Aufgabe geprägt, wobei sich dieses Format durch ein hohes Maß an Interaktion zwischen den Lernenden bei gleichzeitiger Festigung, Vertiefung und Anwendung bekannter Lerninhalte auszeichnet. Es eignet sich somit außerordentlich zur Aktivierung der Studierenden innerhalb von synchronen Lehrveranstaltungen. Dieses Konzept wurde ursprünglich für den Einsatz in größeren Seminar- bzw. Vorlesungsräumen entwickelt, wobei die Studierenden *eine Gruppe* bilden, die die Aufgabenstellung lösen. Im Rahmen einer digitalen synchronen Lehrveranstaltung als Videokonferenz ist die Kommunikation zwischen den Studierenden gehemmt. Zum einen liegt es daran, dass nahezu alle Studierenden trotz entsprechender Hinweise der Lehrperson nicht bereit oder in der Lage sind, ihre Kameras zu aktivieren, so dass die nonverbale Kommunikation kaum möglich ist. Zum anderen sind kurze und leise Absprachen zwischen wenigen Studierenden nicht möglich, da es nur einen Tonkanal gibt und der Austausch mittels Chat-Funktion zu langsam ist. Daher werden die Studierenden im Rahmen der digitalen Lehre in mehrere Kleingruppen eingeteilt, wodurch sich eine Veränderung im Ablauf der Methode ergibt (siehe Abb. 1)

3. Ablauf der Kleingruppenarbeit

Bereits vor der ersten Lerneinheit wird den Studierenden die meist unbekannteste Lehr-Lern-Situation mittels eines kurzen Videos vorgestellt [4]. In **der ersten Lerneinheit**, bei der das Aktive Plenum zur Anwendung kommt, **wird dieses Format mit allen Studierenden als wirkliches Aktives Plenum *geprobt***. Die Lehrperson stellt zunächst die Aufgabenstellung vor und beantwortet Rückfragen hierzu. Im Anschluss übernimmt eine Person aus dem Plenum die Rolle des Moderators und die Lehrperson übernimmt die Rolle des Ausführenden bei der Erstellung des Computermodells. Alle anderen Studierenden tragen zur Lösungsfindung bei, indem Sie dem Ausführenden Anweisungen erteilen. Der Moderator koordiniert die eingehenden Anweisungen, die

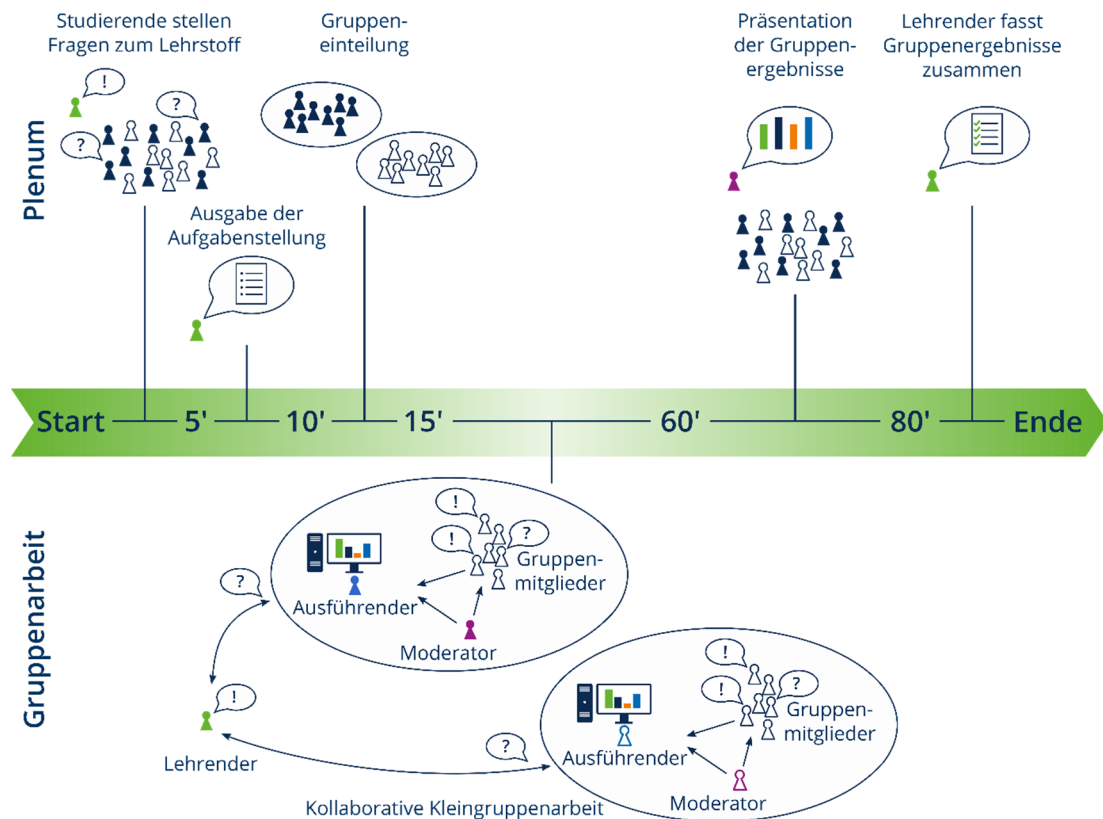


Abb. 1: Wechsel zwischen Plenums- und Kleingruppenarbeit innerhalb einer

sowohl als Wortmeldungen als auch als Chat-Nachrichten eingehen können. Dabei hält sich die Lehrperson strikt an die Anweisungen und führt auch nicht-zielführende oder falsche Lösungsschritte aus, wobei Rückfragen bei Unklarheiten möglich sind. Typischerweise werden falsche Anweisungen direkt durch andere Studierende korrigiert oder im Nachgang durch die Gruppe revidiert. Ein Eingreifen der Lehrperson sollte nur dann erfolgen, wenn die Gruppenarbeit als Ganzes zu scheitern droht. Nach erfolgreicher Bearbeitung der Aufgabe fasst der Moderator oder eine andere, möglicherweise vorher festgelegte Person die wichtigsten Lösungsschritte zusammen und präsentiert die Gesamtlösung.

Im weiteren Verlauf der Lerneinheit stellt die Lehrperson eine neue, aber ähnliche Aufgabe vor und beantwortet entsprechende Rück- oder Verständnisfragen. Im Anschluss erhalten die Studierenden zur Gruppeneinteilung eine Frage wie etwa nach der Lieblingsfarbe, deren Antwort in der Studierendenschaft möglichst zufällig verteilt ist. Die Fragen werden mittels eines im Videokonferenzsystem Zoom integrierten Umfragetools ausgegeben und die Antworten eingeholt. Anschließend fasst die Lehrperson die Antworten so zusammen, dass

etwa gleich große Gruppen mit etwa vier bis acht Mitgliedern entstehen. Dieses Verfahren soll sicherstellen, dass die **Gruppen möglichst gut durchmischt** sind.

Bevor die Gruppenarbeit startet, stellt die Lehrperson sicher, dass die Arbeitsanweisung klar formuliert und von den Studierenden verstanden ist. Neben der eigentlichen Problemstellung beinhaltet der **Arbeitsauftrag** auch eine Zeitvorgabe und den Hinweis zur Ergebnissicherung in Form einer nachgelagerten Präsentation im Plenum. Danach betreten die Studierenden Unterräume der Videokonferenz, die in Zoom als Breakout-Sessions bezeichnet werden.

Während der Gruppenarbeit betritt die Lehrperson von Zeit zu Zeit die jeweiligen Unterräume und beobachtet die Gruppenarbeiten. Wenngleich sie für Rückfragen zur Verfügung steht, sollten Hinweise sehr zurückhaltend erfolgen. Geeignet sind hier eher Gegenfragen, die einen Perspektivwechsel auf die Problemstellung erleichtern sowie Hinweise zur Zeiteinteilung. Die Rollenverteilung innerhalb der Gruppe sowie die **Arbeitsorganisation bleibt der Gruppe selbst überlassen**. Typischerweise entfällt bei der Kleingruppenarbeit die

Rolle des Moderators, wobei die Rollen des Ausführenden und des Präsentators nicht immer von der gleichen Person wahrgenommen wird.

Nach dem Ende der vorgegebenen Zeit finden sich alle Studierenden wieder im Gesamtplenum zusammen. Ausgewählte Vertreter der Gruppen präsentieren dabei in knapper Form die Arbeitsergebnisse und gehen gleichzeitig auf die Entwicklung der Lösungsschritte ein. Im Anschluss an die Kurzpräsentation bzw. Live-Vorführung des Modells steht die gesamte Gruppe für Rückfragen der Lehrperson oder der anderen Gruppen zur Verfügung. Es obliegt der Lehrperson die Arbeitsergebnisse und die Präsentationen der Gruppen zu vergleichen, zusammenzufassen und einzuordnen. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, die Modelle der Gruppen zu sammeln und allen Studierenden etwa durch einen Upload auf der eingesetzten Lernplattform zur Verfügung zu stellen.

4. Positive Aspekte des Lehrformats

Die einerseits feste äußere Struktur des Aktiven Plenums und der andererseits inhaltliche Freiraum ermuntert die Studierenden zur aktiven Teilnahme an der Lehrveranstaltung. Gerade das teilweise „Fehlen“ der Lehrperson in den Gruppenarbeiten reduziert Hemmschwellen bei den Studierenden. Die geringe Gruppengröße erschwert das „Abtauchen“ Einzelner und der Druck zur aktiven Teilnahme steigt mit sinkender Gruppengröße. Gleichzeitig werden eventuell vorhandene Wissenslücken offener kommuniziert als im Plenum oder der Lehrperson gegenüber, was zu einem schnelleren Füllen dieser Lücken führt (**Lernen durch Lehren**).

Im Gegensatz zu vielen anderen Übungs- und Praktikumsformaten ermöglicht dieses Lernformat den Studierenden nicht nur die Evaluation des eigenen Lernfortschritts anhand der Bewältigung gestellter Aufgaben. Vielmehr trägt der **Vergleich mit dem Lernstand der Gruppe** zu einer verbesserten Sichtbarkeit des eigenen Lernstandes bei.

Dass das Aktive Plenum gern von den Studierenden angenommen wird, zeigt sich unter anderem in der Teilnehmerzahl. Ähnlich wie in

analogen Lehrformaten sinkt auch bei dieser Lehrveranstaltung die Anwesenheitsquote. Von 90 im OPAL-Kurs eingeschriebenen Studierenden waren zur Einführungsveranstaltung zum Praktikum etwa 40 Personen in der Videokonferenz anwesend. Im weiteren Semesterverlauf sinkt die Quote der Teilnehmer bei den ebenfalls angebotenen Konsultationen auf etwa zehn Studierende, wohingegen beim Format des Aktiven Plenums bis zu 20 Personen regelmäßig teilnehmen. Als Ursachen für die eher geringe Teilnehmerquote erscheinen der unattraktive Zeitpunkt der Lehrveranstaltung am Freitagvormittag, die parallele Verfügbarkeit von Online-Lernmaterialien sowie das durch die Aktivierung erhöhte Stresslevel bei den Studierenden.

Da der Rücklauf der Lehrevaluationen in den vergangenen Semestern gering ausfiel, wird diese Lehrveranstaltung in enger Zusammenarbeit mit dem Zentrum für interdisziplinäres Lernen und Lehren der TUD (ZiLL) im Rahmen der „Aktionswochen Teaching Analysis Polls (TAP): Qualitative Lehrevaluation für Lehrende der TUD“ evaluiert. Diese Bewertung wird durch einen Mitarbeiter des ZiLL ohne Beisein der Lehrperson durchgeführt und findet mitten im Semester statt, sodass die Studierenden direkten Einfluss auf den weiteren Verlauf der Lehrveranstaltung nehmen. Darüber hinaus erscheint das Format der Gruppendiskussion und -bewertung weitaus attraktiver als das Ausfüllen eines Fragebogens. Dennoch haben nur neun Studierende an der Gruppendiskussion und nur sieben an der finalen Bewertung der wichtigsten Punkte teilgenommen, sodass die geringe Rücklaufquote einerseits die Aussagekraft der Evaluationsergebnisse einschränkt. Andererseits erscheinen die Möglichkeiten, die Mehrheit der Studierenden zu einem konstruktiven Feedback zu bewegen, erschöpft zu sein, und es kann nur mit den getätigten Aussagen weitergearbeitet werden.

Als wichtigste Punkte für den Lernerfolg wurden aus Sicht der Studierenden das gemeinsame Erarbeiten im Aktiven Plenum (6 von 7), die engagierte Lehrperson (6 von 7) und die praktischen Anwendungsaufgaben (4 von 7) genannt. Somit erscheint diese Lehr-Lern-Aktivität **in einem hohen Maße geeignet** für die Vermittlung der Kenntnisse und Fähigkeiten auf dem Gebiet der Simulationstechnik

5. Grenzen des Lehrformats

Wie bei vielen digitalen Lehr-Lern-Formaten besteht die Gefahr, dass Teilnehmende die Lerneinheit nutzen, um den Inhalt mitzuschneiden. Zum einen entspricht die reine **Aufnahme der Inhalte** in keiner Weise dem Anliegen nach erhöhter Aktivierung der Lernenden und zum anderen wird dadurch der geschützte Raum sowie die Vertrauensbeziehung zwischen Studierenden und Lehrperson gestört. Das könnte auch ein Grund sein, weshalb fast alle Studierenden, auch in den Kleingruppen, keine Kamera aktivieren.

Obwohl durch dieses Format der Arbeiten in Kleingruppen das Risiko minimiert wird, dass **einzelne Personen überhaupt nicht in der Gruppe mitarbeiten**, aber aufgrund des positiven Gruppenergebnisses von einem vermeintlichen Lernerfolg ausgehen, ist dieser Sachverhalt nicht gänzlich von der Hand zu weisen.

Ein weiterer Nachteil dieses Formats liegt in der **technischen Ausstattung** der Studierenden. So kann es für eine aktive Teilnahme insbesondere in der Rolle des Ausführenden, der Moderators und des Präsentators vorteilhaft sein, zwei Bildschirme parallel zu betreiben. Aus Erfahrung nutzen die meisten Studierenden einen Bildschirm und somit verringert sich die Lesbarkeit bei der Bildschirmübertragung. Der Anteil der internationalen Studierenden in diesem Fach liegt etwa bei einem Drittel, wobei der Anteil in den synchronen Lehrveranstaltungen deutlich unterdurchschnittlich ausfällt. Auf der einen Seite könnten **Sprachbarrieren und die interaktive Lernkultur** abschrecken, auf der anderen Seite könnten sich diese Studierenden auch aufgrund der ebenfalls bereitgestellten Onlinematerialien ausreichend mit Lehrmaterial versorgt fühlen.

Als wesentlicher Punkt der TAP wurde angemerkt, dass ein fehlender runder Abschluss bzw. eine fehlende Musterlösung bei den aktiven Plenen den Lernerfolg hemmen (5 von 7), sodass in Zukunft Musterlösungen auch für die Gruppenarbeiten bereitgestellt werden.

6. Fazit

Im Rahmen des Praktikums zur Lehrveranstaltung Simulationstechnik wird die hinsichtlich des Einsatzes in der digitalen Lehre weiterentwickelte Methode des Aktiven Plenums als interaktive Lernform untersucht. Nach einer kurzen Einführung durch die Lehrperson arbeiten die Studierenden in Kleingruppen digital und kollaborativ, um sich anschließend ihre Arbeitsergebnisse gegenseitig vorzustellen.

Auf Grundlage einer Evaluation des ZiLL kann ein insgesamt positives Fazit zum Einsatz dieses Lehrformats gezogen werden. Insbesondere die hohe Aktivität bei der Arbeit in Kleingruppen führt zu einer hohen Motivation bei den Teilnehmenden und zu beachtlichen Arbeitsergebnissen. Gleichzeitig erscheint der Wunsch bei den Teilnehmenden groß, auch eine durch die Lehrperson autorisierte Musterlösung zu erhalten.

Danksagung

Die Autoren danken dem Zentrum für interdisziplinäres Lernen und Lehren der TU Dresden für die Begleitung der Lehrveranstaltung im Rahmen der „Aktionswochen Teaching Analysis Polls (TAP): Qualitative Lehrevaluation für Lehrende der TUD“.

Literatur

- [1] M. Kutzt, B. Grüber, C. Kirvel, N. Modler, M. Gude: Virtuell² – Simulationspraktikum im digitalen Raum. In: S. Odenbach (Hg.): Lessons Learned 2022, 3. <https://doi.org/10.25369/ll.v2i1.40>
- [2] M. Kutzt, R. Kupfer, C. Kirvel, A. Hornig, N. Modler, M. Gude: Das Praktische im Virtuellen – digitale Lehre am ILK. In: S. Odenbach (Hg.): Lessons Learned 2021, 1. <https://doi.org/10.25369/ll.v1i1/2.28>
- [3] J. Gurr: Methodensteckbrief: Aktives Plenum. Lüneburg 2018, www.leuphana.de/fileadmin/user_upload/portale/lehre/09_Support_und_Tools/01_Aktivierung_in_Grossveranstaltungen/Methodensteckbrief_Aktives_Plenum.pdf (letzter Zugriff: 16.06.2022)
- [4] M von Amsberg. Aktives Plenum. YouTube-Video 2017, <https://youtu.be/79czW4YS0ww> (letzter Zugriff: 16.06.2022)



Digitale Medien versus Tafel und Kreide – Online- und Hybridlehre in der Theoretischen Physik

C. D. Deters, A. M. Menzel*

Theorie der Weichen Materie / Biophysik, Institut für Physik, Fakultät für Naturwissenschaften, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Universitätsplatz 2, 39106 Magdeburg

Abstract

Die Wissensvermittlung in der Theoretischen Physik ist nicht an Demonstrationsexperimente und Versuchsaufbauten vor Ort gebunden. Dies bietet eine erhöhte Flexibilität beim Wechsel zwischen Präsenz- und Online-Lehre. Dennoch sind auch hier einige zentrale Punkte zu beachten. Zum einen sind oft eine schrittweise Entwicklung der Inhalte inklusive Erläuterungen der Dozierenden und Rückfragemöglichkeiten essentiell. Zum anderen müssen viele Rechentechniken und symbolische Schreibweisen erst erlernt und geübt werden. Eigenes Schreiben ist hierfür in der Regel unerlässlich. Beim traditionellen Tafelanschrieb und Mitschreiben in Präsenz werden diese Aspekte automatisch berücksichtigt. Beim Wechsel in die Online-Lehre bildeten wir dieses Format ab, indem wir auf synchrone Veranstaltungen setzten, in denen „live“ vor- und mitgeschrieben wurde. Unser Vorgehen evaluierten wir in einer Online-Umfrage. Teilaspekte unserer Herangehensweise werden bei der Rückkehr in die Präsenzlehre weiterhin von den Studierenden bevorzugt, insbesondere eine digitale Ausführung des Live-Anschriebs. Dies unterstützt hybride Lehrformen, die gleichzeitig in Präsenz und online stattfinden, was sicherlich einen wesentlichen Aspekt der zukünftigen Entwicklung universitärer Lehre darstellt.

Knowledge transfer in theoretical physics is not tied to on-site demonstration experiments and experimental setups. This offers increased flexibility when switching between face-to-face and online teaching. Nevertheless, there are some key points to consider here as well. On the one hand, a step-by-step development of the content, including explanations by the lecturer and opportunities to ask questions, is often essential. On the other hand, many calculation techniques and symbolic notations must first be learned and practiced. Writing on one's own is usually indispensable for this purpose. With traditional blackboard writing and taking notes in presence, these aspects are automatically taken into account. When we switched to online teaching, we replicated this format by relying on synchronous events in which "live" writing and taking notes were implemented. We evaluated our approach in an online survey. Several aspects of our format were still preferred by the students when returning to face-to-face teaching, especially a digital version of live writing. This supports hybrid forms of teaching that take place simultaneously in presence on site and online, which is certainly an essential aspect of the future development of university teaching.

*Corresponding author: a.menzel@ovgu.de

1. Einleitung

Im regulären Physikstudium stellt die Theoretische Physik eine wesentliche Säule der Ausbildung dar. Anders als in der Experimentalphysik, die Naturgesetze aus experimentellen Beobachtungen und Messungen ableitet, wird aus wenigen mathematisch formulierten Axiomen mit Hilfe mathematischer Methoden eine mathematische Beschreibung der Wirklichkeit abgeleitet. Dadurch entsteht gleichzeitig eine quantitative Vorhersagekraft. Die Güte einer Theorie wird durch Vergleich der Resultate mit experimentellen Messergebnissen beurteilt.

Daraus werden bereits wesentliche Anforderungen und Fertigkeiten deutlich, die in der Lehre im Rahmen der Theoretischen Physik vermittelt und gelehrt beziehungsweise gelernt werden müssen. Zum Beispiel sind dies logisches und Schritt für Schritt aufeinander aufbauendes Herleiten mathematischer Zusammenhänge und Schlussfolgerungen ausgehend von grundlegenden, mathematisch formulierten Annahmen. Gleichzeitig müssen entsprechende Rechentechniken und dazugehörige Schreibweisen erlernt und eingeübt werden. Ein hohes Maß an Präzision beim Durchführen entsprechender Berechnungen ist notwendig.

Wir beziehen uns mit unserer Darstellung auf unsere Lehrtätigkeit an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg im viersemestrigen Zeitraum vom Wintersemester 2020/2021 bis zum Sommersemester 2022. Unsere Lehrveranstaltungen in diesem Zeitraum wurden abwechselnd in Präsenz unter entsprechenden Hygieneregeln, per vollständig digitaler Online-Lehre sowie in einem hybriden Format, in dem gleichzeitig in Präsenz und online gelehrt wurde, durchgeführt. Diese Entwicklungen erlauben es uns hier, über ein breites Spektrum von Erfahrungen mit unterschiedlichen Formaten zu berichten. Am Ende des Wintersemesters 2021/2022 führten wir eine Evaluation durch, um von den Studierenden quantitative Rückmeldungen zu unseren eingesetzten Formaten und ihren generellen Eindrücken zu bekommen.

Im Folgenden beziehen wir uns auf acht in den genannten vier Semestern von unserer Abteilung durchgeführte Lehrveranstaltungen im Bereich der Theoretischen Physik. Jeweils vier dieser Lehrveranstaltungen sind dem Bachelorstudiengang Physik [1] und dem Masterstudiengang Physik [2] an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg zuzuordnen. Im Detail waren dies die Veranstaltungen Theoretische Mechanik (in Magdeburg Teilmodul 1 des sich über zwei Semester erstreckenden Moduls Mechanik und Elektrodynamik, Bachelor Physik [1]), also die Lehre der Bewegung (und Statik) materieller Körper im Raum unter dem Einfluss bekannter Kräfte – zweimal; Theoretische Elektrodynamik (in Magdeburg Teilmodul 2 des sich über zwei Semester erstreckenden Moduls Mechanik und Elektrodynamik, Bachelor Physik [1]), also die Lehre der Bewegung elektrischer Ladungen im Raum sowie die Wechselwirkung mit und zeitliche Änderung von elektrischen und magnetischen Feldern, inklusive Aspekte spezieller Relativitätstheorie – zweimal; Hydrodynamik und Elastizität (in Magdeburg Teilmodul des Doppelmoduls Physikalisches Wahlpflichtfach mit entsprechenden Vertiefungsrichtungen, Master Physik [2]), also die Lehre des Strömens von Fluiden und der Deformation elastischer Festkörper – zweimal; Theorie der Polymere (in Magdeburg Teilmodul des Doppelmoduls Physikalisches Wahlpflichtfach mit entsprechenden Vertiefungsrichtungen, Master Physik [2]), insbesondere die statistische Beschreibung von Eigenschaften einzelner linearer Polymermoleküle und polymerer Schmelzen – einmal; Statistische Mechanik im Nichtgleichgewicht (in Magdeburg Teilmodul des Doppelmoduls Physikalisches Wahlpflichtfach mit entsprechenden Vertiefungsrichtungen, Master Physik [2]), vor allem zur klassischen Theorie der linearen Antwort, zu statistischen Methoden im Rahmen von Langevin- und Fokker-Planck-Gleichungen sowie zu klassischer Dichtefunktionaltheorie – einmal. Der zeitliche Umfang dieser Veranstaltungen beträgt 6 Semesterwochenstunden (Bachelorveranstaltungen) beziehungsweise 3 Semesterwochenstunden (Masterveranstaltungen). Zwei Drittel davon

entfallen jeweils auf Vorlesungen, ein Drittel auf Besprechungen von Übungsaufgaben. Durch Leistungsnachweise (zum Beispiel erfolgreiches Bearbeiten von Übungsaufgaben, schriftliche oder mündliche Tests) wird jeweils die Zulassung zur Modulprüfung erworben. Die Modulprüfungen zu allen diesen Veranstaltungen finden mündlich statt.

2. Lehre vor der Pandemie

Die Lehre in der Theoretischen Physik fand vor den Entwicklungen um das Covid-19-Geschehen zu großen Teilen in klassischer Präsenzform statt. Dabei wurde, wie bereits eingangs erwähnt, in den meisten Fällen auf traditionellen Tafelanschrieb gesetzt. Diese Lehrform bedient zahlreiche der bereits angedeuteten Erfordernisse in diesem Fach.

Zunächst wird der Lehrinhalt durch das Anschreiben Schritt für Schritt entwickelt. Kausalketten und aufeinander aufbauende Rechenschritte lassen sich auf diese Weise besonders gut vermitteln. Durch die Schreibtätigkeit der Dozierenden wird automatisch ein allzu schnelles Tempo ausgeschlossen. Bei genügend großer Tafel bleiben außerdem die vorherigen Rechenschritte länger fixiert und liegen im weiteren Verlauf vor, so dass auf diese hingewiesen kann, wenn zum Beispiel Zwischenschritte in vorherigen Berechnungen an späterer Stelle weiterverwendet werden. Mündliche Erläuterungen zu den Rechnungen durch die Dozierenden werden häufig als essenziell wahrgenommen, ebenso die Möglichkeit für die Studierenden, direkt „live“ Rückfragen stellen zu können.

Ein wesentlicher Bestandteil der Ausbildung in der Theoretischen Physik besteht darin, das selbständige Ausführen komplexer Berechnungen zu erlernen. Hierzu ist es notwendig, nicht nur Berechnungen logisch nachvollziehen zu können, sondern selbst die Rechenverfahren inklusive der verwendeten symbolischen Schreibweise zu erlernen. Diese Techniken müssen in der Regel durch eigenes Schreiben eingeübt werden. Die Mitschrift in der Präsenzveranstaltung bietet hierfür einen ersten Schritt. Tatsächlich nimmt in der Regel die deutliche Mehrheit der Studierenden in unseren Veranstaltungen die Möglichkeit zum Mitschreiben wahr. Bereits vor der Entwicklung

des Covid-19-Geschehens stellten wir den Studierenden nach dem jeweiligen Veranstaltungstermin das Vorlesungsskript online zur Verfügung. Dadurch kann die Mitschrift bei Unklarheiten oder möglichen Schreibfehlern abgeglichen werden. Außerdem bekommen so Studierende, die nicht an Veranstaltungen in Präsenz teilnehmen konnten, Zugang zu den Inhalten.

Die zeitlich auf die Vorlesungsinhalte abgestimmten Übungsaufgaben waren online verfügbar und wurden früher auch als Papierausdrucke verteilt. Je nach Veranstaltung wurden Übungsaufgaben in Papierform eingereicht und bewertet. In den Übungsveranstaltungen wurden die Aufgaben durch Studierende oder Dozierende an der Tafel vorgerechnet und besprochen.

Je nach Veranstaltung waren unterschiedliche Beiträge zu Leistungsnachweisen zu erbringen, um die Zulassung zur Modulprüfung zu erlangen. Zum Beispiel waren dies ein gewisser Anteil an erfolgreich bearbeiteten Übungsaufgaben, gegebenenfalls Vorrechnen in den Übungsveranstaltungen und schriftliche Leistungsnachweise in Präsenz. Insbesondere wurden hierbei Rechenfertigkeiten nachgewiesen. Die Modulprüfungen aller erwähnten Veranstaltungen sind in Magdeburg in mündlicher Form durchzuführen. Hierbei werden vor allem inhaltliche Kenntnisse und inhaltliches Verständnis geprüft sowie zentrale Formeln und sehr kurze Rechnungen. Diese Einzelprüfungen in Präsenz fanden in der Regel zusammen mit einer:m Beisitzer:in an einem Tisch statt, wobei auf ein Blatt Papier geschrieben wurde.

3. Wechsel in die Online-Lehre

Unsere Lehrveranstaltung im Bachelor Physik startete im Wintersemester 2020/2021 unter entsprechenden Hygienemaßnahmen in Präsenz. Als Medium zur Wissensvermittlung diente der klassische Tafelanschrieb. Aufgrund der pandemischen Entwicklung wurde jedoch nach wenigen Wochen eine Umstellung auf digitale Medien und Online-Lehre notwendig. Entsprechend wurden unsere Veranstaltungen das verbleibende Wintersemester 2020/2021 und das gesamte Sommersemester 2021 vollständig online abgehalten.

Aus den oben dargestellten Gründen setzten wir uns als Ziel, das Erlebnis des Tafelanschriebs in Präsenz mit der Möglichkeit zum Mitschreiben bei der Umstellung auf digitale Formate möglichst abzubilden. Auch die Möglichkeit, in Echtzeit Rückfragen zu stellen, sollte gegeben sein. Wir wählten daher das Format synchroner Online-Live-Veranstaltungen. An der Otto-von-Guericke-Universität stand und steht hierfür die Videokonferenzsoftware Zoom zur Verfügung [3]. Andere häufig verwendete Formate sind zum Beispiel die Besprechung vorbereiteter Folien, Vorlesungsskripte und Lösungen zu Übungsaufgaben in Videokonferenzen; das Bereitstellen vorproduzierter Videos zum eigenständigen asynchronen Studium, gegebenenfalls ergänzt durch zusätzliche synchrone Fragestunden; oder die Ausgabe fertiger Skripte und Lösungen zum eigenständigen Studium mit anschließenden Online-Besprechungen. Alle diese Formate bieten ihre eigenen Vorteile. Jedoch befanden wir aufgrund der geschilderten fachspezifischen Besonderheiten der Lehre in der Theoretischen Physik die Umsetzung als synchrone Online-Live-Veranstaltungen mit „Live-Anschrieb“ am geeignetsten.

Um ein solches, digitales Format zu realisieren, beschafften wir aktive Displays mit Stifteingabe, in unserem Fall Wacom Cintiq 16 [4]. In den Online-Vorlesungen erstellten wir mit einfachen Grafikprogrammen lange leere Seiten, die mittels Zoom in der Videokonferenz für alle Teilnehmenden einsehbar waren („Bildschirm teilen“). Darauf wurde das Skript live angeschrieben. Wie an der Tafel im Hörsaal waren so zum Beispiel in längeren Herleitungen die vorherigen Rechenschritte verfügbar und es konnte darauf durch Zurückscrollen Bezug genommen werden. Farbliche Markierungen als sehr einfaches aber effektives Hilfsmittel sind ebenso möglich. Es wurde darauf geachtet, den Studierenden ausreichend Zeit zum Mitschreiben der Inhalte zu geben, bevor die angeschriebenen Zeilen durch das Weiterscrollen verschwinden. Als Vorteil gegenüber der Verwendung der Tafel im Hörsaal können die Dokumente am Ende gespeichert werden und sind in späteren Veranstaltungen, zum Beispiel bei Rückfragen, Unklarheiten oder bei Bezug auf frühere Herleitungen, weiterhin verfügbar. Zwischenfragen durch die Studierenden waren jederzeit möglich und wurden ermutigt. In der

Praxis ergab sich häufig ein reger Dialog, der kaum von entsprechenden Erfahrungen im Hörsaal in Präsenz zu unterscheiden war, auch wenn fast niemand der Studierenden eine Kamera verwendete. Das Vorlesungsskript wurde den Studierenden nach den Veranstaltungen online zur Verfügung gestellt. Hierzu wurde die zentrale E-Learning-Plattform (Moodle) der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg verwendet [5,6]. In der Regel und außerhalb der Prüfungszeiten nahmen die meisten Studierenden an den Online-Vorlesungen teil.

Die Veranstaltungen zur Besprechung der Übungsaufgaben wurden im selben Format durchgeführt und unterschieden sich nur dahingehend, dass zum Anschreiben direkt das digitale Whiteboard der Konferenzsoftware Zoom verwendet wurde. Hier ist kein fortlaufendes Scrollen sondern ein Umblättern von Seiten implementiert. Aufgrund der klar voneinander abgegrenzten Aufgaben ist dies möglich. Da nur wenige Studierende über entsprechende technische Möglichkeiten verfügten, wurde im Gegensatz zur Präsenzlehre auf das Vorrechnen durch Studierende verzichtet und dieses vollständig durch die Übungsleiter:innen übernommen. Die in den Übungsveranstaltungen besonders zentrale Möglichkeit für Rückfragen unmittelbar zu einzelnen Rechenschritten war weiterhin gegeben und wurde intensiv genutzt. Generell fand die Besprechung der Übungsaufgaben im Online-Plenum und nicht in Zoom-Breakout-Räumen statt.

In den Veranstaltungen zum Bachelor Physik setzten sich die Leistungsnachweise aus erfolgreich bearbeiteten Übungsaufgaben und schriftlichen Zwischentests zusammen. Die Übungsaufgaben wurden digital über die E-Learning-Plattform zur Verfügung gestellt. Nach ungefähr einwöchiger Bearbeitungszeit wurden sie dort durch die Studierenden in digitalisierter Form, zum Beispiel als Scan oder Foto, wieder hochgeladen. Die E-Learning-Plattform erlaubte weiterhin ein digitales Kommentieren und Bewerten der hochgeladenen Lösungen, wobei die Bemerkungen und Bewertungen durch die Studierenden einsehbar waren. Die schriftlichen Zwischentests wurden ebenfalls per E-Learning-Plattform durchgeführt. Zu einem bestimmten Zeitpunkt wurden die Aufgaben freigegeben, die Studierenden

hatten dann einen festgelegten Zeitraum (je nach Test 60 oder 80 Minuten), um die Aufgaben zu Hause zu bearbeiten. Zusätzlich zur Bearbeitungszeit waren 20 Minuten zur Digitalisierung und zum Hochladen der Lösungen vorgesehen. Dabei waren die Studierenden zu eigenständiger Arbeit angehalten und Hilfsmittel waren nicht erlaubt. Wir betonen hier den hohen Grad an Ehrlichkeit und Aufrichtigkeit der Studierenden bei diesem Vorgehen. Bis auf wenige unklare Einzelfälle konnten wir keine offensichtlichen Abweichungen von den Vorgaben oder Täuschungsversuche feststellen. Dennoch werden wir die Zwischentests nach Möglichkeit in Zukunft wieder in Präsenz durchführen. In den Veranstaltungen zum Master Physik bestanden die Leistungsnachweise aus mündlichen Tests, die ähnlich zu den im Folgenden geschilderten Modulprüfungen durchgeführt wurde.

Die Modulprüfungen zu allen gelisteten Veranstaltungen finden in Magdeburg mündlich statt [7]. In digitalen Formaten wurden diese mündlichen Prüfungen ebenfalls mit Hilfe der Videokonferenzsoftware Zoom realisiert. Bei Fragen, die mündlich beantwortet werden konnten, stellte dies kein Problem dar. Bei Fragen, in denen kurze schriftliche Berechnungen oder Formeln als Antworten gefordert waren, konnte ähnlich wie in entsprechenden Präsenzprüfungen mit einem dunklen Stift auf ein Blatt Papier geschrieben werden. Anschließend wurden sie in die Kamera gehalten. Dieses Vorgehen verlief vollkommen problemfrei. Manche Studierende waren auch selbst bereits mit Geräten zur digitalen Eingabe per Stift ausgestattet und durften diese natürlich verwenden.

4. Übergang zurück über die Präsenzlehre in anschließende Hybridlehre

Das Wintersemester 2021/2022 startete an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg wieder mit Präsenzlehre. Dies wurde längere Zeit beibehalten. Erst in der Vorweihnachtszeit und insbesondere mit dem Jahreswechsel wurden unsere Veranstaltungen auf hybride Formate umgestellt. Dies bedeutete ein fortgeführtes Präsenzangebot der Veranstaltungen.

Jedoch konnten die Studierenden ebenso digital teilnehmen und dies frei entscheiden.

Der Übergang von der Präsenz- in die Hybridlehre in der Vorlesung gestaltete sich für uns relativ unproblematisch. Aufbauend auf die Ausstattung für die Online-Lehre führten wir im Vorlesungsraum den Live-Anschrieb mit digitalen Mitteln durch. Die Eingabe erfolgte per aktivem Display mit Eingabestift über einen Laptop und Projektion per Beamer. Anders ausgedrückt wurde nun im Vorlesungsraum das zuvor online erprobte Format des synchronen digitalen Live-Anschriebs umgesetzt.

Gleichzeitig wurde die Schreibfläche auf dem Laptop per Zoom-Videokonferenz als synchrone Online-Veranstaltung geteilt. Laptopmikrofon und Kamera lieferten nach Auskunft der Studierenden ausreichend gute Ton- und Bildqualität. Die Studierenden konnten somit frei entscheiden, ob sie die Vorlesung in Präsenz im Veranstaltungsraum oder als synchrone Online-Veranstaltung digital verfolgten, mit identischem Inhalt, der per Live-Anschrieb vermittelt wurde. Beide Varianten wurden von den Studierenden genutzt, zum Teil im Wechsel. Besonders positiv ist zu vermerken, dass auch in dieser Hybridvariante weiterhin Rückfragen durch die Studierenden erfolgten und Diskussionen entstanden, auch über die Grenzen der Online- und Präsenzteilnahme hinweg.

Für die Abgabe der Lösungen zu den Übungsaufgaben und deren Korrektur nutzten wir weiterhin das digitale Verfahren per E-Learning-Plattform [5]. Die Besprechung der Übungsaufgaben erfolgte weiterhin in Präsenz, wobei hierfür ein genügend großer Hörsaal gefunden werden konnte. Dies ermöglichte das Vorrechnen der Lösungen durch die teilnehmenden Studierenden und direkte Diskussionen und Rückfragen dazu. Die Lösungen wurden ebenfalls per E-Learning-Plattform bereitgestellt. Die schriftlichen Zwischentests führten wir gleichzeitig in Präsenz und entsprechend des oben beschriebenen Verfahrens digital über die E-Learning-Plattform durch, wobei sich die Studierenden frei zwischen den beiden Varianten entscheiden konnten. Beide Varianten wurden zu etwa gleichen Teilen genutzt. Unsere Bemerkungen

oben zur Ehrlichkeit und Aufrichtigkeit der Studierenden trafen weiterhin zu. Die Korrektur und Bewertung erfolgte wiederum per E-Learning-Plattform, wofür wir die analog in Präsenz abgegebenen Lösungen digitalisierten.

5. Rückkehr in die Präsenzlehre

Im Sommersemester 2022 fanden die meisten Lehrveranstaltungen an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg unter entsprechenden Hygienemaßnahmen wieder in Präsenz statt, so auch die von uns angebotenen. Die für uns zentrale Erkenntnis gewannen wir, als wir die Studierenden befragten, welchem Format des Anschreibens sie in den Präsenzveranstaltungen den Vorzug geben würden. Zur Auswahl standen einerseits die digitale Eingabe über ein Display per Eingabestift, Laptop und Projektion per Beamer sowie andererseits der klassische Tafelanschrieb.

Für uns überraschend sprach sich die Mehrheit der befragten Studierenden für den digitalen Live-Anschrieb per Beamer-Projektion auch in der Präsenzveranstaltung aus gegenüber der klassischen, analogen Tafelvariante. Als Grund wurde zum Beispiel die bessere Lesbarkeit und bessere Sichtbarkeit der höher angebrachten Projektionsfläche aus den hinteren Reihen genannt. Hauptsächlich schien den Studierenden aber wichtig, dass die Dozierenden bei der Beamer-Variante beim Schreiben durchgängig den Studierenden zugewandt bleiben und ihnen nicht zwischenzeitlich beim Anschreiben an die Tafel den Rücken zuwenden (siehe auch die Evaluationsergebnisse unten).

Auf Dozierendenseite ist zu vermerken, dass die digitale Variante körperlich deutlich weniger fordernd ist. Allerdings sind merklich längere Auf- und Abbauzeiten vor und nach der Vorlesung erforderlich (jeweils ca. 10 – 15 Minuten) im Vergleich zum Tafelanschrieb. Insgesamt führten diese Erkenntnisse dazu, dass wir seitdem im Vorlesungsbetrieb auf die digitale Variante per Beamer-Projektion umstellten.

Auf diese Weise erhielten während der Online-Lehre entwickelte Routinen nun voraussichtlich auch längerfristig Einzug in die Präsenzlehre vor Ort. Ein wesentlicher Vorteil dieses Vorgehens ist die weiterhin unkomplizierte

Möglichkeit und Flexibilität, die Veranstaltungen hybrid durchzuführen. Dadurch wird Studierenden eine Teilnahmemöglichkeit eröffnet, die aus unterschiedlichen Gründen zu Veranstaltungsterminen in Präsenz verhindert sind. Dieses Angebot wird häufig genutzt, wobei wir eine mehrheitliche Präferenz der Studierenden zur Teilnahme in Präsenz wahrnehmen.

6. Evaluation durch die Studierenden

Um zu einer detaillierteren Einschätzung der Situation der Studierenden und der von uns verwendeten Lehrformate zu gelangen, führten wir am Ende der Vorlesungszeit des Wintersemesters 2021/2022 eine Online-Umfrage per E-Learning-Plattform durch. Der anonymisierte Rücklauf umfasste 17 Teilnehmende. Zumindest Tendenzen lassen sich aus diesem Rücklauf ablesen. Nicht jede Frage musste beantwortet werden, was die schwankenden Zahlen in den unten dargestellten Ergebnissen erklärt. In der Evaluation wurden unterschiedliche Lehrformate verglichen, aber auch Fragen zum Beispiel zum Lernerfolg in der Online-Lehre, zum Umgang mit reduzierten sozialen Kontakten und zum Lernumfeld gestellt.

Zunächst wurden unterschiedliche Lehrformate verglichen, wobei wir zwischen fünf Formaten unterschieden:

- Format 1: Präsenzveranstaltung mit klassischem Live-Anschrieb an der Tafel. Bemerkungen zu diesem traditionellen Format wurden oben angeführt.
- Format 2: Synchroner Online-Veranstaltung per digitalem Live-Anschrieb. Dieses Format entspricht der von uns verwendeten digitalen Variante. Bemerkungen zu diesem Format wurden ebenfalls oben angeführt. Wir sprechen von einer synchronen Veranstaltung, da sich Studierende und Dozierende zeitgleich in einer Videokonferenz treffen und somit in Echtzeit kommunizieren.
- Format 3: Synchroner Online-Veranstaltung mittels vorbereiteter Medien, zum Beispiel Besprechen von Power-Point-Folien oder Durchscrollen eines Vorlesungsskripts bei gleichzeitiger mündlicher Erläuterung

durch die Dozierenden. Auch wenn einzelne digitale Notizen eingefügt werden, steht der Live-Anschrieb hier nicht im Vordergrund.

- Format 4: Asynchrone Online-Veranstaltung. Hierbei bereiten die Lehrverantwortlichen digitale Materialien vor und stellen sie den Studierenden online zur Verfügung. Den Studierenden ist freigestellt, wann genau sie die Materialien abrufen und durcharbeiten wollen. Beispiele hierfür sind aufgezeichnete Videos von Vorlesungen mit Tafelanschrieb, aufgezeichnete

Besprechungen von Power-Point-Folien oder Vorlesungsskripten, also Formate, welche zu einem gewissen Grad synchrone Veranstaltungen nachbilden, aber asynchron und auch wiederholt abgerufen werden können.

- Format 5: Selbständiges Durcharbeiten des Vorlesungsstoffes. Mit diesem Format beziehen wir uns auf das eigenständige (asynchrone) Durcharbeiten traditioneller Lernmaterialien wie Vorlesungsskripte, Lösungen von Übungsaufgaben oder Buchkapitel.

Rein subjektiv, d.h. unabhängig von tatsächlichem Feedback wie Noten, Punktzahlen, etc., wie schätzen Sie Ihren Lernerfolg bei synchronen Onlineveranstaltungen mit Live-Anschrieb ein im Vergleich...

Unter Berücksichtigung von tatsächlichem Feedback wie Noten, Punktzahlen, etc., wie fällt Ihr Lernerfolg Ihrer Meinung nach bei synchronen Onlineveranstaltungen mit Live-Anschrieb aus im Vergleich...

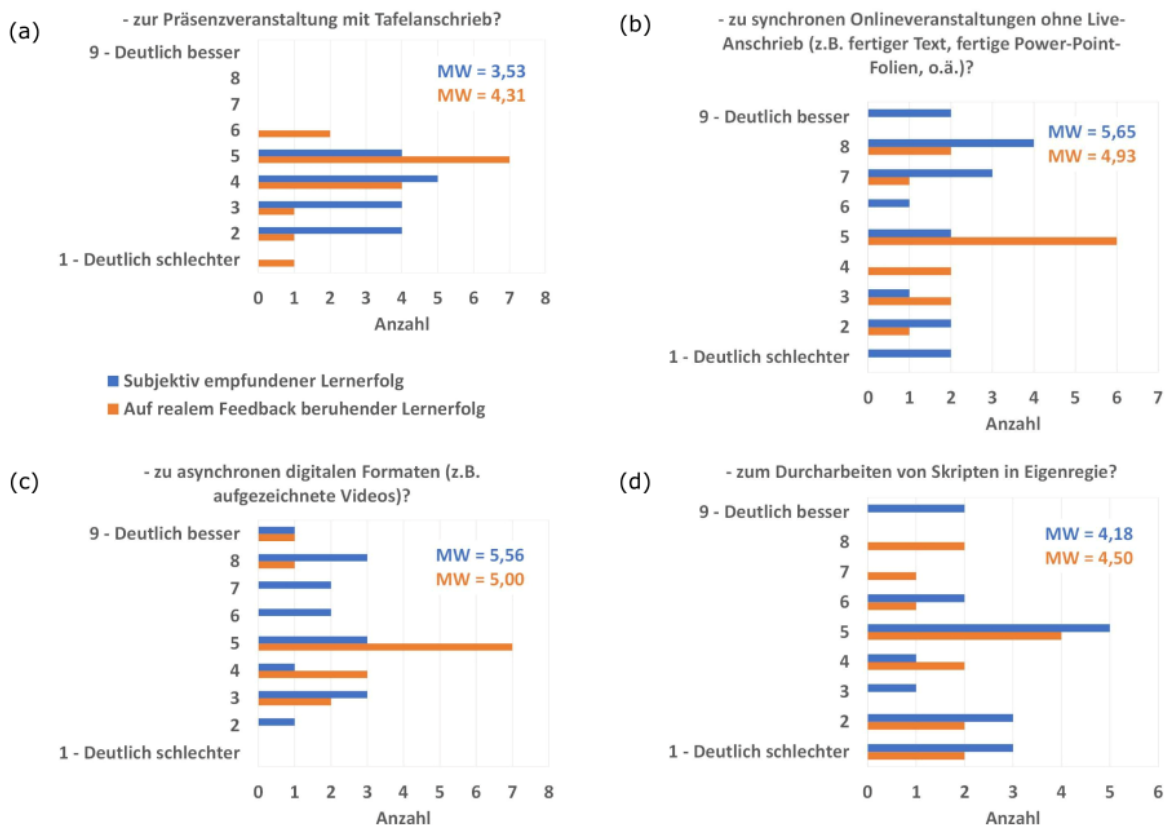


Abb. 1: Einschätzung der Studierenden bezüglich ihres wahrgenommenen Lernerfolgs im von uns angebotenen synchronen Online-Format mit Live-Anschrieb relativ zu anderen Lehrformaten, nämlich (a) der klassischen Präsenzveranstaltung mit Tafelanschrieb, (b) synchronen Online-Veranstaltungen ohne Live-Anschrieb aber anhand von vorbereiteten Folien, Skripten und ähnlichen vorgefertigten Unterlagen, (c) asynchronen digitalen Formaten wie aufgezeichneten Videos und (d) dem eigenständigen Durcharbeiten zur Verfügung gestellter Materialien wie Skripte oder Buchkapitel. Die Rückmeldung erfolgte einerseits entsprechend des subjektiven Eindrucks (blau) und andererseits beruhend auf tatsächlichem Feedback wie Prüfungsergebnissen (orange).

Das zentrale Kriterium bei der Bewertung der aufgeführten Formate war für uns der Lernerfolg der Studierenden. Daher baten wir die

Studierenden um ihre Einschätzung der verschiedenen Formate (Formate 1, 3, 4 und 5 in der Liste oben) relativ zum von uns gewählten

synchronen Online-Format mit Live-Anschieb (Format 2). Wir befragten die Studierenden einerseits nach ihrem subjektiv empfundenen Lernerfolg, also unabhängig von tatsächlichem Feedback durch erzielte Punkte in Leistungsnachweisen oder Ergebnissen in Modulprüfungen, siehe Abb. 1. Andererseits baten wir um eine Einschätzung des Lernerfolgs auf der Grundlage von tatsächlich erfolgtem Feedback, siehe ebenfalls Abb. 1.

Klar erkennbar ist hier, dass die Befragten subjektiv ihren Lernerfolg im Mittel in unserem synchronen Online-Format mit Live-Anschieb (Format 2 in der Liste oben) schlechter einschätzten als in der traditionellen Präsenzveranstaltung (Format 1 in der Liste oben), siehe Abb. 1(a). Diese Aussage neutralisiert sich nahezu, wenn die Studierenden tatsächliches Feedback wie erzielte Punktzahlen und Prüfungsergebnisse einbeziehen. Tatsächlich konnten wir auf der Dozierendenseite im Mittel keinen Abfall des Lernerfolgs unter den Studierenden bei den Leistungsnachweisen und Prüfungen feststellen im Vergleich zu unseren längerjährigen Lehr- und Prüfungserfahrungen vor der Pandemie.

Die anderen synchronen und asynchronen Online-Formate (Formate 3 und 4 in der Liste oben) wurden in dieser Hinsicht durch die Studierenden im Mittel als weniger erfolgreich im Vergleich zum von uns gewählten Format bewertet, siehe Abb. 1(b) und (c). Auffällig ist, dass das eigenständige Durcharbeiten der bereitgestellten Skripte (Format 5 in der Liste oben) im Mittel als vergleichsweise erfolgreicher empfunden wurde, siehe Abb. 1(d). Jedoch neutralisiert sich diese Einschätzung, wenn auch das tatsächliche Feedback, welches die Studierenden zu ihren Leistungen erhielten, einbezogen wird. Insgesamt vermitteln die Umfrageergebnisse den Eindruck, dass die gewählte Kombination der synchronen Online-Veranstaltung mit Live-Anschieb und zusätzlicher Online-Bereitstellung von Vorlesungsskript und Lösungen zu Übungsaufgaben eine sinnvolle Variante im Online-Betrieb darstellt.

Da wir davon ausgehen, dass die (empfundene) Konzentrationsfähigkeit der Studierenden mit dem subjektiven Lernerfolg zusammenhängt, befragten wir die Studierenden bezüglich ihrer Konzentrationsfähigkeit in den

verschiedenen Formaten, siehe Abb. 2. Die Abfrage wurde hier absolut für die fünf oben genannten Formate durchgeführt, nicht relativ zu unserem Online-Format.

Dabei empfanden die befragten Studierenden im Mittel das stärkste Konzentrationsvermögen in Präsenzveranstaltungen mit Tafelanschrieb, gefolgt von dem von uns gewählten synchronen Online-Format mit Live-Anschieb. Interessanterweise erhielt die (häufig in anderen Veranstaltungen gewählte) Lehrform der synchronen Online-Veranstaltung mit fertigen Materialien (ohne Live-Anschieb) im Mittel die schlechteste Bewertung im Hinblick auf die Konzentrationsfähigkeit. Asynchrone Online-Veranstaltungen und das Durcharbeiten von Skripten in Eigenregie wurden bezüglich der Konzentrationsfähigkeit im Mittel besser bewertet als die synchrone Online-Veranstaltung mit fertigen Materialien.

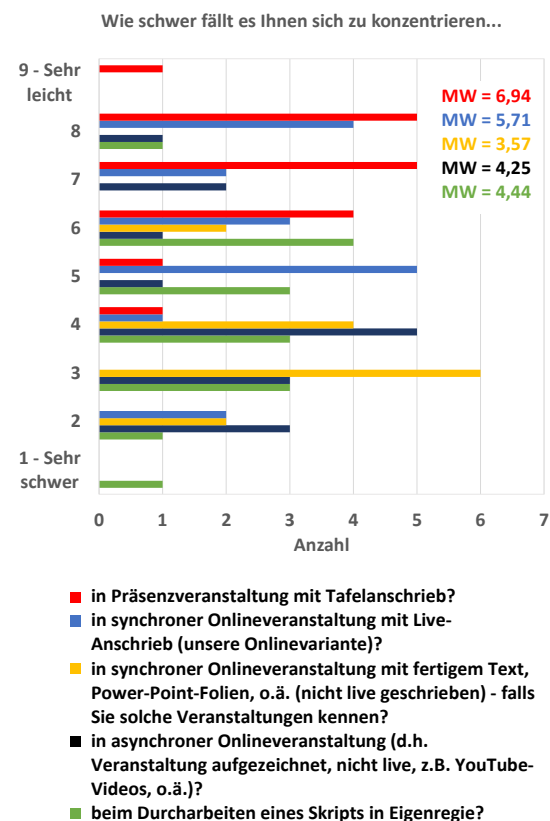


Abb. 2: Einschätzung der Studierenden bezüglich ihrer Konzentrationsfähigkeit in den unterschiedlichen Lehrformaten.

Ein weiteres Indiz dafür, dass einige Studierende Präsenzveranstaltungen mit erhöhter Konzentrationsfähigkeit verknüpfen, ist die

Präsenzteilnahmequote an den Beiträgen zu schriftlichen Leistungsnachweisen. So nahmen wiederholt ungefähr 50 % der Studierenden trotz alternativ angebotener Online-Variante in Präsenz teil. Hier wurde auf die Möglichkeit zur erhöhten Fokussierung verwiesen.

Im Zusammenhang mit der Konzentrationsfähigkeit bei Online-Veranstaltungen war uns noch wichtig herauszufinden, inwiefern es den Studierenden aufgrund ihrer persönlichen Wohnsituation überhaupt möglich war, ein entsprechendes Umfeld zum Verfolgen digitaler Lehrveranstaltungen zu finden.

Wie aus Abb. 3 ersichtlich ist, fällt es einem wesentlichen Teil der Studierenden nicht leicht, in ihrer derzeitigen Wohnsituation eine ruhige Umgebung herzustellen. Dieses Problem lässt sich vermutlich nur schwer durch Anpassen der Online-Lehrformate lösen und spricht sehr für mindestens hybride Formate, an denen zumindest ein Teil der Studierenden in Präsenz vor Ort teilnehmen kann.

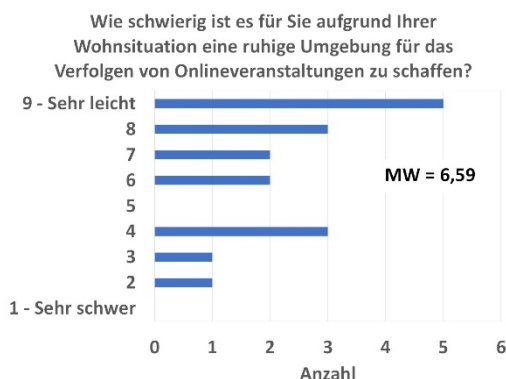


Abb. 3: Rückmeldung der Studierenden bezüglich ihrer Möglichkeit zur Herstellung einer ruhigen Lernumgebung im Hinblick auf ihre Wohnsituation.

Oben erwähnten wir bereits, dass wir die Möglichkeit der Studierenden, während der Veranstaltungen direkte Rückfragen zu stellen, als äußerst wichtige Komponente einschätzen. Daher wollten wir herauszufinden, ob es in der Online-Lehre zu erhöhten Hemmschwellen kommt, in Veranstaltungen Fragen zu stellen. Hier gab die Mehrheit der Studierenden an, in den synchronen Online-Formaten in dieser Hinsicht mehr Hemmungen als in Präsenzveranstaltungen zu verspüren, siehe Abb. 4.

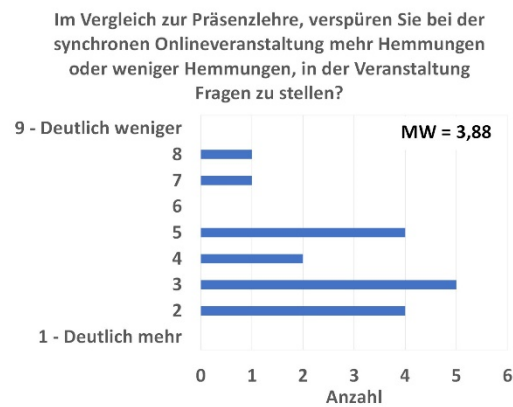


Abb. 4: Persönliche Hürden zum Stellen von Nachfragen im Digitalformat relativ zur Präsenzlehre.

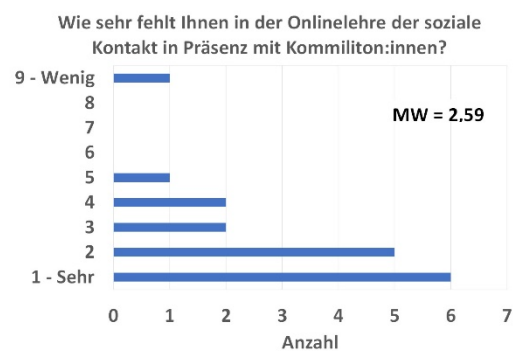


Abb. 5: Rückmeldung zur subjektiven Wahrnehmung des fehlenden sozialen Kontakts zu Kommiliton:innen im Rahmen der Online-Lehre.

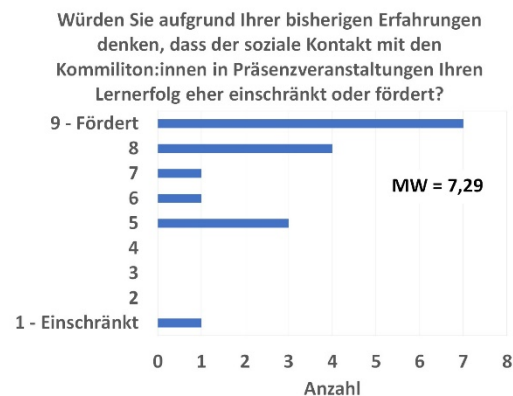


Abb. 6: Einschätzung der Studierenden bezüglich der Auswirkungen des sozialen Kontakts zu Kommiliton:innen in Präsenz auf ihren Lernerfolg.

Des Weiteren überrascht wenig, dass den meisten Studierenden im Online-Betrieb der direkte soziale Kontakt zu den Mitstudierenden fehlt, siehe Abb. 5. Interessant ist die Einschätzung der Studierenden, wonach diese fehlende Komponente mitverantwortlich für den im Mittel subjektiv als reduziert empfundenen Lernerfolg im Online-Betrieb ist, siehe

Abb. 6. Auch der fehlende Präsenzkontakt mit den Dozierenden reduziert nach Einschätzung der Studierenden den Lernerfolg, siehe Abb. 7.

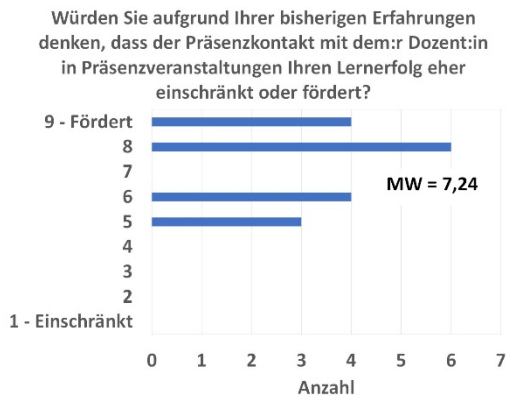


Abb. 7: Einschätzung der Studierenden im Hinblick auf die Auswirkungen des Präsenzkontakts zu den Dozierenden auf ihren Lernerfolg.

Zusammenfassend wollten wir herausfinden, wie die Studierenden insgesamt die von uns angebotenen synchronen Online-Veranstaltungen mit Live-Anschieb im Vergleich zu traditionellen Präsenzveranstaltungen mit Tafelanschrieb bewerten. Wir erwarteten einen deutlichen Unterschied zwischen Vorlesungen und Besprechungen zu den Übungen, da letztere in der Regel stärker durch Diskussionen geprägt sind.

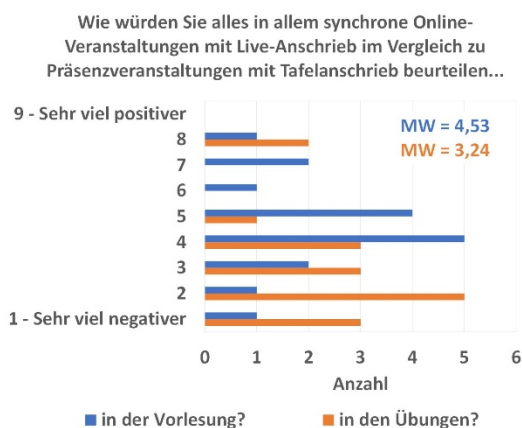


Abb. 8: Unter Berücksichtigung aller Aspekte, Vergleich durch die Studierenden der digitalen Online-Lehre per Live-Anschieb mit der gewöhnlichen Präsenzlehre per Tafelanschrieb, aufgeschlüsselt in Vorlesungs- und Übungsveranstaltungen.

Tatsächlich gibt die Mehrheit der Studierenden im Übungsbetrieb Präsenzveranstaltungen den Vorzug, siehe Abb. 8. Im Gegensatz dazu sehen die Studierenden im Vorlesungsbetrieb

unter Berücksichtigung aller Aspekte im Mittel die synchronen Online-Veranstaltungen mit Live-Anschieb als quasi gleichwertig zu den traditionellen Präsenzveranstaltungen an, siehe ebenfalls Abb. 8. Letzteres betrachten wir als Erfolg der Umsetzung unserer Online-Lehre in diesem Bereich der Theoretischen Physik. Es eröffnet gleichzeitig entsprechende Möglichkeiten bei der Gestaltung zukünftiger Lehrformate.

Abschließend stellte sich für uns die Frage, ob Elemente der Online-Lehre auch zukünftig nach Rückkehr in die Präsenzlehre oder in hybriden Lehrformaten übernommen werden sollten. Wie bereits oben erwähnt, sprach sich die Mehrheit der Studierenden dafür aus, auch in der Präsenzlehre einem digitalen Live-Anschieb per Beamer-Projektion den Vorzug zu geben gegenüber dem traditionellen Tafelanschrieb. Abbildung 9 zeigt die entsprechenden Umfrageergebnisse.

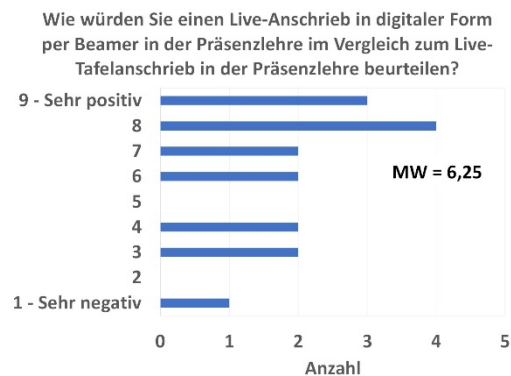


Abb. 9: Bewertung durch die Studierenden des digitalen Live-Anschiebs in der Präsenzlehre relativ zum typischen Live-Tafelanschrieb.

Als Begründungen wurden das einfache Einbinden digitaler Elemente wie Bilder oder Internetseiten sowie der dauerhaft mögliche Zugriff auf alles bereits Geschriebene bei späteren Fragen vermerkt, neben der oben bereits erwähnten besseren Les- und Sichtbarkeit sowie der unterbrechungslosen Zugewandtheit der Dozierenden zu den Studierenden.

7. Eigene Einschätzung

Im Mittelpunkt der Lehre stehen die Studierenden. Ihre Sichtweise wurde im vorherigen Abschnitt ausführlich beschrieben. Wir wollen

dennoch kurz unsere eigenen Eindrücke anführen.

Wir erwähnten bereits, dass der Auf- und Abbau der technischen Geräte sowie das Starten und Beenden der Videokonferenzen vor Ort in den Veranstaltungsräumen bei digitalem Live-Anschrieb ca. 10 bis 15 Minuten an Zeit vor und nach den Veranstaltungen beansprucht, im Gegensatz zum klassischen Tafelanschrieb. Bei eng getakteten Veranstaltungen kann dies einen Konfliktfaktor darstellen. Insbesondere leiden darunter abschließende Diskussionen von wenigen Minuten nach Ende der Veranstaltungen, die sich sonst häufig noch entwickeln. Umgekehrt steht während der Veranstaltungen im Vergleich zum Tafelanschrieb etwas mehr Zeit zur Verfügung, da das Tafelwischen entfällt.

Aus unserer Sicht gibt es noch einen weiteren, möglicherweise wesentlichen Aspekt, der zur beschriebenen, sehr positiven Entwicklung unserer Veranstaltungen beigetragen haben mag. Nachdem die Veranstaltungen zu Beginn der Wintersemester jeweils zumindest wenige Wochen in Präsenz stattfanden, konnten sich fast alle Studierenden und Dozierenden zunächst in Präsenz kennenlernen. Es erscheint uns plausibel, dass dies Kommunikationshemmungen im Online-Betrieb gesenkt und zum regen Austausch auch in den reinen Online-Phasen beigetragen hat. Insbesondere waren die Studierenden nicht verpflichtet, ihre Kamera bei den Online-Veranstaltungen zu verwenden. Ein Fehlen der initialen Präsenzveranstaltungen hätte dadurch vermutlich zu einer sehr anonymen Atmosphäre geführt. Dieser Aspekt sollte gegebenenfalls in Zukunft weiter untersucht werden. Möglicherweise ist es sinnvoll, auch bei reiner Online-Lehre zumindest eine Auftaktveranstaltung in Präsenz zu Beginn des Semesters durchzuführen.

Es überraschte uns nicht, dass Präsenzformate in den Übungsveranstaltungen von den Studierenden als wichtiger empfunden werden als in den Vorlesungen. Auf Seiten der Dozierenden machte sich bei ausgeschalteten Kameras auf Seiten der Studierenden die fehlende Möglichkeit, direkt visuell deren Reaktionen zu erkennen, stärker bemerkbar. Vertiefende Nachfragen und Diskussionen entstanden dadurch in den Übungsbesprechungen

seltener als im Präsenzbetrieb. Die Online-Abgabe der Lösungen zu den Übungsaufgaben funktionierte weitgehend reibungsfrei, wobei die Korrekturen über die E-Learning-Plattform etwas mehr Zeit beanspruchen als bei Abgabe auf Papier. Insgesamt konnten wir keine merkliche Verschlechterung der Leistungen der Studierenden bei der Bearbeitung der Übungsaufgaben im Vergleich zu Präsenzsemestern feststellen. Dasselbe trifft auch auf die weiteren Beiträge zu schriftlichen Leistungsnachweisen zu. Die notwendige Archivierung entsprechender Beiträge in digitalen Formaten ist vergleichsweise einfach möglich. Insgesamt planen wir, die digitalen Verfahren bei der Abgabe und Bewertung von bearbeiteten Übungsaufgaben beizubehalten. Wir werden auch weiterhin Vorlesungsskripte und Lösungen zu Übungsaufgaben nach den Veranstaltungen online per E-Learning-Plattform zur Verfügung stellen.

Die wichtigste neue Erkenntnis für uns aus den Evaluationen ist, dass die Mehrheit der Studierenden auch in den Präsenzveranstaltungen den digitalen Live-Anschrieb mit Projektion per Beamer dem Tafelanschrieb vorzieht. Dies hätten wir anders erwartet. Auch waren wir davon ausgegangen, dass unser Schriftbild an der Tafel ansprechender gestaltet wird, was mehrfach durch Studierende anders bewertet wurde. Zumindest in den Vorlesungen planen wir daher zukünftig auch in Präsenzveranstaltungen verstärkt nach diesem Format vorzugehen, sofern es die technischen und zeitlichen Möglichkeiten erlauben. In den Übungen ist dies weniger praktikabel, wenn unterschiedliche Studierende ihre Lösungen präsentieren.

Insgesamt freuen wir uns darüber, dass wir den Studierenden trotz der gegebenen Umstände um das Covid-19-Geschehen digitale Online- und Hybridveranstaltungen anbieten konnten, die auf große Resonanz stießen. Es lohnte sich, zu Beginn der Umstellung auf die Online-Lehre zu versuchen, die Situation und Notwendigkeiten aus dem Blickwinkel der Studierenden zu betrachten und darauf mit Hilfe des gewählten Formats möglichst gut einzugehen. Allgemein ist unser Eindruck, dass der Studienerfolg bei Online-Formaten noch stärker von der Motivation und Eigenverantwortlichkeit der jeweiligen Studierenden abhängt.

Dass die meisten Studierenden sich diesen Anforderungen erfolgreich stellten, war zum Beispiel klar an der erwähnten Aufrichtigkeit bei der unbeaufsichtigten Bearbeitung im Rahmen der schriftlichen Leistungsnachweise erkennbar. Es freut uns daher sehr, dass im Mittel die fachlichen Leistungen der Studierenden in unseren Veranstaltungen, soweit durch uns beurteilbar, nicht durch die gegebenen Umstände des Covid-19-Geschehens beeinträchtigt wurden.

8. Lessons Learned

Wir gingen davon aus, dass eine schrittweise Entwicklung der Inhalte inklusive Erläuterungen der Dozierenden mit Möglichkeiten zu unmittelbaren Rückfragen, verbunden mit der Motivation zum eigenen Mitschreiben der Formeln und Rechnungen, integrale Bestandteile der Lehre in der Theoretischen Physik darstellen, zumindest im Rahmen der von uns durchgeführten Veranstaltungen. Insgesamt sehen wir diese Annahmen bestätigt. Die positive Resonanz der Studierenden lässt uns darauf schließen, dass die Abbildung eines solchen Vorgehens auch in der digitalen Lehre ein sinnvolles und erfolgreiches Lehrformat in der Theoretischen Physik begründen. Daher werden wir in digitalen Formaten auch weiterhin synchronen Online-Veranstaltungen mit digitalem Live-Anschrieb per Videokonferenz den Vorzug geben.

Die für uns überraschendste Erkenntnis ist im Nachgang, dass die Mehrheit der Studierenden auch in Präsenzveranstaltungen digitales Live-Anschreiben per Display mit Eingabestift, Laptop und Projektion per Beamer gegenüber dem traditionellen Tafelanschrieb bevorzugt. Dies ist von großer Bedeutung, da es den Übergang in unterschiedliche hybride Formate erleichtert, zum Beispiel Präsenzveranstaltungen im Hörsaal kombiniert mit synchronen Online-Übertragungen per Videokonferenz. Derartige Formate dürften in Zukunft sicherlich an Bedeutung gewinnen, auch weil sie die Flexibilität auf der Studierendenseite erhöhen und gegebenenfalls individuellen Situationen besser gerecht werden können. Möglicherweise beeinflussen auch in reinen Online-Formaten initiale Treffen in Präsenz den weiteren Verlauf positiv.

In den Veranstaltungen zur Besprechung von Übungsaufgaben wurden im Online-Betrieb ebenfalls synchrone Veranstaltungen mit digitalem Live-Anschreiben per Videokonferenz bevorzugt. Hier erscheint jedoch die Durchführung in Präsenz dringender als in reinen Vorlesungen.

Insgesamt dürfen wir als Dozierende großes Vertrauen in die Motivation, Leistungsbereitschaft und Aufrichtigkeit der Studierenden bei entsprechenden Veranstaltungen setzen. Dies wurde in unserem Fall insbesondere aus den unbeaufsichtigten schriftlichen Leistungsnachweisen deutlich.

Danksagung

A. M. Menzel dankt der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) für die Förderung über das Heisenberg-Programm, Projektnummer ME 3571/4-1.

Literatur

- [1] https://www.verwaltungshandbuch.ovgu.de/Modulhandbücher-media_id-2442.html
(Stand 05.06.2022).
- [2] https://www.verwaltungshandbuch.ovgu.de/Modulhandbücher-media_id-2646.html
(Stand 05.06.2022).
- [3] <https://explore.zoom.us/de/products/meetings/>
(Stand 05.06.2022).
- [4] <https://wacom.com/de-de/products/pen-displays/wacom-cintiq>
(Stand 05.06.2022).
- [5] <https://elearning.ovgu.de/>
(Stand 05.06.2022).
- [6] <https://moodle.de/>
(Stand 05.06.2022).
- [7] <https://www.fnw.ovgu.de/Studium/Prüfungsamt/Studiendokumente/Physik.html>
(Stand 05.06.2022).



Lessons Learned bei der Umsetzung eines Inverted Classroom-Modells

D. Schumann*, T. Kämpfer, M. Bleckmann, V. K. Kuprat

Institut für Fabrikanlagen und Logistik, Leibniz Universität Hannover

Abstract

Für ein erfolgreiches Gelingen des Inverted Classroom-Konzepts ist die eigenständige Vorbereitung der Studierenden auf die Präsenzveranstaltung zwingend erforderlich. Damit die Studierenden für das Selbstlernen im Voraus motiviert sind, muss ein Mehrwert durch die Vorbereitung für sie entstehen. Dazu muss eine erfolgreiche Verzahnung der Selbstlerninhalte und der vertiefenden Praxisinhalte innerhalb der Präsenzveranstaltung erfolgen, damit die selbstgelernten Inhalte mit Beispielen verknüpft werden können und somit zu einem nachhaltigen Lernerfolg führen. In diesem Beitrag wird diese Herausforderung anhand einer beispielhaften Umsetzung eines Inverted Classroom-Konzepts für die Vorlesung „Produktionsmanagement und -logistik“ an der Leibniz Universität Hannover verdeutlicht. Im Rahmen der Pilotierung des Konzepts wurde festgestellt, dass eine vollständige Digitalisierung der Lerninhalte zu keinem Mehrwert für den Lernerfolg führt. Somit wurden die Erfahrungen aus der Pilotierung analysiert und das Konzept entsprechend angepasst. Die Anpassungen ermöglichten eine auf die selbstgelernten Inhalte aufbauende Präsenzveranstaltung und führten somit zu einer erfolgreichen Verzahnung von Selbstlernphase und Vorlesung im Rahmen eines Inverted Classrooms.

For the inverted classroom concept to be successful, it is imperative that students prepare themselves for the classroom event. In order for the students to be motivated for self-learning in advance, an added value must arise for them through the preparation. To achieve this, the self-learning content and the in-depth practical content must be successfully interlinked within the classroom event so that the self-learned content can be linked to examples and thus lead to sustainable learning success. This paper illustrates this challenge by means of an exemplary implementation of an inverted classroom concept for the lecture "Production Management and Logistics" at Leibniz University of Hanover. During the piloting of the concept, it was found that a complete digitization of the learning content does not lead to any added value for the learning success. Thus, the experiences from the piloting were analyzed and the concept was adapted accordingly. The adaptations made it possible to build on the self-learned content in the classroom and thus successfully dovetail the self-learning phase and the lecture as part of an inverted classroom.

*Corresponding author: schumann@ifa.uni-hannover.de

1. Das Inverted Classroom- Konzept

Der Ansatz des Inverted Classroom-Modells (auch Flipped Classroom genannt) verfolgt eine Umkehrung des klassischen Vorlesungsformats. Dabei sollen Studierende bereits im Voraus der Präsenzvorlesung sich eigenständig Wissen aneignen, um die Präsenzveranstaltung effektiver und mit aktiven Aufgaben nutzen zu können [1]. Neben der intensiveren Nutzung der Präsenzzeit bietet diese Art der Wissensvermittlung auch den Vorteil, dass Studierende durch die Verfügbarkeit der Lerninhalte selbstbestimmter und im eigenen Tempo lernen können [2]. Die eigenständige Vorbereitung der Studierenden auf die Präsenzveranstaltung ist zentraler Bestandteil des Konzepts und zwingend erforderlich für ein erfolgreiches Gelingen des Inverted-Konzepts. Die dafür erforderliche Motivation der Studierenden zu erhöhen, ist die größte Herausforderung bei dem Inverted Classroom-Modell [3]. Zur Umsetzung eines solchen Modells ist es zunächst erforderlich, die bisher analog vermittelten Lerninhalte für die Selbstlernphase aufzubereiten und zur Verfügung zu stellen. Dazu muss ein Umstieg von Datenblättern und Übungsaufgaben in Printform auf digitalisierte Lernmaterialien erfolgen. Heutige Lernmanagement-Systeme bieten dafür vielfältige Möglichkeiten, wie Lernvideos mit interaktiven Elementen oder computergestützte Verfahren wie Lernpfade [4].

Das Institut für Fabrikanlagen und Logistik entschied sich, die Vorteile dieses Konzepts für die Vorlesung „Produktionsmanagement und -logistik“ zu nutzen. Dazu sollte im Rahmen eines geförderten Projekts ein digitaler Inverted Classroom umgesetzt werden. Das Projekt wurde durch ein Förderprogramm zu Verbesserung der Lehre der Maschinenbau-Fakultät der Leibniz Universität Hannover ermöglicht. Mithilfe der Förderung konnten die bisherigen Vorlesungsinhalte in digitale Lerninhalte transformiert werden und das Konzept im Semester pilotiert werden. Im Rahmen der Pilotierung wurden zwei der elf Lernmodule im Inverted-Format umgesetzt, um zunächst Erfahrungen mit dem Konzept zu sammeln und eine Evaluation durch die Studierenden zu ermöglichen. Die Evaluation sowie die Erfahrungen des Lehrpersonals während der Pilotierung waren

enorm wertvoll zum Überdenken des Konzepts und somit für die vollständige Transformation der Lehrveranstaltung. Das Konzept der Pilotmodule, die Erfahrungen durch die Umsetzung sowie die darauffolgenden Anpassungen des Konzepts werden in diesem Beitrag beschrieben.

2. Herantasten mit Pilotmodulen

Die Vorlesung „Produktionsmanagement und -logistik“ ist schon seit Langem fester Bestandteil im Curriculum für verschiedene Studiengänge des Maschinenbaus und zählt pro Semester ca. 200 Teilnehmende. Der bisherige Aufbau der Veranstaltung ist eine wöchentlich stattfindende 90-minütige Vorlesung. Ergänzend finden im Anschluss 45-minütige Übungen statt, in denen praxisnahe Beispielaufgaben durchgerechnet werden. Als Wahlmodul kann die Vorlesung sowohl von Bachelor- als auch Masterstudierenden unterschiedlicher Fachrichtungen belegt werden. Somit ergibt sich die Herausforderung, dass die Studierenden unterschiedliche Kenntnisstände aufweisen und sich somit auch das individuelle Lerntempo stark unterscheiden kann aufgrund möglicher fehlender Vorkenntnisse. Daher war im Konzept vorgesehen, alle Inhalte durch Videos und Lerntexte zur Verfügung zu stellen, um ein eigenständiges Lernen im Selbststudium zu ermöglichen. Die dadurch freiwerdenden Kapazitäten im Präsenztermin der ursprünglichen Vorlesung sollten vorrangig zur Vertiefung der Inhalte dienen sowie einen Ausblick auf Praxisbeispiele und spätere Anwendungsfelder geben. Dazu wurden auch Vorträge von wissenschaftlichen Mitarbeitenden über aktuelle Forschungsprojekte des Instituts integriert. Darüber hinaus wurden die Studierenden aktiv mithilfe von Live-Questions sowie durch Live-Rechnen von Vertiefungsaufgaben eingebunden. In der Testphase wurde eine der beiden Präsenzveranstaltungen zu den jeweiligen Pilotmodulen digital (über BigBlueButton) und die andere in Präsenz im Hörsaal durchgeführt. Beide Formate sind für eine Umsetzung der Präsenzveranstaltung möglich. Jedoch sollte sich das Format für die geplanten Inhalte und Aktivitäten wie Gruppenarbeiten oder Umfragen eignen.

Im Rahmen der Durchführung der Pilotmodule konnte sich die digitale Durchführung der Veranstaltungstermine nicht durchsetzen: Ursprünglich geplante Gruppenarbeitsphasen konnten nicht zielführend durchgeführt werden, da ein großer Teil der Teilnehmer den digitalen Lernraum bei Start der Arbeitsphase verlassen hat. Grund für die mangelnde Teilnahme an der Gruppenarbeit war vermutlich eine mangelnde Vorbereitung seitens der Studierenden sowie das geringe Hemmnis des Verlassens der digitalen Veranstaltung. Lessons Learned daraus ist, dass solche Gruppenarbeiten und die dafür erforderlichen Vorbereitungen im Voraus angekündigt werden sollten. Ebenso erscheint die Hemmschwelle für die Teilnahme an Gruppenarbeiten im Rahmen von Präsenz- gegenüber digitalen Veranstaltungen geringer.

Die Pilotmodule wurden in digitale Lerneinheiten transformiert und auf einer Lernmanagement-Plattform (Ilias) zur Verfügung gestellt. Dabei wurde der gesamte Inhalt des bisherigen Vorlesungsskripts sowohl in interaktive Lernvideos als auch in Lerntexte mit teilweise interaktiven Abbildungen übertragen. Für eine bessere Einteilung zur Aneignung der Inhalte wurde das gesamte Vorlesungsmodul in kleinere Wissenseinheiten aufgeteilt. Ein Modul bestand somit aus 3-5 Wissenseinheiten, wobei sich die Wissenseinheiten an den Inhalten orientierten und somit der Umfang unterschiedlich groß sein konnte. Zur Einschätzung des Lernaufwands wurden die Wissenseinheiten mit sogenannten Aufwandspunkten gewichtet. Ein Lernvideo für eine Wissenseinheit war entsprechend 15-30 Minuten lang. Der dazugehörige Lerntext hat sich inhaltlich vollständig mit dem Lernvideo überschritten, um einerseits ein barrierefreies Lernen zu gewährleisten und andererseits individuelle Lernvorlieben zu ermöglichen. Zum Abschluss eines gesamten Moduls konnte ein Modulabschlussstest absolviert werden. Das Design und Fragenformat war dabei ähnlich wie bei der späteren Online-Prüfung, sodass die Studierenden sich bereits an das Prüfungsformat gewöhnen konnten. Auch das Design und der Aufbau der Module sollten einheitlich und für jedes Modul als Einstiegsbild in der Lernmanagement-Plattform sichtbar sein. Dieses Ein-

stiegsbild zeigte einen Überblick über alle Inhalte des Moduls und sollte den Studierenden als Leitfaden zur Bearbeitung der Lerninhalte dienen. Der Aufbau dieses Einstiegsbild für ein Modul ist in Abbildung 1 schematisch dargestellt.

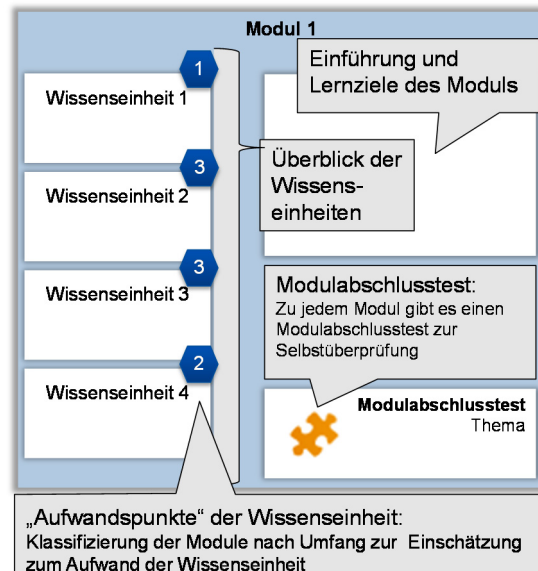


Abb. 1: Aufbau eines Moduls

3. Evaluation und Erfahrungen aus den Pilotmodulen

Die Pilotmodule wurden einerseits in aktiven Umfragen von den Studierenden evaluiert als auch durch das Lehrpersonal selbst. Das Feedback der Studierenden war dabei sehr durchwachsen. Neben vielen positiven Rückmeldungen gab es auch starke negative Kritik. Von den Teilnehmenden der Evaluation haben mehr als die Hälfte das Konzept als gut bewertet, 15% davon sogar als sehr gut. Einige Studierende haben angegeben, dass ihnen das Selbstlernen im Voraus nicht liegt (18%), 2% der Befragten fanden die Lernmaterialien sogar schwer verständlich. 22% der Studierenden gaben ehrlich an, dass sie sich bis zur Präsenzveranstaltung gar keine Lerninhalte angeschaut hatten. In Abbildung 2 sind die Ergebnisse der Evaluation grafisch dargestellt.

Neben der allgemeinen Einschätzung als geschlossene Frage konnten im Rahmen der Evaluation weitere Rückmeldungen in offenen Fragen angegeben werden. Für die interaktiven Videos als auch die Verfügbarkeit aller Lerninhalte im digitalen Format gab es viele positive Stimmen.



Abb. 2: Ergebnisse der Evaluation der Studierenden (Frage: Wie war das Selbstlernen im Inverted Classroom Format?)

Als negative Rückmeldung stach vor allem hervor, dass einige Studierende das Konzept als „Fernstudium“ bezeichneten und den Nutzen und die Funktion der Präsenzveranstaltung infrage stellten. Neben den Evaluationsergebnissen der Studierenden konnte der Erfolg der Pilotmodule auch anhand der aufgezeichneten Lernzeiten im Lernmanagement-System überprüft werden. Diese Aufzeichnung zeigte leider, dass nur ein Bruchteil der Studierenden ausreichend Zeit auf der Lernplattform im Voraus der Präsenzvorlesung verbracht haben, um alle Lerninhalte vollständig anzusehen. Ein Großteil der Studierenden hat nur sehr geringe Zeiteile auf der Lernplattform verbracht, bzw. die verbrachte Zeit erhöhte sich immens während der Klausurvorbereitung. Diese Erfahrungen verdeutlichten, dass das umgesetzte Konzept als Inverted Classroom in dieser Form gescheitert war. Durch die mangelnde Bearbeitung der Lerninhalte sind die Studierenden nicht ausreichend auf die Präsenzveranstaltung vorbereitet gewesen, sodass sie die Vertiefungen nur schwer nachvollziehen konnten, da ihnen die dafür erforderlichen Grundlagen fehlten. Als Gründe für die geringe Bearbeitungsquote wurden folgende Ursachen identifiziert:

Zum einen wurde das Lernpensum deutlich gesteigert, da allein die Lernvideos pro Modul insgesamt teilweise über 90 Minuten Gesamtlänge aufwies. Zusätzlich muss eigene Lern- und Vorbereitungszeit, die Zeit für die Präsenzveranstaltung sowie die Absolvierung des Modulabschluss-tests hinzugerechnet werden. Zum anderen war für die Studierenden nicht ersichtlich, wie sie sich auf die Präsenzveranstaltung vorbereiten sollten und auf welche Grundlagen diese aufbauen wird.

Ein weiterer Lerneffekt ergab sich aus den Lernvideos. Das Aufnehmen der Videos war mit einem enormen Aufwand verbunden, da einerseits ein aufgrund der hohen Qualitätsansprüche aufwendiges Technik-Set aufgebaut werden musste. Andererseits war die Aufnahme selbst sehr langdauernd, da die Ausdrucksweise und Erklärungen besonders beachtet werden mussten. Diese besondere Beachtung ist bei den Lernvideos sehr wichtig, da im Gegensatz zur Live-Vorlesung keine Nachfragen bei Missverständnissen möglich sind, sondern sich die Studierenden jederzeit erneut das Video ansehen können, sodass Unklarheiten und missverständliche Formulierungen in der Tonspur der Lernvideos stets zu vermeiden sind. Rückblickend wurde festgestellt, dass im Rahmen der Pilotmodule ausschließlich der Transfer der bisherigen Lerninhalte in Videos im Fokus stand und weniger die Überprüfung der Lerninhalte hinsichtlich Umfang oder Ergänzung. Das Ergebnis der Videoaufnahmen war somit eine vollständige Aufnahme der bisherigen Vorlesungsinhalte, sodass das Ziel der Verzahnung von Selbststudium und Präsenzveranstaltung nicht erfolgreich erreicht wurde. Die vollständige digitale Verfügbarkeit der Vorlesung führt zu großen Problemen für die Präsenzveranstaltung im Hörsaal. Weder eine schlichte Wiederholung der digitalen Inhalte noch eine zusätzliche Vertiefung ist sinnvoll für die Inhaltsvermittlung [4]. Die Wiederholung würde einen Teil obsolet machen, sodass vermutlich viele Studierende entweder unvorbereitet in die Veranstaltung gehen oder diese gar nicht erst besuchen. Eine zu intensive Vertiefung bringt die Gefahr, dass das Hauptziel des Lernmoduls vernachlässigt wird und somit den Lerneffekt schmälert.

Die Erfahrungen aus der Umsetzung der Pilotmodule haben folglich gezeigt, dass eine reine Übertragung der bisherigen Inhalte in digitale Formate zu keinem funktionierenden Inverted Classroom führt. Anstelle dessen sollte genau überprüft werden, welche der Inhalte im Voraus der Vorlesung als vorbereitende Grundlagen im Selbststudium erlernt werden sollten. Damit können die Selbstlerninhalte in der Vorlesung aufgegriffen werden und mit den neuen Inhalten aus der Vorlesung in einem Gesamtzusammenhang gebracht werden. Wenn

diese Gesamtzusammenhänge in der Präsenzveranstaltung deutlich werden und die Studierenden somit einen Lerneffekt erfahren, sind diese auch motiviert, die Inhalte vorzubereiten. Wie das bisherige Konzept für eine solche aufeinander aufbauende Verzahnung der Selbstlerninhalte und Präsenzveranstaltung anzupassen ist, wird im folgenden Kapitel beschrieben.

4. Konzeptanpassung durch Verzahnung von Selbststudium und Präsenzveranstaltung

Die Erfahrungen aus den umgesetzten Pilotmodulen zeigen, dass eine Überarbeitung des Konzepts erforderlich ist. Anstatt einer vollständigen Übertragung der Vorlesung in digitale Lerneinheiten, sind nur Grundlagenteile in das Selbststudium zu verlagern. Somit bleibt die Vorlesung im Hörsaal zum großen Teil bestehen, kann jedoch aufgrund der frei werdenden Zeit eine aktive Einbindung der Studierenden integrieren sowie mit Praxisbeispielen vertiefen. Die digitale Lernplattform, die für die beiden Pilotmodule aufgebaut wurde, wird nicht für die anderen Module in dieser Form aufgebaut, sondern zeigt nur noch die Selbstlerninhalte. Auch die Aufteilung der Module in kleinere Wissensseinheiten wird nicht weiter umgesetzt. Diese Aufteilung hatte im ursprünglichen Konzept das Ziel, die Inhalte und die erforderliche Lernaufwandszeit für das gesamte Modul besser einzuteilen. Da im neuen Konzept nicht mehr der gesamte Modulinhalt digital zum Selbstlernen zur Verfügung steht, ist diese Aufteilung nicht mehr zielführend. Weiterhin wird es jedoch eine ähnliche Übersicht je Modul, wie in Abbildung 1 gezeigt, geben. Statt der Wissensseinheiten werden die in der Selbstlernphase zu erarbeitenden Inhalte in dieser Übersichtseite abgebildet. Bestehen bleibt die Darstellung der Modul-Lernziele als zentrales Element. Diese sollen sowohl im Voraus als Vorschau auf die kommenden Inhalte, als auch im Nachgang als Kontrolle des Gelernten zur Orientierung dienen. Der zukünftige Ablauf im Rahmen des Inverted-Classroom-Konzepts ist in Abbildung 3 dargestellt.

Jeweils eine Woche vor der Präsenzvorlesung des jeweiligen Moduls erfolgt die Veröffentlichung der Übersichtseite mit den Lernzielen

des Moduls sowie mit den Selbstlerninhalten als „Hausaufgaben“ zur Vorbereitung auf die Vorlesung. Innerhalb der Vorlesung werden die Selbstlerninhalte durch Beispiele oder Übungsaufgaben vertieft und neue Inhalte erklärt und beides in einem Gesamtzusammenhang gebracht. Ohne Vorbereitung der Grundlagen kann das Verständnis der Gesamtzusammenhänge nur schwer erreicht werden und ein Durchführen der Übungsaufgaben wird nicht möglich sein. Das gezeigte Skript wird erst nach der Vorlesung auf der Lernplattform hochgeladen, da während der Vorlesung Fragen in das Auditorium gestellt werden, deren Lösungen in den jeweils nachfolgenden Seiten ersichtlich sind. Die Fragen beziehen sich auf die vorzubereitenden Selbstlerninhalte. Neben mündlichen Fragen werden auch internetbasierte Tools zur Beantwortung der Fragen auf mobilen Endgeräten der Studierenden eingebunden. Am Ende der Vorlesung werden die Selbstlerninhalte des folgenden Moduls angekündigt und die Übersichtsseite als Leitfaden für das Selbstlernen wird auf der Lernplattform zur Verfügung gestellt. Im Anschluss der Vorlesung wird der jeweilige Modulabschluss test freigeschaltet, sodass die Studierenden ihren Lernerfolg testen können.

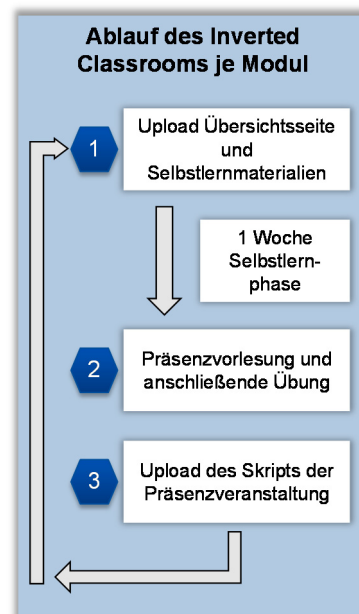


Abb. 3: Ablauf des Inverted Classrooms

Interaktive Lernvideos werden weiterhin Bestandteil der Selbstlernmaterialien sein. Diese behandeln jedoch Modelle und Werkzeuge, die

an mehreren Stellen anzuwenden sind und somit teilweise mehrfach als Vorbereitung dienen. Anstelle von digitalen Lernmaterialien wird auf ein bestehendes Lehrbuch als vorlesungsbegleitende Literatur zurückgegriffen. Dieses vorlesungsbegleitende Buch beschreibt das Hannoveraner Lieferkettenmodell, an dem sich die Vorlesung orientiert [5]. Für die Selbstlernphase zur Vorbereitung auf die Vorlesung werden explizite Seiten im Voraus benannt, die grundlegende Inhalte erklären, die für das Verständnis der weiterführenden Inhalte in der Vorlesung erforderlich sind. Ein weiterer Vorteil des vorlesungsbegleitenden Lehrbuchs ist, dass die Studierenden auch die in der Vorlesung besprochenen Inhalte eigenständig wiederholen können. Im angepassten Konzept besteht die Selbstlernphase also sowohl aus einigen Buchseiten als auch aus kurzen allgemeinen Lernvideos zu den wichtigsten Werkzeugen, die für das Produktionsmanagement erforderlich sind. Sowohl das Lehrbuch als auch die Lehrvideos schlagen somit die Brücke zwischen Selbststudium und Präsenzveranstaltung. Insgesamt ist der Vorbereitungsumfang deutlich verringert und erfordert ungefähr ein bis zwei Stunden Aufwand, weshalb die Bearbeitung innerhalb einer Woche gut machbar sein sollte. Die Selbstlernphase im Voraus und das dabei angeeignete Grundlagenwissen ermöglicht eine verkürzte Vorlesung, sodass zukünftig nicht mehr volle 90 Minuten erforderlich sein werden. Die freiwerdende Zeit kann somit für Vertiefungen und Praxisbeispiele genutzt werden. Weiterhin sollen Gruppenarbeitsphasen genutzt werden, um bereits kleinere Übungsaufgaben während der Vorlesung durchzuführen. Umfangreichere Übungsaufgaben werden jeweils im Anschluss der Vorlesung in der Übungsstunde durchgerechnet. Die erforderlichen Konzeptanpassungen für die Umsetzung des Inverted Classroom-Modells für die Veranstaltung „Produktionsmanagement und -logistik“ sind in Abbildung 4 veranschaulicht.

Mit den beschriebenen Anpassungen wird sichergestellt, dass die Präsenzvorlesung auf die im Voraus selbstgelernten Inhalte aufbaut und keine reine Wiederholung dieser Inhalte erfolgt. Darüber hinaus sollten die Vertiefungen durch Beispiele und Übungsaufgaben die Erforderlichkeit des Selbstlernens besonders

herausstellen, um die Motivation der Studierenden dafür zu erhöhen. Wenn dies gelingt, ist das Konzept des Inverted Classroom-Modells erfolgreich umgesetzt und ermöglicht sowohl ein effektives Lernen als auch das Lernen im eigenen Tempo durch das vorlesungsbegleitende Buch.

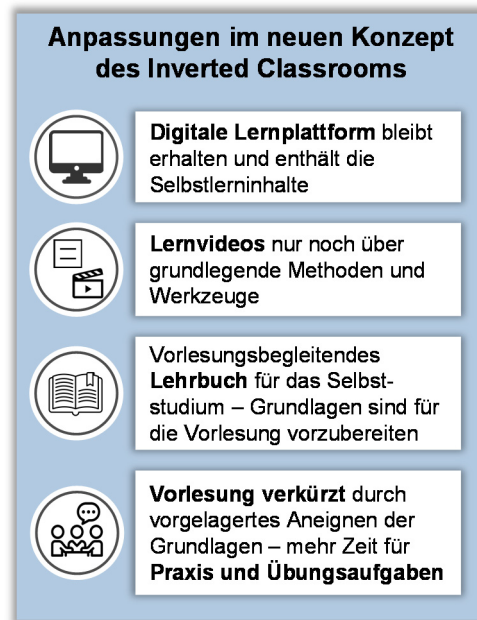


Abb. 4: Übersicht über die Anpassungen

5. Fazit und Ausblick

Wenn im Rahmen von Verbesserungsmaßnahmen für die Lehre neue Konzepte eingeführt werden, ist es grundsätzlich zu empfehlen, zunächst mit Pilotmodulen die Umsetzung zu erproben. Aufgrund der umfangreichen Pilotierung des ursprünglichen Konzepts konnten Schwachstellen und Fehler aufgedeckt werden. Das hier vorgestellte Lehrkonzept konnte durch das geschilderte Vorgehen erprobt, evaluiert und zielgerichtet zu einer verbesserten Veranstaltung transformiert werden. Die Konzeptanpassungen wurden im aktuellen Semester umgesetzt und die bisherigen Rückmeldungen sind sehr positiv. Dies spiegelt sich insbesondere auch durch die aktive Mitarbeit bei den Übungsaufgaben zu den selbstangeeigneten Grundlagen wider. Eine erneute Evaluation des Konzepts steht noch aus und wird am Ende des Semesters durchgeführt.

Literatur

- [1] Abeysekera, L., & Dawson, P. (2015). Motivation and Cognitive Load in the Flipped Classroom: Definition, Rationale and a Call for Research. *Higher Education Research & Development*, 34(1), 1-14.
- [2] Ebel, C. (2018). Der Flipped Classroom als Impuls für Schul- und Unterrichtsentwicklung in: *Flipped Classroom – Zeit für deinen Unterricht*. 19-21.
- [3] Schmidt, B. (2014). Improving Motivation and Learning Outcome in a Flipped Classroom Environment. *International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL)*. 689-690.
- [4] Handke, J. (2015). Shift Learning Activities – vom Inverted Classroom Mastery Model zum xMOOC in: *Digitale Medien und Interdisziplinarität*. 113-123.
- [5] Schmidt, M., & Nyhuis, P. (2021). *Produktionsplanung und -steuerung im Hannoveraner Lieferkettenmodell*: Springer Verlag.



Blended Learning mit Jupyter Notebooks

J. Brose*

Fakultät Physik, Technische Universität Dresden

Abstract

Seit 2021 findet jeweils in der vorlesungsfreien Zeit im Frühjahr der fakultative Blockkurs „Python in der Physik“ als Blended Learning Programmierkurs mit Wissensvermittlung im Inverted Classroom basierend auf Jupyter Notebooks mit interaktiven Elementen sowie im gleichen Umfang Arbeit an konkreten physikalischen Aufgaben in Kleingruppen im PC-Pool in Präsenz und unter Anleitung durch Tutoren statt. Im Beitrag werden die organisatorisch-technische Umsetzung sowie die gewonnenen Erkenntnisse aus dieser Veranstaltungsform präsentiert.

Since 2021, the optional block course "Python in Physics" has been held during the spring semester break as a blended learning programming course with knowledge transfer via inverted Classroom based on Jupyter notebooks with interactive elements and to the same extent work on concrete physical tasks in small groups in the PC pool in presence and under guidance by tutors. The article presents the organizational and technical implementation as well as the insights gained from this type of event.

*Corresponding author: jens.brose@tu-dresden.de

1. Konzeption des Kurses

Bis einschließlich Wintersemester 2019 umfasste der Bachelor-Studiengang Physik an der TU Dresden eine einsemestrige Lehrveranstaltung Programmierung mit je zwei Semesterwochenstunden Vorlesung und Übung im PC-Pool. Im Rahmen der Überarbeitung der Studienordnung sollte die Lehrveranstaltung in einen zweiwöchigen fakultativen Blockkurs in der vorlesungsfreien Zeit zwischen Winter- und Sommersemester überführt werden. Damit ergab sich der Anlass einer grundsätzlichen Überarbeitung der Methodik der Lehrveranstaltung:

- Wissensvermittlung in Selbstlerneinheiten im Inverted Classroom basierend auf Jupyter Notebooks mit interaktiven Elementen an Stelle von Präsenzvorlesungen
- Arbeit an konkreten physikalischen Aufgaben in Kleingruppen im PC-Pool unter Anleitung durch Tutoren

In den Selbstlerneinheiten erfolgt die Wissensaneignung durch multimediales Online-Material in individueller Arbeit [1] statt im traditionellen Vorlesungsformat. Die Präsenzphase in den Programmierübungen im PC-Pool wird zusätzlich zur Klärung von Fragen, die in der Vorbereitung aufgekommen sind, genutzt. Damit entspricht diese Kombination von Lehr-Lern-Szenarien dem Modell des Inverted Classroom [2],[3]. Zusammen mit der konkreten Programmierfähigkeit in Präsenz im PC-Pool entsteht eine Form des integrierten Lernens (Blended Learning, [4],[5]) als Kombination aus Online- und Präsenzphasen. Der Umfang der Selbstlerneinheiten und der Programmieraufgaben wurde so gewählt, dass beide Formen ungefähr den gleichen Zeitaufwand benötigen.

Als Programmiersprache kommt Python [6] zum Einsatz, da hier einerseits die Einstiegshürden für Programmieranfänger besonders niedrig sind, andererseits durch eine Vielzahl von wissenschaftlichen Modulen alle für die Physik relevanten Einsatzzwecke abgedeckt werden. Auf Python beruhende Jupyter Note-

books [7] können als Webanwendung überall verwendet werden und bieten neben der interaktiven Ausführung von Programmcode die Möglichkeit, Gleichungen, Visualisierungen und Verweise als auch formatierten Text darzustellen. Sie bilden daher ein ideales Werkzeug, um Programme, ihre Ergebnisse sowie ihre Beschreibung und Dokumentation zu vereinen sowie Datenanalysen in Echtzeit durchzuführen.

Die Studierenden finden immer die gleiche Arbeitsoberfläche vor, sei es im PC-Pool oder auf dem privaten Endgerät. Dazu ist keinerlei Softwareinstallation notwendig. Die Auslieferung der Notebooks erfolgt im Webbrowser über einen Jupyterhub [8], der als virtueller Server in der TU Dresden Enterprise Cloud eingerichtet wurde.

Im entsprechenden Kurs des an der TU Dresden verwendeten Lernmanagementsystems OPAL finden die Teilnehmenden Links, die die individuelle Anmeldung am Jupyterhub mit den OPAL-Zugangsdaten automatisieren. Die Links werden über das OPAL LTI-Tool (Learning Tool Interoperability) [9] realisiert. Bei der Verwendung des entsprechenden Links wird an jeden Kursteilnehmer ein anfangs identisches, aber individuell bearbeit- und speicherbares Jupyter Notebook vom Gitlab Versionsverwaltungssystem [10] des Bereichs Mathematik und Naturwissenschaften der TU Dresden ausgeliefert.

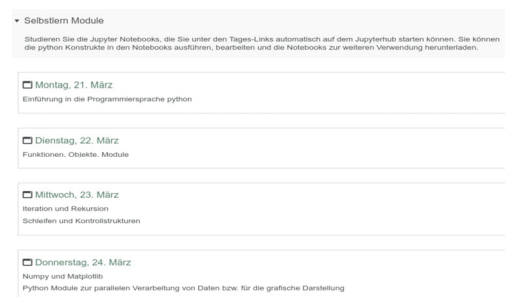


Abb. 1: Auswahl von Jupyter Notebooks im OPAL Kurs.

Im Notebook kann Programmcode in Eingabezellen geschrieben und direkt ausgeführt werden. Für die Studierenden besteht die Möglichkeit, die Richtigkeit der Eingaben selbständig zu überprüfen.

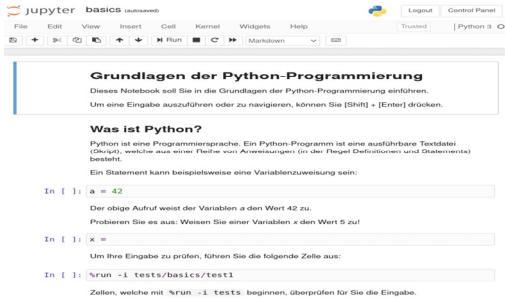


Abb. 2: Dokumentations- und Codezellen im Jupyter Notebook.

Neben den täglichen Selbstlerneinheiten mit ca. 1,5 Stunden Bearbeitungszeit werden ebenfalls täglich durch Tutoren betreute neunzig-minütige Übungen in Kleingruppen (maximal zwölf Teilnehmende) in PC-Pools durchgeführt. Dort finden sich zwei bis drei Studierende zusammen, um ein Programmierproblem gemeinsam zu lösen.



Abb. 3: Konzeption des Programmierkurses.

Wegen der großen Spannweite der Vorkenntnisse der Teilnehmenden wurde der Kurs in zwei voneinander unabhängige, jeweils aus Selbstlerneinheiten und angepassten Übungen bestehende Stränge unterteilt. Studierende ohne Vorkenntnisse in der Programmierung eigneten sich in der ersten Woche Grundlagen der Programmiersprache Python an und lernten in der zweiten Woche die Module für Grafik-Ausgabe und numerische Berechnungen auf Datenarrays kennen. Die erworbenen Fähigkeiten wendeten Sie in den Übungen auf typische Problemstellungen in der Auswertung physikalischer Praktika, z.B. Lineare Anpassung, Zufallszahlen und Statistik sowie Monte Carlo Methoden an. Der Fokus der Gruppe der Fortgeschrittenen lag auf wissenschaftlicher Datenverarbeitung, Verstehen (durch eigene Implementierung) elementarer numerischer Methoden für Differentiation, Integration, Nullstellensuche und

Lösung gewöhnlicher Differentialgleichungen sowie Kennenlernen der Standardmodule zur Bearbeitung dieser Problemstellungen.

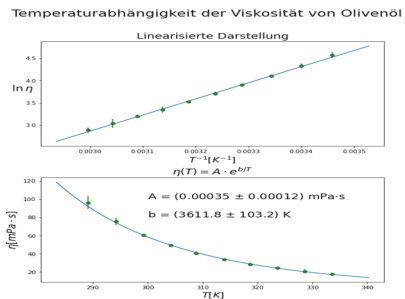


Abb. 4: Musterlösung der Aufgabe zur Linearen Anpassung für Programmieranfänger

1 Übungsaufgaben zur Numerischen Nullstellensuche

1.1 Die Position des James-Webb-Weltraumteleskops im System von Erde und Sonne

Das James-Webb-Weltraumteleskop (als Nachfolger des Hubble-Teleskops) wurde am 25. Dezember 2021 gestartet und erreichte am 24. Januar 2022 eine Umlaufhöhe um den etwa 1,5 Millionen Kilometer von der Erde entfernten Lagrange-Punkt L2 im System von Sonne und Erde.

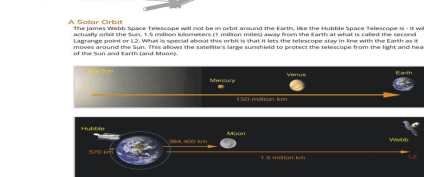


Abb. 5: Aufgabe zur numerischen Nullstellensuche für Teilnehmende mit Vorkenntnissen (Teil 1).

Das allgemeine Dreikörperproblem der Himmelsmechanik ist nicht analytisch lösbar. Wenn der dritte Körper eine – verglichen mit den beiden anderen – vernachlässigbare Masse hat, beiden Leuchtsternen E und J und Joseph-Lagrange fünf analytische Lösungen: In den nach Lagrange L1 bis L5 genannten Punkten können diese Körper (z. B. Satelliten) kreisförmig ruhen. In diesen Punkten kompensieren sich die Gravitationskräfte, die die beiden großen Himmelskörper auf die kleine Masse ausüben und die auf die kleine Masse wirkende Zentrifugalkraft in einem rotierenden Bezugssystem, in dem auch die beiden schweren Himmelskörper ruhen.

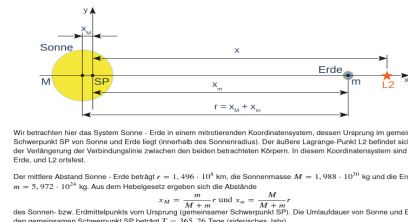


Abb. 6: Aufgabe zur numerischen Nullstellensuche für Teilnehmende mit Vorkenntnissen (Teil 2).

2. Technische Umsetzung

Die Selbstlerneinheiten und Übungen bestehen aus einzelnen Notebookfragmenten, die mit Hilfe einer einfachen grafischen Oberfläche für die Jupyter Erweiterung nbmerge [11] zum finalen Notebook zusammengesetzt werden. Diese Vorgehensweise erlaubt einen schnellen und flexiblen Austausch von Inhaltsblöcken der Notebooks. Die Verbindung zwischen dem Git Repository mit den vorbereiteten Notebooks und den Notebook Instanzen der Studierenden auf

dem Jupyterhub wird mit der Jupyter Erweiterung nbgitpuller [12] im OPAL LTI-Tool hergestellt.

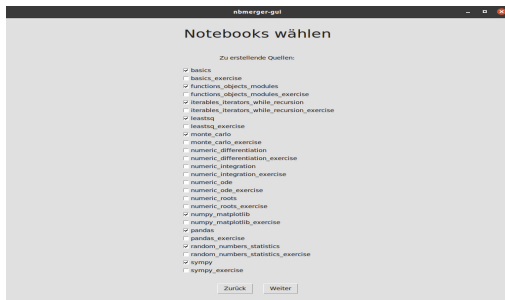


Abb. 7: Auswahl der Notebooks für die Zusammenstellung mit Hilfe von nbmerger-gui.



Abb. 8: Zusammenstellen der Notebookfragmente für eine Selbstlerneinheit mit Hilfe von nbmerger-gui.

Da die bisher in OPAL verwendete Version des LTI-Tools keinen Rückkanal vorsieht, wurde ein Dateiupload für bearbeitete Notebooks eingerichtet (allerdings im Kurs nicht verwendet, da keine Bewertung der Übungen vorgenommen wird).

Die gesamte Umsetzung des Projekts basierend auf den Inhalten des Programmierkurses bis 2019 wurde in der Periode 2019/20 durch den Multimediafonds der TU Dresden gefördert.

3. Gewonnene Erkenntnisse

Im März 2022 haben 68 Studierende aus der ca. hundertköpfigen Zielgruppe - Studiengang Bachelor Physik, 1. Semester - an mindestens neun der zehn Präsenzübungen teilgenommen. Der fakultative Charakter des Kurses und das Fehlen eines Leistungsdrucks führten, verglichen mit dem Pflichtkurs bis 2019, bei dem in den Übungen Leistungspunkte erworben werden mussten, um das Modul zu bestehen, zu einem deutlich lebendigeren, kooperativen und produktiven Charakter der Übungen. Für die Physik Studierenden praxisnahe Übungs-

aufgaben stellten dabei den Bezug zum Hauptfach her. Die Zusammenarbeit in kleinen Teams von zwei bis drei Personen an einer Problemstellung förderte den Erkenntnisgewinn.

An den letzten beiden Kurstagen wurde eine anonyme Online-Umfrage zur Evaluation der Veranstaltung für die Teilnehmenden freigeschaltet. Diese enthielt 24 single bzw. multiple Choice Fragen zur Lehrveranstaltung, die sich an den Fragen der üblichen Lehrevaluation für Semester-Kursveranstaltungen orientierten (ergänzt um einige technische Fragen zur konkreten Umsetzung). An der Umfrage beteiligten sich 48 der 68 Teilnehmenden.

Jupyter Notebooks wurden auf Grund ihres interaktiven Charakters als Gewinn bringendes Arbeitsmittel eingeschätzt. Die als Inverted Classroom gestaltete Kurskomponente der Selbstlerneinheiten, verbunden mit individuellen Tests mit Response wurde sehr positiv angenommen.

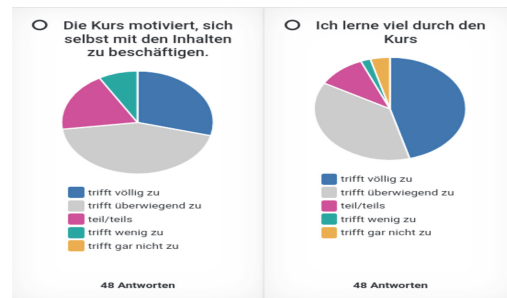


Abb. 9: Evaluation des Programmierkurses.

Durch den verstärkten Einsatz von Python in der Versuchsauswertung im Physikalischen Praktikum sowie der Verwendung dieser Programmiersprache in weiterführenden Lehrveranstaltungen (z. B. Computational Physics, Numerik und Computersimulationen in der weichen kondensierten Materie) ergibt sich die Praxisrelevanz des Programmierkurses.

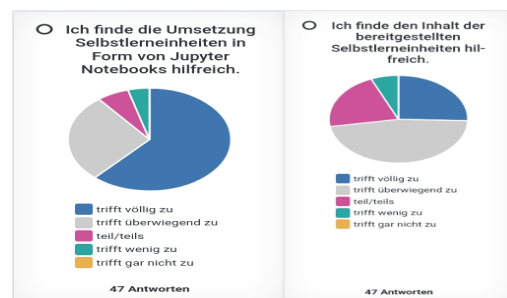


Abb. 10: Evaluation: Jupyter Notebooks als Arbeitsmittel.

In Abb. 11 werden die für beide Lehrveranstaltungsformen (Blau - Wintersemester 2019/20 (Pflichtveranstaltung mit klassischer Präsenz-Vorlesung und bewerteten Übungen); Rot - Blockkurs 2022 (fakultativ in der vorlesungsfreien Zeit mit Selbstlerneinheiten (inverted classroom) und betreuten Präsenz-Übungen)) identischen Evaluationsfragen verglichen.

Während die Anforderungen bzw. die Schwere des Stoffes sowie die Stoffmenge jeweils als optimal eingeschätzt wurden, ergeben sich bei einigen der auf der Notenskala von 1 bis 5 zu bewertenden Fragen Unterschiede. Obwohl die Inhalte beider Lehrveranstaltungsformen nahezu identisch waren, wurden beispielsweise beim Blended Learning Kurs 2022 die Lerninhalte als besser auf das Vorwissen der Studierenden abgestimmt eingeschätzt. Signifikante positive Unterschiede für das Blended Learning Format ergeben sich bei den Aussagen „Ich lerne viel durch den Kurs.“ (1,81 +- 0,14) vs. (2,77 +- 0,13) sowie „Insgesamt bin ich mit dem Kurs zufrieden.“ (1,77 +- 0,11) vs. (2,25 +- 0,14).

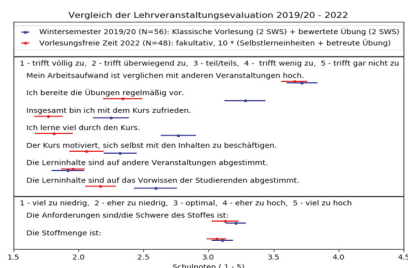


Abb. 11: Vergleich der Lehrveranstaltungsevaluation: Blau - Wintersemester 2019/20 (Pflichtveranstaltung mit klassischer Präsenz-Vorlesung und bewerteten Übungen, 56 Umfrageteilnehmer); Rot - Blockkurs 2022 (fakultativ in der vorlesungsfreien Zeit mit Selbstlerneinheiten (inverted classroom) und betreuten Präsenz-Übungen, 48 Umfrageteilnehmer). Dargestellt sind Mittelwerte und Standardabweichungen der nach Schulnoten (1-5) bewerteten Fragen.

Besonders überraschend ist das Ergebnis bei der Aussage "Ich bereite die Übungen regelmäßig vor." (2,34 +- 0,15) vs. (3,28 +- 0,16), da ja beim schlechteren Ergebnis im Wintersemester 2019/20 die Übungsaufgaben abgegeben werden mussten und bewertet wurden. Bei der Beurteilung der Evaluationsergebnisse sollte man allerdings berücksichtigen, dass die

Kohorte Wintersemester 2019/20 alle Studierenden einer Pflichtveranstaltung umfasste, während im Vergleich beim Blended Learning Kurs 2022 die Teilnehmenden freiwillig in der Semesterpause kamen und man ihnen daher eine im Mittel höhere Motivation unterstellen kann.

Die Lehrveranstaltung wurde auf Vorschlag der Studierenden der Fakultät Physik mit dem Lehrpreis der TU Dresden 2021 ausgezeichnet.

Danksagung

Ich möchte mich beim Multimediafonds 2019/20 für die Förderung des Projekts und bei Konstantin Köhring, Fakultät Informatik, der als studentische Hilfskraft die Konzeption und Umsetzung der Kursgestaltung übernahm, bedanken.

Literatur

- [1] <https://dbs-lin.ruhr-uni-bochum.de/lehreladen/e-learning-technik-in-der-lehre/inverted-classroom/was-ist-inverted-classroom/>
- [2] Lage, M. J., Platt, G. J., & Treglia, M. (2000). Inverting the classroom: A gateway to creating an inclusive learning environment. *The Journal of Economic Education*, 3 (1), 30 – 43, <https://doi.org/10.2307/1183338>
- [3] J. Handke, A. Sperl (Hrsg.): *Das Inverted Classroom Model*. Oldenbourg, München 2012, ISBN 978-3-486-71652-8.
- [4] A. Sauter, W. Sauter: *Blended Learning. Effiziente Integration von E-Learning und Präsenztraining*. Luchterhand, Neuwied 2004, ISBN 3-472-05592-8.
- [5] <https://www.ecademy-learning.com/ausbildung-digital/blended-learning/>
- [6] Python: <https://www.python.org/>
- [7] Jupyter Notebook: <https://jupyter.org/>
- [8] Jupyterhub: <https://jupyter.org/hub>
- [9] OPAL LTI: <https://www.bps-system.de/help/display/LMS/LTI-Tool>
- [10] Gitlab: <https://gitlab.mn.tu-dresden.de/>
- [11] nbmerge: <https://github.com/jbn/nbmerge>
- [12] nbgitpuller: <https://github.com/jupyterhub/nbgitpuller>



Sächsisches Verbundprojekt D2C2 „Digitalisierung in Disziplinen Partizipativ umsetzen: Competencies Connected“

Einblick in den Schwerpunkt „Didaktik in (teil-)digitali- sierten Werkstätten und Laboren“

J. Franke, G. Wegner

ZILL - Zentrum für Interdisziplinäres Lernen und Lehren, Technische Universität Dresden

Abstract

Das Projekt „D2C2 – Digitalisierung in Disziplinen Partizipativ Umsetzen :: Competencies Connected“ setzt sich zum Ziel, aus den Erfahrungen der Covid-19-Pandemie zu lernen und Digitalisierung in der Lehre evidenzbasiert weiterzuentwickeln. Zehn sächsische Hochschulen sowie die BA Sachsen widmen sich zentralen Herausforderungen (teil-)digitalisierter Lehre. In diesem Rahmen fokussiert die TU Dresden gemeinsam mit der HTW Dresden die Lehre in (teil-)digitalisierten Laboren und Werkstätten. Ziel ist es, die Bedarfe sächsischer Studierender und Lehrender aufzugreifen und letztere aktiv dabei zu unterstützen, ihre Lehre in Laboren und Werkstätten weiterzuentwickeln. Dieser Artikel widmet sich einigen theoretischen Grundlagen der Didaktik in (teil-)digitalisierten Werkstätten und Laboren mit Fokus auf dem Lehrveranstaltungsformat Praktikum. Es erfolgt eine Differenzierung der verschiedenen Ebenen der Digitalisierung, die im Werkstatt- oder Laborpraktikum und bei dessen didaktischer Umsetzung beachtet werden sollten. Veranschaulicht werden die verschiedenen Ebenen durch Verweise auf good practice Beispiele.

The project "D2C2 - Digitization in Disciplines - Participative Implementation :: Competencies Connected" aims to learn from the experiences of the Covid 19 pandemic and to further develop digitization in teaching on the basis of evidence. Ten Saxon universities and the BA Sachsen are addressing the central challenges of (partially) digitized teaching. In this context, TU Dresden and HTW Dresden are focusing on teaching in (partially) digitized laboratories and workshops. The goal is to address the needs of Saxon students and teachers and to actively support the latter in further developing their teaching in laboratories and workshops. This article is dedicated to some theoretical basics of didactics in (partially) digitized workshops and laboratories with a focus on the teaching format internship. It differentiates the different levels of digitization that should be considered in the workshop or lab practical and in its didactic implementation. The different levels are illustrated by references to good practice examples.

*Corresponding author: julia.franke2@tu-dresden.de

1. D2C2: Werkstätten und Labore

Während der Covid-19-Pandemie musste die Lehre in Werkstätten und Laboren innerhalb kürzester Zeit entweder ganz in den digitalen Raum verlegt werden oder es mussten teildigitalisierte Möglichkeiten der Partizipation geschaffen werden. Dies brachte eine Vielzahl an technischen sowie didaktischen Fragen und Problemstellungen mit sich.

Das sächsische Verbundprojekt „D2C2 – Digitalisierung in Disziplinen Partizipativ Umsetzen :: Competencies Connected“ widmet sich zentralen Herausforderungen (teil-)digitalisierter Lehre. Im Rahmen dieses Verbundprojektes fokussiert die TU Dresden gemeinsam mit der HTW Dresden die Lehre in (teil-)digitalisierten Laboren und Werkstätten. Durch eine intensive Recherche sowie die breite Vernetzung mit anderen Hochschulen versuchen wir einen vielseitigen Austausch von Expertisen und Erfahrungen zu ermöglichen. Ziel ist es, die Bedarfe sächsischer Studierender und Lehrender aufzugreifen und letztere aktiv dabei zu unterstützen, ihre Lehre in Laboren und Werkstätten weiterzuentwickeln. Dies soll im Sinne einer didaktisch fundierten, qualitativ hochwertigen und zukunftssträchtigen Ausbildung der Studierenden sowie unter Berücksichtigung von Aspekten der Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz geschehen.

Die Verknüpfung von Praxis und Theorie stellt ein spezielles Charakteristikum in Werkstätten und Laboren dar, welches wiederum eine spezifische Kombination didaktischer Überlegungen zur Folge hat. Die allgemeineren Lernziele sind umfangreich und vielgestaltig. Exploratives Handeln soll ermutigt werden, um ein konzeptionelles Verständnis des Lehrgegenstandes zu erlangen. Praktische Erfahrungen werden in einem experimentellen Set-up angeboten, wobei Datenerhebung genau wie die Kommunikation und Diskussion von Ergebnissen eingeübt werden sollen. Handlungsorientierte Kompetenzen, kreatives Denken und das verantwortungsbewusste Arbeiten in Teams gehören ebenfalls zu den Lernzielen in Werkstatt und Labor [1]. Auch abseits der pandemiebedingten Entwicklungen übt die zunehmende Digitalisierung der Berufswelt sowie der Forschung und Lehre einen Modernisierungs- beziehungsweise Innovationsdruck auf diese

Lehr-Lern-Formate aus [2]. Digitalisierten Arbeitsabläufen in Werkstätten und Laboren wird längst kein Seltenheitsgrad mehr beigegeben. So wird beispielsweise der Begriff Remote-Labor (i.e. Fernlabor; [3]) seit circa 30 Jahren zur Charakterisierung von realen Laboraufbauten verwendet, welche automatisiert und über Kommunikationstechnologien zur Verfügung gestellt werden [4]. Die technische Weiterentwicklung sowie veränderte Tätigkeitsprofile in der Berufswelt verlangen ein generelles Umdenken an den Hochschulen. Die Digitalisierung der Lehre in diesem Bereich gewann in den letzten Jahren auch aus diesem Grund zunehmend an Bedeutung.

Verschiedene Netzwerke und Projekte an deutschen Hochschulen sind im Zusammenhang mit digitalisierten Laboren entstanden, unter anderem die Forschungsprojekte Open Digital Lab for You (DigiLab4U), CrossLab, DistLab, MINT-VR-Labs und SHELLS. Neben diesen gibt es zahlreiche Einzelprojekte an Hochschulen bzw. einzelnen Instituten sowie digitale Angebote aus Wirtschaft und Industrie, z.B. die kommerziellen Internetplattformen Labster und LabsLand. Die genannten Beispiele widmen sich überwiegend den technischen Herausforderungen virtueller Laborsettings. Didaktische Gesichtspunkte sind zumeist sekundärer Natur. Daher sehen wir unsere Aufgabe in der Erfassung didaktischer Herausforderungen und Bedarfe sowie in der Erarbeitung nachhaltiger Lösungen in Zusammenarbeit mit Lehrenden, Studierenden und Expert:innen auf dem Gebiet (teil-)digitalisierter Werkstätten und Labore.

2. Die Lehrveranstaltung Praktikum

Ansprüche an die Digitalisierung werden zunehmend fachspezifischer und machen es daher auch aus didaktischer Sicht notwendig, entsprechend fachspezifische Konzepte zu entwickeln. Verschiedene Ausformungen der Werkstatt- und Laborarbeit, beispielsweise in den Fachbereichen Kunst und Gestaltung sowie Soziales und Pflege, unterscheiden sich dabei von dem klassischen Lehrformat des Werkstatt- beziehungsweise Laborpraktikums, welches einen umfangreichen Bestandteil des Studiums im MINT-Bereich ausmacht. Aufgrund seiner grundlegenden Bedeutung für diese

Studiengänge, widmet sich dieser Artikel ganz dezidiert diesem Lehrformat im MINT-Bereich. Entgegen ihres Namens bedürfen Werkstatt- und Laborpraktika nicht zwangsläufig des physischen Raumes der Werkstatt oder des Labors. Vielmehr geht es um ein spezifisches Tätigkeitskontinuum im engeren und weiteren Sinne von Werkstatt- und Laborarbeit. Beispiele umfassen naturwissenschaftliche Praktika in analytischer Chemie und Molekularbiologie, technische Praktika in Kraftfahrzeugtechnik und Messtechnik, mathematische Praktika in Numerik und Stochastik sowie informationstechnische Praktika in Computergrafik und Roboterprogrammierung.

Mit dem Begriff **Praktikum** beziehen wir uns auf eine curricular eingeordnete Lehrveranstaltung der MINT-Fächer an Hochschulen. Sie dient der Aneignung oder Vertiefung theoretischer Kenntnisse in Verbindung mit dem Erwerb praktischer Fertigkeiten, oft auch psychomotorischer Fähigkeiten. Die Studierenden wenden fachspezifische Lehrinhalte praktisch an. Sie handhaben Materialien und Stoffe, Instrumente und Geräte beziehungsweise Daten und Informationen. Arbeitsabläufe und Verfahrensweisen sowie eine wissenschaftlich-kritische Auseinandersetzung mit der eigenen Arbeit sollen erlernt und deren situative Anwendung eingeübt werden. Die zeitlichen, örtlichen und didaktischen Rahmenbedingungen sowie das Maß an Anleitung und selbstständigem Arbeiten der Studierenden gestalten sich je nach Praktikum sehr unterschiedlich. Alternative Bezeichnungen umfassen die Begriffe Laborkurs, Werkstattkurs, Experimentalkurs und laborpraktische Übung.

Die Abgrenzung zu anderen Lehrveranstaltungen, wie Vorlesungen und Seminaren, bedingt sich zum einem durch die fachspezifische technische Infrastruktur und Ausstattung und zum anderen durch die selbstständige Arbeit der Studierenden mit dieser Ausstattung. Sie kann beispielsweise chemisches Laborequipment, mechanische Werkzeuge, elektronische Maschinen sowie spezialisierte Hard- und Software des EDV-Bereichs umfassen. Die praktische Arbeit der Studierenden reicht von Tätigkeiten des Messens und Analysierens über die des Experimentierens, Manipulierens, Synthetisierens, Konstruierens und Reparieren bis

hin zu Steuern und Programmieren. Ein Praktikum kann von wenigen Stunden als Einzeleinheit hin bis zum Blockpraktikum über viele Wochen andauern. Mitunter arbeiten Studierende unter umfangreicher Anleitung, mitunter völlig selbstständig.

Im Praktikum lehren die Dozierenden oft nicht allein, sondern werden unterstützt von Mitarbeitenden, wie Laboringenieur:innen, technischen Assistent:innen, studentischen Hilfskräften und Promovierenden. Wir beziehen uns auf diese Gruppe als Lehrende im Praktikum.

Ein Praktikum setzt sich zumeist aus drei zeitlich aufeinander folgenden Phasen zusammen: Vorbereitungsphase, Vertiefungsphase und Nachbereitungsphase. Die praktische Tätigkeit der Studierenden findet dabei vornehmlich in der Vertiefungsphase statt. Oft gibt es zwei Prüfungszeitpunkte. Zum einem vor der Vertiefungsphase als Vorprüfung oder Antestat, zum anderen in der Nachbereitungsphase als Abschlussprüfung oder Abtestat.

3. Gründe für Digitalisierung

Mit der Digitalisierung von Werkstatt- oder Laborpraktika verbinden sich zumeist Assoziationen von Fernexperimenten, Arbeiten in Räumen virtueller Realität sowie digitaler Datenerfassung. Jedoch ist dies nur ein Teil der Möglichkeiten, welche dieses Themengebiet umfasst. Im Grunde genommen fängt Digitalisierung bereits bei der Nutzung digitaler Kommunikationswege oder Lehrmaterialien an.

Die Gründe für und Motivationen hinter einer Digitalisierung von Praktika sind vielzählig und vielgestaltig (siehe hinten, Infokasten 1). Sie reichen von der Ermöglichung von Distanzlehre bis hin zum Erlernen der Handhabung neuartiger praxisrelevanter Technologien durch die Studierenden. Auf rein organisatorischer Ebene können im Idealfall die Effizienz gesteigert sowie zeitliche und örtliche Barrieren für alle Beteiligten abgebaut werden. Auf didaktischer Ebene ermöglicht die Digitalisierung von Praktika, Lehrinhalte zu erweitern oder abzuwandeln und so noch mehr Praxisnähe im Sinne einer Industrie 4.0 herzustellen. Mit der 2019 erschienenen Studie „Ingenieurinnen und Ingenieure für Industrie 4.0“ bietet die IMPULS-Stiftung einen Überblick über die

Infokasten 1: Potentielle Gründe für Digitalisierung im Praktikum

Bereich Organisation

Effizienz erhöhen

Ersparnis von Ressourcen wie Zeit, Personal, Kosten und räumlichen Kapazitäten

Automatisierung bzw. Optimierung von Prozessen und Abläufen, z.B. durch Nutzung von Datennetzwerken oder digitalen Tools für Steuerung, Organisation, Dokumentation, Kommunikation etc.

Barrieren abbauen

Zeitliche Flexibilität – flexible Nutzung von Ausstattung und Lehrmaterial ermöglichen, z.B. für Studierenden in Berufstätigkeit, Kinderbetreuung oder Pflege von Angehörigen

Örtliche Flexibilität - Lehre aus der Distanz ermöglichen, z.B. während Pandemie oder für die Verbesserung von Inklusion

Zusammenarbeit mit Studierenden bzw. Lehrenden anderer Institutionen aus der Distanz, z.B. internationale Kollaborationen

Informatisierung: Erzeugung und Nutzung von Informationen, z.B. Versuchsdaten oder studentisches Feedback und Learning Analytics

Vereinfachung von Abläufen und Verbesserung der Arbeitsbedingungen von Lehrenden, Mitarbeitenden und Studierenden (z.B. durch Ersetzung analoger mit digitalen Geräten)

Bereich Didaktik

Lehrqualität verbessern

Lernerfolge steigern und Anschaulichkeit erhöhen, z.B. digitale Simulation zur Modellbildung der Studierenden

Schaffung zusätzlicher Übungsmöglichkeit für Studierende, mehr Zeit zum Ausprobieren und Wiederholen für mehr Verständnis des Lernstoffs (z.B. im virtuellen Labor)

Eigenaktivität in Selbstlernphasen unterstützen, z.B. durch Lernvideos oder virtuelle Experimente als Ergänzung schriftlicher Lehrmaterialien

Didaktische Methoden erweitern, z.B. Gamification als spielerischer Wettbewerb

Verbesserung und Erweiterung von Prüfungsformaten

Lehrinhalte erweitern

Erlernen neuartiger digitaler Methoden und Handhabung (teil-)digitalisierter Geräte durch Studierende

Training an räumlich entfernter Werkstatt- und Laborausstattung, gerätetechnischen Anlagen, Hardware oder Software, die nicht vor Ort bereitgestellt werden können, z.B. Fernexperimente im Remote Labor

Trainieren von Kompetenz in der Handhabung digitalisierter Objekte und digitaler Anwendungen im Bereich Technik und Kommunikation

Praxisrelevanz steigern

Vermittlung praxisnaher Methoden im Sinne einer Anpassung an den Arbeitsmarkt (z.B. Industrie 4.0)

Umfassendere Verzahnung von Theorie und Praxis, z.B. durch Fernzugriff auf gerätetechnischen Anlagen der Industrie

derzeitigen Anforderungen an Ingenieur:innen [5]. Die Ergebnisse machen deutlich, dass Hochschulen die Qualifikations- und Kompetenzziele in den ingenieurwissenschaftlichen Fächern deutlich anpassen müssen – eine Herkulesaufgabe angesichts universitärer Strukturen, die oft nicht auf zeitnahe Entwicklungen ausgelegt sind. Es bleibt jedoch zu konstatieren, dass Fähigkeiten in der Informatik, in Data Science und in der Datensicherheit unabdingbar für die Ingenieurausbildung geworden sind. Ähnliches, wenn auch in geringerem Ausmaß, ist für die Lehre in den Naturwissenschaften zu beobachten. Mitunter dienen digitale Tools in der Lehre aber auch der Veranschaulichung und können so den Lernerfolg erhöhen, wie dies beispielsweise bei verschiedenen Formen der digitalen Simulation möglich ist. Es ist davon auszugehen, dass der Digitalisierung von Praktika außerhalb des Emergency Remote Teachings gleich mehrere dieser Überlegungen zu Grunde liegen. Anhand der unterschiedlichen Motivationen wird erkennbar, dass Digitalisierung auf verschiedene Weisen realisiert werden kann. Die spezifischen Gründe sind jedoch ausschlaggebend dafür, was genau (Digitalisierungsebene) und zu welchem Anteil (Digitalisierungsgrad) dies umgesetzt werden soll. Wird zum Beispiel eine räumliche Flexibilität im Praktikum angestrebt, so können die Interaktion von Lehrenden und Studierenden sowie Arbeitsumgebung und Ausstattung in Betracht gezogen werden. Eine vollständige oder anteilige Digitalisierung ist denkbar. Als eine Lesson Learned der vergangenen Jahre ist festzuhalten, dass Digitalisierung im Labor oder in der Werkstatt teils vorzuziehen wird, unter anderem weil sie mit einer ganzheitlichen Verlegung von Laboren und Werkstätten in den digitalen Raum assoziiert wird. Die verschiedenen Ebenen und Grade von Digitalisierung werden im Austausch nicht immer ausreichend konkretisiert, sodass es zu Missverständnissen kommen kann. Im folgenden Abschnitt werden die verschiedenen Ebenen daher näher vorgestellt und um Hinweise auf einige „good practice“ Beispiele im In- und Ausland ergänzt.

4. Ebenen der Digitalisierung

Im Praktikum interagieren Studierende vielfältig mit Lehrenden, anderen Studierenden und ihrer Arbeitsumgebung als Gesamtheit von Lehrraum (Werkstatt oder Labor), Infrastruktur beziehungsweise Ausstattung und Arbeitsmaterial. Weiterhin kommen die Studierenden in Kontakt mit Prozessen wie technischen Abläufen oder chemischen Reaktionen, auf welche sie durch ihr praktisches Arbeiten Einfluss nehmen. Dasselbe gilt für Informationen und Daten, die sie erhalten, selbst generieren bzw. prozessieren. Die genannten Aspekte spiegeln zum einen die Komplexität der Lehrveranstaltung wieder und geben zum anderen die potentiellen Möglichkeiten für eine Digitalisierung vor. In diesem Zusammenhang beschreiben wir vier Ebenen der Digitalisierung (siehe Infokasten 2). Vom didaktischen Standpunkt her, sind für jede Ebene spezifische Herausforderungen zu beachten. Aus diesem Grund sind eine Unterscheidung und Identifizierung der jeweiligen Ebene grundlegend, wenn die Lehre in Werkstatt und Labor untersucht und weiterentwickelt werden soll.

Ebene „Arbeitsumgebung“

Traditionell ist unter dem Begriff Arbeitsumgebung der physische Raum der Werkstatt oder des Labors zu verstehen. Im Rahmen von Praktika jedoch beschreibt die Ebene Arbeitsumgebung die fachspezifische physische Infrastruktur und Ausstattung, welche die Studierenden zur praktischen Arbeit im Praktikum vorfinden. Die Studierenden müssen in der Lage sein sich in der Arbeitsumgebung zurechtzufinden und die entsprechenden Geräte, Maschinen und Hilfsmittel sicher zu handhaben. Wird auf dieser Ebene vollständig oder anteilig digitalisiert, ergibt sich die Herausforderung diese geänderte Umgebung kennen- und handhaben zu lernen. Wird beispielsweise ein realer Versuch in einen Fernversuch umgewandelt, brauchen die Studierenden potentiell andere Vorkenntnisse und Fertigkeiten als im Reallabor. Dies können Grundkenntnisse in Datenverarbeitung und Programmierung sein oder Kompe-

Infokasten 2: Ebenen für eine Digitalisierung im Praktikum

Arbeitsumgebung

- Hardware-Digitalisierung:
 - digitale Ergänzung für analoge Geräte (z.B. Digitalanzeigen für Laborgeräte)
 - digitale Geräte ersetzen analoge Geräte (z.B. Digitalwaage)
- Hardware-Vernetzung:
 - digitale Vernetzung und Zusammenarbeit physischer und virtueller Objekte durch Informations- und Kommunikationstechniken:
 - lokal (z.B. Internet of Things IoT)
 - teleoperativ (z.B. Remote-Control-Experimente, siehe Remote-Labor)
- Lab@Home:
 - Studierende bekommen Arbeitsausstattung mit nach Hause (z.B. Arduino Engineering Kit)
 - Studierende arbeiten mithilfe von Haushaltsgegenständen (z.B. Biologieexperimente auf www.biotopia.net)
 - Studierende erheben Daten bzw. experimentieren mit digitalen Geräten, wie Tablets und Smartphones, und deren Sensoren, Software und Apps (z.B. MATLAB mobile, phyphox - Physical Phone Experiments)
- digitale Simulation:
 - von physischer Arbeitsumgebung als virtuelle oder teilvirtuelle Umgebung in 2D oder 3D
 - lokale Simulation (VR, AR, lokale Bildschirm-Simulation von Laborgeräten oder Laboren)
 - online Simulation (z.B. Online-Bildschirmlabor)

Prozesse

- digitale Dokumentation und Abbildung realer Prozesse, wie z.B. chem. Reaktionen
 - reine Darstellung (z.B. Video von Laborexperimenten)
 - interaktive Darbietung (i.e. interaktive Bildschirmexperimente IBE; Branching Scenarios; Ultra concurrent Remote-Labor)
- digitale Modellierung physischer Objekte (z.B. reale Objekte über einen (3D-)Scanner virtualisieren und digital modifizieren)
- digitale Simulation von physischen Prozessen (z.B. Werkstoffprüfung an Digitalem Zwilling)
- digitale Suggestierung eines physischen Prozesses (z.B. Andeutung einer chemischen Reaktion im virtuellen Labor)

Daten

- digitale Dateneingabe und -ausgabe (z.B. digitales Thermometer)
- digitale Datenspeicherung (z.B. digitales Laborbuch, Online-Datenspeicher, Online-Datenbanken)
- digitale Datenverarbeitung und Automatisierung (z.B. Messwertdiagramme digital erstellt)
- digitale Datenweitergabe
- Nutzung digitaler Daten dritter (z.B. aus online-Datenbanken)

Zwischenmenschliche Kommunikation

- digitalisierte bzw. digital erstellte Lehrmaterialien (z.B. Erklärvideos, Lernprogramme oder Arbeitsblätter)
- digital gestützte Kommunikation:
 - Synchroner Kommunikationstools (z.B. Videokonferenzen, Live-Chats, internetbasierte Telefonie)
 - Asynchroner Kommunikationstools (z.B. Email, Instant-Messaging)
 - digitale Organisationstools für Absprachen, Zeit- und Raumnutzung
 - digitale Kollaborationssoftware, d.h. mehrere Personen können gleichzeitig an einem Objekt, beispielsweise einem Versuchsprotokoll, arbeiten
- digital gestützte Partner- oder Gruppenarbeit in Werkstatt und Labor (z.B. LabBuddy-Prinzip, Multi-Kamera-Konferenz-System für Zusammenarbeit zweier Teams)
- digitale Prüfungsformate (z.B. Online-Multiple-Choice-Test)
- digitale Erhebung von Feedback und Learning Analytics, d.h. Sammlung und Auswertung von Daten aus Lernprozessen , z.B. mit OPAL-Kursstatistik

tenzen in selbstständiger Problemanalyse, da der Versuch unter Umständen allein zuhause durchgeführt werden muss. Oft verfügen die Studierenden über heterogene Vorkenntnisse. Die Lehrenden stehen vor der Herausforderung zu erkennen, welche neuen Fähigkeiten von den Studierenden benötigt werden und wie diese erworben werden können. Eine Vorabumfrage, im Rahmen derer die Studierenden ihre bisherigen Fähigkeiten einschätzen sollen, ist daher als Einstieg in die Lehrveranstaltung sehr zu empfehlen. Veränderten Anforderungen, wie sie beispielsweise beim Arbeiten mit IoT (Internet of Things) auftreten, begegnen Pfeiffer und Uckelmann, [6] im Praktikum der Informationslogistik mit einem modifizierten LabTC-Ansatz. In einer ersten Erarbeitungsphase erhalten Studierende die Möglichkeit, verschiedene Lernressourcen im Lernmanagementsystem eigenständig durchzuarbeiten, um sich auf den anschließenden Laborversuch vorzubereiten. Im Rahmen dieser Vorbereitung werden auch technische Basics, in diesem Fall die Funktionsweise von RFID-Systemen, vermittelt. Asynchron durchgeführte Einheiten wie diese erleichtern den Einstieg und die spätere Orientierung in der Arbeitsumgebung vor Ort.

Ebene „Prozesse“

Im Praktikum lernen die Studierenden zum Beispiel chemische Reaktionen und technische Abläufe zu initiieren, steuern, manipulieren und kontrollieren. Werden diese Tätigkeiten nicht mehr traditionell (physisch „analog“), sondern digital ausgeführt, so ergibt sich die Herausforderung den Studierenden zu veranschaulichen, welche physischen Merkmale zugrundeliegende Prozesse auszeichnen. Zum Beispiel eine chemische Reaktion, welche remote und nicht mehr direkt vor Ort gesteuert und beobachtet wird. Für eine effektive Veranschaulichung kann mitunter eine reine Videoübertragung nicht genügen. Möglicherweise müssen Stoffe und Reaktionsschritte durch Signale, wie Ton, optische Effekte oder auch Vergrößerung und Modellierung besonders gekennzeichnet werden. Auch eine Anfärbung der realen Substanzen kommt infrage, falls diese schwer zu unterscheiden sind, wie es beispielsweise im Biotechnologie-Remote-Labor

von Ines Aubel im Projekt CrossLab vorgenommen wird [7].

Ebene „Daten“

Im Praktikum werden Daten aus Messungen, Versuchen und Experimenten erhoben, dokumentiert und prozessiert. Ein traditionelles Szenario ist das direkte Ablesen von Messdaten am analogen Gerät und manuelle Übertragen sowie Weiterverarbeiten im handschriftlichen Protokoll, z.B. die Erstellung eines Messwertdiagramms mit Bleistift und Lineal. Der Vorgang wirkt antiquiert, macht aber das zugrundeliegende Prinzip für Studierende nachvollziehbar. Werden Daten nicht mehr analog und rein manuell bearbeitet, sondern automatisiert digital erhoben und weiterverarbeitet, müssen die Vorgänge transparent aufgeschlüsselt werden. Weiterhin müssen die Studierenden in der Lage sein mit entsprechender Daten-Software zu arbeiten. So gibt beispielsweise der Fachbereich Physik und Elektrotechnik der Universität Bremen ein digitales Datenblatt zu „Hinweisen zum Praktikum und zur Auswertung von Messergebnissen“ [8] für die Datenhandhabung heraus. Die Speicherung von Daten im Labor geschieht zunehmend mithilfe elektronischer Protokolle und Laborbücher. Eine Auflistung möglicher digitaler Lösungen sowie wichtiger Auswahlkriterien liefert Sebastian Schöning auf der Internetseite des Fraunhofer-Instituts unter dem Themenpunkt Electronic Laboratory Notebooks [9].

Ebene „Zwischenmenschliche Kommunikation“

Diese Ebene beschreibt die Interaktion von (a) Lehrenden und Studierenden untereinander zum Zweck der Ausbildung sowie (b) der Studierenden untereinander im Rahmen von Gruppenarbeiten. Entsprechend dieser Einteilung treten in der Lehrveranstaltung Praktikum zwei Besonderheiten auf:

(a) Die erste ist die oft intensive und individuelle Betreuung der Studierenden durch die Lehrenden. Die Ausbildung im Praktikum ist gekennzeichnet durch direktes (orts- und zeit-synchrones) Feedback am Arbeitsplatz der Studierenden. Die Interaktion erfolgt oft punktgenau an Ort und Stelle. Sie beinhaltet beispiels-

weise kurze mündliche Hinweise zum Arbeiten, umfassende Erklärungen zu theoretischen Hintergründen und Sicherheitsmaßnahmen, sowie manuelle Demonstrationen und Hilfestellungen zu aktuellen Arbeitsschritten. Das individuelle Feedback unterstützt Studierende dabei Arbeitshindernisse zu überwinden, um die Praktikumseinheit in der vorgegebenen Zeit absolvieren zu können. Findet die Kommunikation von Lehrenden mit Studierenden nur noch digital gestützt statt, z.B. mittels Videokonferenz, so fehlt die örtliche und oft auch zeitliche Nähe zum praktischen Arbeiten der Studierenden. Lehrende müssen einen Weg finden die Orts- und eventuelle Zeitverschiebung so zu kompensieren, dass der Ablauf des Praktikums nicht gestört wird. Ein Beispiel hierfür bietet das sogenannte Lab@Home - Format. Die Studierenden führen die praktische Arbeit zuhause durch, z.B. mithilfe einer mobilen Experimentier-Ausstattung. Lehrende sind nicht vor Ort, sondern begleiten die Arbeit der Studierenden aus der Distanz mithilfe digitaler Kommunikationswege, z.B. Online-Chats, Foren oder Videokonferenzen. Eine umfangreiche Vorbereitung auf die praktische Tätigkeit durch Prüfung oder Self-Assessment des erlangten Vorwissens und ggf. Vorgespräch zu praxisspezifischen Kenntnissen wird in diesem Zusammenhang als förderlich beschrieben. Praxisbeispiele hierfür sind das LabBuddy-Projekt an der Universität Leiden [10] sowie die Adaption des sogenannten „Flipped-Lab-Konzepts“ im Chemiepraktikum [11] durch Dirk Burdinski an der Technischen Hochschule Köln. Einen Teil der Praktikumsvorbereitung stellen hier Lehr-Videos dar, welche die praktische Tätigkeit genau abbilden. Um zeitnahe und individuelles Feedback zu integrieren, werden genau festgelegte Zeitrahmen für die Durchführung der Arbeit und für Feedback mittels Videokonferenz angesetzt. Diese Strategie wird ebenfalls erfolgreich im digitalisierten Physik-Praktikum der Universität Paderborn angewendet [12].

(b) Die zweite Spezifität auf Ebene der zwischenmenschlichen Kommunikation ist die Tatsache, dass Studierende im Praktikum meist in Teams arbeiten, das heißt in Gruppen von zwei oder mehr Studierenden. Zum einem ergibt sich aus Kapazitätsgründen oft deren

Notwendigkeit, zum anderen ist die Teamarbeit auch bewusst gewählt, um Fähigkeiten in der Kollaboration und Kommunikation untereinander zu trainieren. Traditionell findet die Gruppenarbeit direkt und zeitsynchron am Arbeitsplatz in Werkstatt oder Labor statt. Ist diese Synchronität nicht mehr gegeben und die Studierenden müssen ihre Zusammenarbeit mit Hilfe digitaler Kommunikationswege organisieren und umsetzen, werden somit neue Arbeitsschritte integriert. Sie umfassen die selbstständige Abstimmung von Arbeitsbedingungen in Bezug auf Zeit und Ort, kollaboratives Arbeiten im digitalen Raum an geteilten Dokumenten oder Fernexperimenten sowie die gegenseitige Veranschaulichung von praktischen Arbeitsschritten über digitale Kommunikationswege. Im Blog des Hochschulforum Digitalisierung beschreibt Elisabeth Mayweg wie der Einsatz von digitalen kollaborativen Lernformen in der Hochschullehre gelingen kann [13]. Unter anderem liegt eine Möglichkeit virtuelle Laborumgebungen im Rahmen von Teamarbeit optimal zu nutzen im Potential von Gamification. Hier werden spielerische, auch wettbewerbsartige, Elemente und Vorgänge genutzt, um Lernerfolge zu steigern. Speziell mit diesem Thema beschäftigt sich das Gaming Lab des Bremer Instituts für Produktion und Logistik GmbH [14]. Ebenfalls sei in diesem Zusammenhang das Projekt MINT-VR-Labs genannt. Hier werden an der Berliner Hochschule für Technik virtuelle Labore für das Training naturwissenschaftlicher Laborexperimente geschaffen [15]. Diese Experimente beinhalten spielerische Komponenten, was Potential für gamifizierte Teamarbeit schafft und wiederum zeigt, dass Digitalisierung nicht nur Herausforderung, sondern durchaus Bereicherung sein kann.

5. Didaktische Herausforderungen

Wie die vorherigen Abschnitte bereits andeuten, sind Digitalisierungsprozesse im Werkstatt- und Laborpraktikum von einer nicht zu unterschätzenden Komplexität geprägt. Um einzelne Herausforderungen besser greifen zu können, führt das Projekt D2C2 derzeit eine Reihe von Erhebungen durch. Aus der Ist-Stand-Analyse und Vernetzung heraus sollen

gezielt Weiterbildungsmöglichkeiten entwickelt werden. Wir konzentrieren uns vorrangig auf Errungenschaften und Erfahrungen, die Lehrende und Studierende in den vergangenen Jahren gesammelt haben und möchten diese in strukturierter Form mit anderen Lehrenden und Studierenden teilen. Dabei ist es uns wichtig, neben erfolgreichen Umsetzungs-ideen auch auf anhaltende Herausforderungen adäquat einzugehen. Obgleich diese Erhebungen noch laufen, möchten wir hier einen kurzen Einblick in eine Blitzumfrage gewähren, die wir im Rahmen der **4. Lessons Learned-Konferenz** an der TU Dresden im Juli 2022 durchgeführt haben. Im direkten Anschluss an eine Projekt-Präsentation baten wir die anwesenden Lehrenden zu beantworten, was für sie die größte Herausforderung in der Durchführung digitalisierter Praktika darstellt. Aus den 21 Antworten haben wir fünf Cluster gebildet, die einen ersten Eindruck von der Vielzahl der Herausforderungen vermitteln (siehe Abb. 1). Die Ergebnisse können und sollten nicht als repräsentativ gewertet werden. Der Mehrwert einer solchen Blitzumfrage liegt unter anderem in den spezifischen Formulierungen, die die Teilnehmenden ad hoc wählen. Sie verschaffen einen guten diskursiven Eindruck und erlauben es auf einzelne Formulierungen näher einzugehen. Dabei ist hervorzuheben, dass die Umfrage unangekündigt durchgeführt wurde. Sie erfolgte anonym, schriftlich und auf freiwilliger Basis, wobei den Teilnehmenden sowohl eine digitale als auch eine analoge Form der Einreichung zur Verfügung stand.

Sechs der abgegebenen Antworten deuten auf Herausforderungen bei der didaktischen Anleitung der Studierenden hin, welche unter anderem durch hohe Studierendenzahlen und den Anspruch der gleichwertigen Einbindung aller Studierenden erschwert wird. Diese Schwierigkeiten können parallel zur Nennung technischer Probleme gelesen werden, die einen ebenfalls hohen Anteil ausmachen. So verhindert teils die mangelhafte technische Ausstattung von Studierenden sowie technische Probleme die gleichwertige Einbeziehung aller in das Praktikums-geschehen. Gleichzeitig erhöhen sich die Anforderungen an Studierende und Lehrende. So wird unter anderem das Fernbleiben haptischer Elemente unter dem Gesichtspunkt des (fehlenden) Praxisbezugs

beklagt. Es rücken teils andere Fähigkeiten in den Mittelpunkt, beispielsweise im Umgang mit Software, die es zu beherrschen gilt. Hier fällt auf, dass als Ursache fehlende Kompetenzen auf Seiten der Studierenden genannt werden, bspw. „viele Studierende können nicht mit MS-Excel umgehen“. Eine Formulierung entlang äußerer Strukturen wird nicht gewählt, bspw. „in der Schule wurde den Studierenden die Benutzung von MS-Excel nicht beigebracht“ oder gar „die Universität bietet den Studierenden keine Grundlagen-Workshops für gängige Softwareprogramme an“. Ein ähnliches Spannungsverhältnis liegt auch dem Wort Motivation inne, welches im Hinblick auf die aktive Beteiligung der Studierenden am Praktikums-geschehen mehrfach genannt wird. Den Studierenden wird fehlende Motivation attestiert. Da Motivation als solches nicht messbar ist, werden hier eine individuelle Einordnung und Interpretation des Kursgeschehens vorgenommen. Ob die Studierenden wirklich unmotiviert sind oder strukturelle Gründe diesem Anschein zu Grunde liegen, kann nicht festgestellt werden. Umso spannender ist es, dass gleich mehrere Lehrende diesen Begriff gewählt haben. Eine Tendenz zur studierendenbezogenen Problemanalyse wird hier besonders deutlich, während die strukturbezogene Problemanalyse in den Hintergrund tritt. Zu betonen sei, dass diese Einordnung keine Wertung der Aussagen darstellen, sondern lediglich auf die diskursive Situiertheit der Studierenden aufmerksam machen soll. Solange das Problem bei den Studierenden verortet wird, können Veränderungen auf struktureller Ebene schnell ins Hintertreffen geraten. Nicht zu Letzt verweisen die Teilnehmenden der Umfrage bei der Kommunikation mit Studierenden auch auf strukturelle Probleme. So wird betont, dass Online-Tools nur bedingt die Kommunikation vor Ort widerspiegeln können, da insbesondere eine informelle Kommunikation schwieriger zu erreichen ist.

Welche Ebenen der Digitalisierung (vgl. Infokasten 2) genau bei den Antworten zu Grunde liegen, ist nicht in jeder Antwort exakt ersichtlich. Bei den Antworten „Zeitaufwand“, „fehlendes Engagement der Studierenden“, „Technische Probleme“ kommen beispielsweise mehrere Ebenen (wie Arbeitsumgebung und zwischenmenschliche Kommunikation) infrage.

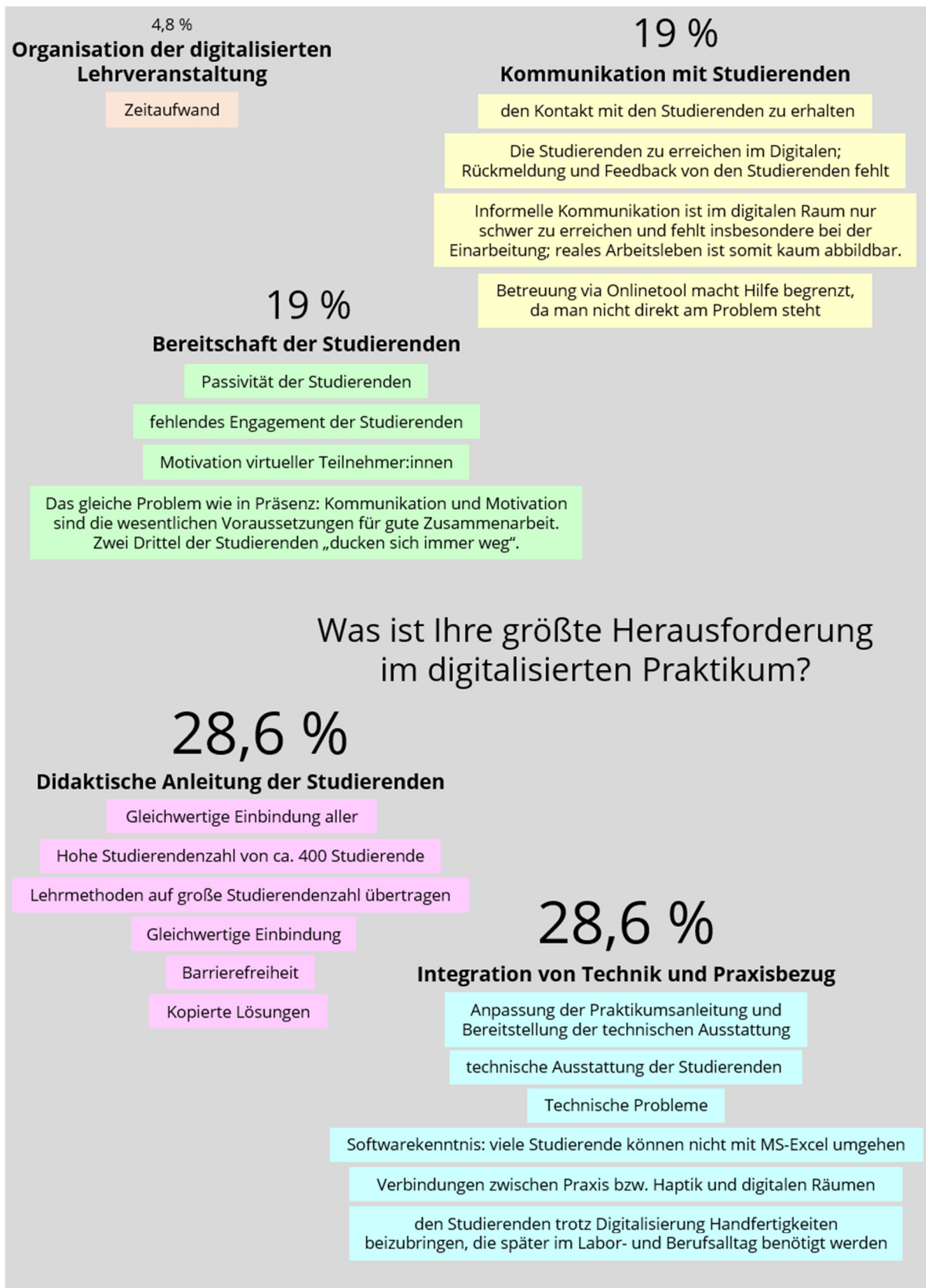


Abb. 1: Ergebnisse der Blitzumfrage zur Lessons-Learned-Konferenz am 14. und 15. 07. 2022. Die Frage lautete „Was ist Ihre größte Herausforderung im digitalisierten Praktikum?“. Die Umfrage erfolgte schriftlich, anonym und stichprobenartig auf freiwilliger Basis. Die Ergebnisse sind nicht repräsentativ und spiegeln keine wissenschaftlichen Erkenntnisse wieder. Die Durchführung erfolgte online (über invote) und parallel (per Karteikarten) analog. 21 Antworten wurden insgesamt abgegeben. Die Original-Antworten finden sich in den farbigen Feldern abgebildet. Zur Übersichtlichkeit wurden die Antworten subjektiv kategorisiert. Die Prozentwerte geben den Anteil der jeweiligen Kategorie in Bezug auf die Anzahl aller Antworten.

Eine Feststellung darüber würde eines genaueren Nachfragens bedürfen. Es wird jedoch bereits sichtbar, dass die genannten Herausforderungen teils auf unterschiedlichen Digitalisierungsebenen verortet sind. Dieser Vielfalt und dem daraus abzuleitende Handlungsbedarf kann besonders gut begegnet werden, wenn bereits in der Veranstaltungskonzeption verschiedene Grade und Ebenen der Digitalisierung differenziert werden und Einbeziehung in didaktischen Überlegungen erhalten. Für eine langfristig erfolgreiche Digitalisierung ist ratsam die einzelnen didaktischen Herausforderungen genau zu definieren sowie getrennt voneinander zu betrachten und ihnen in einem schrittweisen Prozess stufenweise nachzukommen.

Literatur

- [1] 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>.
- [2] Terkowsky, C.; May, D.; Frye, S.; Haertel, T.; Ortelt, T. R.; Heix, S.; Lensing, K. (Hg.) (2020). *Labore in der Hochschullehre - Didaktik, Digitalisierung, Organisation*. Bielefeld: wbv. <https://doi.org/10.3278/6004804w>.
- [3] Thoms, L.-J. (2019). *Spektrometrie im Fern-labor: Wirkung von Informationsdarbietungen beim forschenden Lernen*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-25708-8>.
- [4] Ortelt, T. R.; Terkowsky, C.; Schwandt, A.; Winzker, M.; Pfeiffer, A.; Uckelmann, D.; Hawlitschek, A.; Zug, S.; Henke, K.; Nau, J.; May, D. (2021). Die digitale Zukunft des Lernens und Lehrens mit Remote-Laboren. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-658-32849-8_31.
- [5] Heidling, E.; Meil, P.; Neumer, J.; Porschen-Hueck, S.; Schmierl, K.; Sopp, P.; Wagner, A. (2019). *Ingenieurinnen und Ingenieure für Industrie 4.0*. IMPULS-Stiftung, Frankfurt a. M. <https://www.isf-muenchen.de/projekt/ingenieurinnen-und-ingenieure-fuer-industrie-40/>.
- [6] Pfeiffer, A.; Uckelmann, D. (2021). Pilotierung eines didaktischen Modellkonzepts für laborbasiertes Lernen – (Digi)LabTC für DigiLab4U. <https://www.wbv.de/shop/Pilotierung-eines-didaktischen-Modellkonzepts-fuer-laborbasiertes-Lernen-Digi-LabTC-fuer-DigiLab4U-6004804w111>.
- [7] Zug, S. (2021). *Digitale Labore 4.0 – Kick-off für Projekt Cross-Reality Labore in der Hochschullehre*. <https://tu-freiberg.de/presse/digitale-labore-40-kick-off-fuer-projekt-cross-reality-labore-in-der-hochschullehre>.
- [8] Rückmann, I.; Glüge, S.; Windzio, C. (2011). Hinweise zum Praktikum und zur Auswertung von Messergebnissen. https://www.uni-bremen.de/fileadmin/user_upload/fachbereiche/fb1/fb1/Physika/Regeln-und-Infos/hyper-skript_26_10_11.pdf
- [9] Schöning, S. (2019). Noch eine unverbindliche Liste elektronischer Laborbücher (Artikel auf der Website des Fraunhofer-Instituts). <https://websites.fraunhofer.de/lost-in-life-sciences/?p=52>.
- [10] De Grauw, M.; Huigsloot, M. (2016). Kickoff Lab-Buddy Pilot. <https://www.universiteitleiden.nl/en/news/2016/11/kickoff-labbuddy-pilot>.
- [11] Burdinski, D. (2022) Hochschule: Besser vorbereitet ins Labor. *Nachrichten aus der Chemie* 70 (7-8): 14–17. <https://doi.org/10.1002/nadc.20224123792>
- [12] Bauer, A.B.; Sacher, M.D.; Habig, S.; Fechner, S. (2021). *Laborpraktika auf Distanz. Ansätze in den Naturwissenschaften*. <https://doi.org/10.14361/9783839456903-011>.
- [13] Mayweg, E. (2022) Wie der Einsatz von (digitalen) kollaborativen Lernformen in der Hochschullehre gelingt – Einblicke in die aktuelle Forschung (Artikel auf der Website des Hochschuldidaktischen Forums). <https://hochschulforumdigitalisierung.de/de/blog/einsatz-von-digitalen-kollaborativen-lernformen>
- [14] BIBA – Bremer Institut für Produktion und Logistik GmbH. BIBA Gaming Lab. <https://www.biba-gaminglab.com>.
- [15] Gers, F.; Prowe, S. (2014). Game based learning im virtuellen Mikrobiologie-Labor. Conference-Paper zur Conference on Innovation in Higher Education 2014, Heidelberg. Siehe auch: <https://projekt.bht-berlin.de/mint-vr-labs/>.



Moving Beyond Mobility: Lessons Learned aus einer projektbasierten virtuellen internationalen, interkulturellen und interdisziplinären Zusammenarbeit

K. Schmitt¹, M. Altmann², A. Clauss², F. Schulze-Stocker³,
M. Arnold^{4*}, G. Rebane⁵

¹ *Dezernat 9 - Universitätskultur, TU Dresden*

² *Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik, insbesondere Informationsmanagement, TU Dresden*

³ *Zentrum für interdisziplinäres Lernen und Lehren (ZILL), TU Dresden*

⁴ *Professur für Sozialmanagement/ Sozialwirtschaft, Fachhochschule Dresden – University of Applied Sciences*

⁵ *Lehrstuhl für Vergleichende Europäische Kulturwissenschaft: Theorien und Methoden, Universität Passau*

Abstract

Der Beitrag beschäftigt sich mit dem Projekt "Collaborative International, Intercultural & Interdisciplinary Learning (COIILL)" zwischen der Technische Universität Dresden (GER), Stellenbosch University (ZAF), Shiraz University (IRN) und Bucknell University (USA). Das Projekt bietet Einblicke in die Entwicklung von Mobilität als einzige oder primäre Form der Internationalisierung in Hochschulen und Universitäten. Der Beitrag stellt Good Practices der Zusammenarbeit innerhalb und zwischen den Institutionen dar und zeigt, wie eine interdisziplinäre Community of Practice für die digitale Internationalisierung der beteiligten Einrichtungen aufgebaut wurde. Es werden systematisch die aus dieser Zusammenarbeit gewonnenen Erkenntnisse erörtert und weitere allgemeine Maßnahmen skizziert, die zu einer positiven Entwicklung der internationalen Zusammenarbeit im Hochschulbereich beitragen. Abschließend werden Schlussfolgerungen in Bezug auf die Hochschulpraxis und die Ausrichtung zukünftiger Forschung gezogen.

The paper focuses on the project "Collaborative International, Intercultural & Interdisciplinary Learning (COIILL)" of the partner institutions Technische Universität Dresden (GER), Stellenbosch University (ZAF), Shiraz University (IRN), and Bucknell University (USA). The project offers crucial insights into moving beyond mobility as the sole or primary mode of internationalization toward an international campus. The paper presents good intra- and inter-institutional collaboration practices and demonstrates how an interdisciplinary community of practice for digital internationalization was established between the partners. It systematically discusses the 'lessons learned' from this collaboration and outlines further general measures contributing to the positive development of international cooperation in academia. Finally, conclusions are drawn regarding the practical implications and direction for future research.

*Corresponding author: m.arnold@fh-dresden.eu

Dieser Artikel wurde ursprünglich auf Englisch eingereicht.

1. Einleitung: Hintergrund des Projekts

Die Fähigkeit zur Zusammenarbeit in länderübergreifenden virtuellen Teams gehört zu den Schlüsselkompetenzen des 21. Jahrhunderts [1]. Vor diesem Hintergrund wurde das Projekt TUD COIIL (Collaborative International, Intercultural & Interdisciplinary Learning) im Rahmen des Förderprogramms International Virtual Academic Collaboration (IVAC, 2021) ins Leben gerufen, einem der drei DAAD-Programme zur Stärkung und zum Ausbau der internationalen virtuellen Zusammenarbeit deutscher und ausländischer Hochschulen [3]. IVAC verfolgte das Ziel, die Studiengänge an deutschen Hochschulen und ihren ausländischen Kooperationspartnern zu flexibilisieren und den Studierenden sowie Lehrenden einen erweiterten Zugang zu internationaler Hochschulbildung zu ermöglichen. Die IVAC-Förderung beinhaltete auch den Einsatz von digitalen Werkzeugen und Konzepten in der Zusammenarbeit zwischen den Partnerhochschulen Technische Universität Dresden (Deutschland), Stellenbosch University (Südafrika), Shiraz University (Iran) und Bucknell University (USA).

Das Projekt TUDCOIIL bietet entscheidende Einblicke in die Entwicklung von Mobilität als einzige oder primäre Form der Internationalisierung hin zu einem wirklich internationalen Campus. Das Projekt geht jedoch über die reine Lehrkooperation hinaus und adressiert auch Handlungsfelder der Internationalisierungsstrategie auf dezentraler und zentraler Ebene. Darüber hinaus sind die Ziele des Projekts auch mit den Zielen der E-Learning-Strategie der TU Dresden sowie mit denen der nationalen Exzellenzinitiative verknüpft.

Aufbauend auf der bisherigen intra- und interinstitutionellen Zusammenarbeit wurde während des Förderzeitraums eine interdisziplinäre und interkulturelle Community of Practice für ein „Internationalization@Home Strategie“ [2] und für eine digitale Internationalisierung [4] etabliert. Die Community of Practice beinhaltete einen regelmäßige(n) Informationsaustausch zwischen den Partnerhochschulen zu kritischen Aspekten, Themen und Dokumenten, Diskussion der Herausforderungen und Chancen des Projekts, Sammlung von Erfahrungen und Good Practices und Einbezie-

hung der Expertisen aller Beteiligten in das Antragsverfahren und auf projektbezogenen Konferenzen. Darüber hinaus förderten spezielle digitale Austauschformate das gegenseitige Verständnis und Lernen in den folgenden drei Tracks:

1. Akademische Themen und Rahmen für virtuelles kollaboratives Lernen (VCL);
2. Didaktik einer interdisziplinären, internationalen und virtuellen Lehre;
3. Internationalisierung und Entwicklung von interkulturellen Kompetenzen.

Akademische Themen und VCL-Rahmen:

Virtual Collaborative Learning (VCL) wird an der Professur für Wirtschaftsinformatik, insbesondere Informationsmanagement, der TU Dresden seit über 20 Jahren als Lehrformat eingesetzt, um die traditionelle Präsenzlehre zu ergänzen und um Gruppenlernprozesse in den virtuellen Raum zu übertragen. Im VCL-Projekt bearbeiten kleine interdisziplinäre und meist international gemischte Gruppen von Studierenden innerhalb von 4-8 Wochen komplexe, reale Problemstellungen auf der Basis von didaktisch aufbereiteten Fallstudien. Abbildung 1 zeigt den allgemeinen Ablauf eines VCL-Moduls.

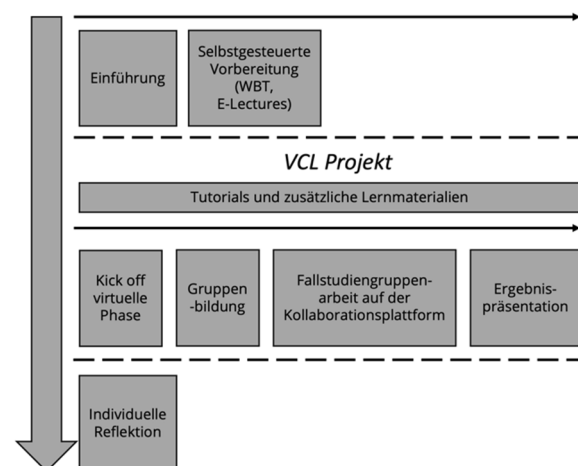


Abbildung 1: Abfolge der VCL-Module [5]

Die Gruppenarbeit in den VCL-Modulen zeichnet sich durch ein hohes Maß an Selbstorganisation und Ergebnisverantwortung sowie durch die Übernahme verschiedener Rollen aus. Während der Gruppenarbeit werden die

Teilnehmenden von speziell qualifizierten studentischen E-Tutor:innen betreut. Die E-Tutor:innen sind integraler Bestandteil der Gruppe und fungieren als Ansprechpartner für alle Fragen, ohne an der Lösung der Aufgabe beteiligt zu sein. Die Kommunikation und Dokumentation der Gruppen erfolgt über maßgeschneiderte Kollaborationsplattformen. Microsoft Teams™ wurde als weithin akzeptierte Standard-Kollaborationssoftware in den VCL-Modulen eingesetzt.

Der VCL-Rahmen trägt durch das projektorientierte Lehr-Lernformat und die Zusammenarbeit in speziell vorbereiteten Fallstudien zur Entwicklung von ‚21st-Century Skills‘ der Lernenden bei. Der Schwerpunkt liegt insbesondere auf der Verbesserung der Fähigkeiten zur virtuellen Zusammenarbeit, einer Schlüsselkompetenz für vernetzte Teamarbeit im Berufsleben. Das VCL-Framework bietet Lehrkräften wissenschaftlich gut recherchierte und umfassend praxiserprobte didaktische Patterns mit zahlreichen Best Practices für die Gestaltung und Entwicklung virtueller Gruppenarbeiten [5]. Lehrkräfte und E-Tutor:innen können in VCL-Settings auf die Daten der Lernenden zugreifen, um Lernprozess zu analysieren. Dies wird durch die Analyse der verschiedenen Tools und Funktionen in der MS Teams™ -Umgebung ermöglicht, wie in Abbildung 2 dargestellt.

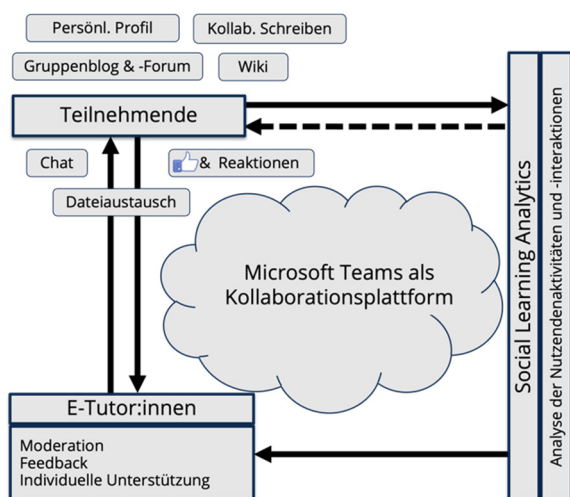


Abbildung 2: Social Learning Analytics in MS Teams™

In diesen Track flossen ebenso Erkenntnisse der Zusammenarbeit zwischen Studierenden

der Universität Shiraz und der TU Dresden sowie der Zusammenarbeit mit Studierenden und Lehrenden der Bucknell University ein.

Didaktik der interdisziplinären, internationalen und virtuellen Lehre: In Track 2 wurden Erfahrungen für eine erfolgreiche bzw. misslungene interdisziplinäre und interkulturelle Zusammenarbeit gesammelt. Diese Erkenntnisse halfen dabei, Best Practices zu identifizieren, zu analysieren und systematisch zu dokumentieren. Im Mittelpunkt der Betrachtung stand außerdem der Ausbau der internationalen Ausrichtung der TU Dresden im Hinblick auf E-Learning- und Internationalisierungsaktivitäten.

Internationalisierung und Entwicklung von interkulturellen Kompetenzen: Diese Aktivität baute auf Wissen und Erfahrungen der Universität Stellenbosch und der TU Dresden in der Förderung interkultureller Kompetenzentwicklung, der Unterstützung des globalen Lernens in akademischen und ko-curricularen Bildungsprogrammen und der Schaffung von Lernmöglichkeiten für Studierende und Mitarbeitende mit unterschiedlichem Hintergrund durch Internationalisierungsinitiativen auf.

Darauf aufbauend wurden gemeinsame Angebote geplant und theoretisch fundiert. Die Entwicklung und Etablierung neuer Formate baute stets auf den bisherigen Erfahrungen auf, um bestehende und neue Herausforderungen systematisch anzugehen. So zeigte sich beispielsweise, wie schwierig es sein kann, unterschiedliche akademische Kalender – auch im digitalen Kontext – für gemeinsame Lehre in Übereinstimmung zu bringen.

(Digitale) Kollaboration: In den drei Tracks entwickelten die Expert:innengruppen ihre eigene virtuelle, hybride und physische Meeting-Kultur in MS Teams™ und auf Miro Board™ und pflegten den Austausch innerhalb der Gruppe und mit weiteren Fachleuten in ihren jeweiligen Bereichen. Darüber hinaus wurde der Austausch von Ideen und Erfahrungen zwischen den drei Gruppen aufrechterhalten und schließlich in der Abschlusskonferenz bzw. -workshop am Ende des Projekts zusammengeführt, um über die gewonnenen Erkenntnisse zu reflektieren, weitere gemeinsame Projekte zu entwickeln und um über die nächsten Schritte zu entscheiden. Abbildung 3 zeigt das

Miro Board™, das als zentrale Kooperationsplattform für den Austausch, die Planung, die gemeinsame Entwicklung und die Dokumentation von Ideen und Ergebnissen genutzt wurde.

Der vorliegende Beitrag diskutiert die aus dieser Zusammenarbeit gezogenen Erkenntnisse und skizziert weitere allgemeine Maßnahmen,

die zu einer positiven Entwicklung der internationalen akademischen Zusammenarbeit beitragen. Abschließend werden Schlussfolgerungen hinsichtlich der praktischen Handlungsempfehlungen und Perspektiven für künftige Forschungen zur internationalen Hochschulzusammenarbeit gezogen.

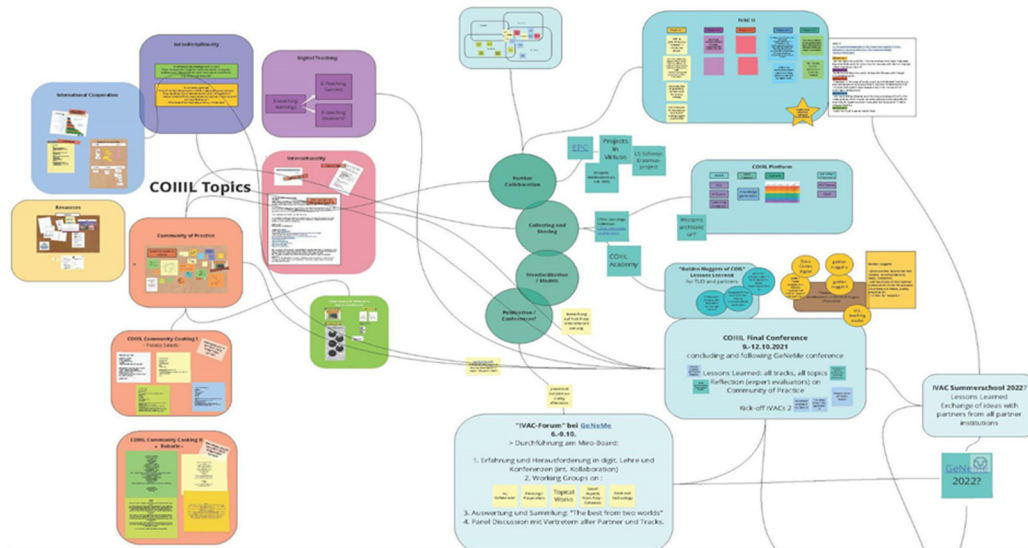


Abbildung 3: Screenshot des zentralen Miro Board™

2. Lessons Learned

Alle Partneereinrichtungen haben in den vergangenen Semestern nicht nur ihr internationales Engagement in der Lehre ausgebaut, sondern auch gelernt, dass die internationale digitale Zusammenarbeit großes Potenzial birgt, die Qualität und Intensität der Zusammenarbeit zu steigern – sei es innerhalb der eigenen Institution oder international. Die folgenden Überlegungen beinhalten Lehr- und Lernerfahrungen des akademischen Personals und von Studierenden sowie ‚Lessons Learned‘ im Projektverlauf, die dazu beitragen können, die digitale Zusammenarbeit zukünftig zu verbessern und gleichzeitig internationale Hochschulpartnerschaften zu vertiefen.

Es liegt auf der Hand, dass sich die Intensität, das Timing und die Tiefe der digitalen Zusammenarbeit im Projektverlauf verändert und, wie wir gelernt haben, stetig verbessern lässt. Dies geht über die Schaffung bzw. Aufrechterhaltung von neuen Lehrmöglichkeiten in der jüngsten Pandemie hinaus: Internationalität,

Interdisziplinarität und Interkulturalität können nicht nur vertieft werden, sondern auch digitale Kooperationsprozesse weiterentwickelt und virtuelle Räume geschaffen werden.

Es gibt nach wie vor interkulturelle Fallstricke in der digitalen Zusammenarbeit, die uns daran hindern, bestimmte Ziele zu erreichen, oder es zumindest schwierig machen, sie zu erreichen.

Es ist von entscheidender Bedeutung, die unterschiedlichen Grade der digitalen Beteiligung der Teilnehmenden zu berücksichtigen und von Beginn an in den Entwicklungsprozess zu integrieren. Darüber hinaus müssen die Besonderheiten des virtuellen Raums und seiner Funktionen, wie z. B. das Fehlen bestimmter sozialer Kontaktmöglichkeiten für Teilnehmende, beachtet sowie durch geeignete Aktivitäten kompensiert werden, insbesondere zu Beginn der Zusammenarbeit. Eine sorgfältige Koordination der Projektaktivitäten ist erforderlich, um das notwendige Gleichgewicht in der Zusammenarbeit des Konsortiums unter

Berücksichtigung demographischer, bildungsbezogener und kultureller Hintergründe herzustellen.

Ein konkreter Maßnahmenplan sollte vorhanden sein, um eine breite Sichtbarkeit zu gewährleisten und um von Anfang an eine externe Beteiligung zu ermöglichen. Um die nachhaltige Anwendung der Projektergebnisse zu gewährleisten, sind außerdem ein Wissensmanagement und leicht zugängliche Ressourcen auch nach dem Ende des Projekts von größter Bedeutung. Schließlich sollten unabhängig von der Projektleitung regelmäßige Qualitätssicherungsprozesse umgesetzt werden, um sicherzustellen, dass wir das tun, was wir tun wollen.

Bei unseren Überlegungen werden wir uns auf drei wichtige Erkenntnisse aus dem Projekt stützen:

1. Didaktik der virtuellen Lehrzusammenarbeit
2. Internationalisierung
3. Evaluation der Communities of Practice

Didaktik der virtuellen Lehrkooperation:

Das Projekt basierte auf einer internationalen Zusammenarbeit, die als vorteilhaft für alle empfunden wurde. Die am Projekt Teilnehmenden gaben an, dass ihnen das Projekt geholfen hat, die Krise zu überwinden, da es zahlreiche Möglichkeiten zur Verbesserung der Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen Universitäten bot.

Bei der Übertragung auf den Kontext der internationalen Hochschulzusammenarbeit zeigte sich, dass die bereits vorhandenen didaktischen Gestaltungsmuster und Prinzipien für die Umsetzung des VCL angepasst werden mussten. So wurde beispielsweise deutlich, dass wesentliche Aspekte der Muster veraltet waren und eine Erweiterung notwendig war. Daher wurden die Muster überarbeitet und die neu gewonnenen Erkenntnisse integriert.

Die Auseinandersetzung mit dem didaktischen Design machte deutlich, wie wichtig eine intensive Vorbereitungsphase ist. Es ist notwendig, alle Partner:innen auf den Austausch vorzubereiten,

z. B. durch den Einsatz digitaler Werkzeuge und die Einbeziehung in die Antragserstellung. Das Projekt hat auch gezeigt, dass internationaler Austausch und Zusammenarbeit Zeit brauchen, um Dinge nachhaltig zu entwickeln. Zu viele unterschiedliche Themen und Aktivitäten können diese Entwicklung in kurzer Zeit behindern. Reflexionen bergen entscheidendes Potenzial für die weitere Entwicklung und sollten entsprechend Zeit erhalten. Auch die Entwicklung von Kooperationskursen ist ein Prozess, der viel Zeit und Ressourcen erfordert. Der Projektverlauf zeigte deutlich, dass mit der Zeit immer mehr Synergien gefunden werden konnten.

Aus didaktischer Sicht zeigte die virtuelle Zusammenarbeit die Bedeutung von Möglichkeiten für virtuelle soziale Zusammenkünfte für alle Teilnehmenden. Das zu diesem Zweck verwendete Tool Gather.town™ wurde für seine sozialen Kommunikationsmöglichkeiten häufiger gelobt, während MS Teams™ lediglich als „Arbeitsplattform“ verstanden wurde (siehe Abbildung 4). Das räumlich-orientierte Chat-Tool Gather.town™ und seine Kommunikationsmöglichkeiten wirkten sich motivierend auf die virtuelle Zusammenarbeit aus, was in zukünftigen Settings berücksichtigt werden sollte. Das Projekt zeigte auch, wie wichtig die Integration zusätzlicher praktischer Komponenten ist. Virtuelle Zusammenarbeit ist mehr als Reden, Zuhören und Schreiben. In zukünftigen Projekten sollten mehr praktische Aktivitäten integriert werden.

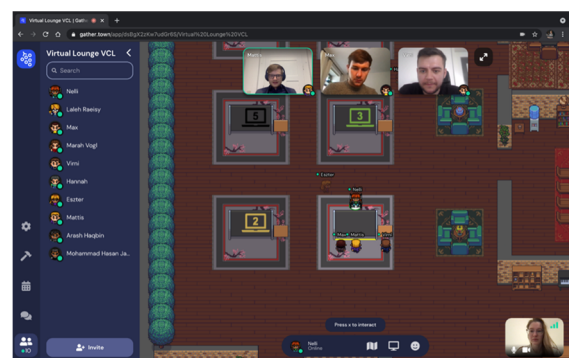


Abbildung 4: Vernetzungssitzung mit Studenten über Gather.town™ (nach Genehmigung) [6]

Das Projekt zeigte auch, dass Social Learning Analytics für die Analyse des Lernens in einem

kollaborativen, interkulturellen und interdisziplinären Umfeld unerlässlich sind. Die verschiedenen Analysemöglichkeiten auf Basis des Datensatzes von MS 365™ wurden aufbereitet und iterativ verfeinert. Die Visualisierung der analysierten Nutzerdaten half den E-Tutor:innen, die kollaborative Arbeit effektiv zu begleiten. Darüber hinaus wurden die Daten genutzt, um die Teilnehmenden über ihre kollaborative Leistung zu informieren. Darüber hinaus wurden Text-Mining-Methoden mit linguistischen Auswertungsansätzen kombiniert, um viel diskutierte Hauptthemen, aufkommende Kontroversen, Konflikte und die allgemeine Gruppenatmosphäre zu identifizieren. Die Analyseergebnisse halfen den E-Tutor:innen, schnell auf Konflikte zu reagieren und lieferten tägliche Übersichten über die Gruppenatmosphäre.

Internationalisierung: Mit dem COIIL-Rahmen konnten wir die offensichtliche Kluft nicht nur auf verschiedene Weise überbrücken, sondern im wahrsten Sinne des Wortes über die Mobilität hinausgehen:

Während der Pandemie hat der virtuelle Austausch dazu beigetragen, die Zusammenarbeit mit den internationalen Partnereinrichtungen aufrechtzuerhalten. In vielen Fällen hat dies zu einer viel regelmäßigeren Zusammenarbeit geführt – auch ohne physische Treffen – als bei den jährlichen Projekttreffen zuvor, ganz zu schweigen von der Zeit-, Geld- und CO₂-Ersparnis, die durch den Wegfall der vielen Besuche entsteht.

Die digitale Internationalisierung ermöglichte uns auch ein breites Spektrum an internationalem und interkulturellem Lernen, das sich nicht nur auf Studierende bezieht. Auf virtuellem Wege konnten wir internationale Erfahrungen für verschiedene Mitglieder unserer Hochschulen fördern und so Barrieren überwinden, an denen wir seit Jahren gearbeitet haben. Die Arbeit über Statusgruppen und Institutionen hinweg war viel leichter möglich. Die Initiativen unseres Projekts verknüpften drei Perspektiven: Lehre, Internationalisierung und Pädagogik. Alle Ziele setzen voraus, dass wir auf Augenhöhe zusammenarbeiten und einen inklusiven und partizipativen Prozess über traditionelle Hierarchien hinweg, von unten

nach oben und nicht von oben nach unten, schaffen. Dies wiederum führte zu einem breiteren Spektrum an Ergebnissen, mehr Gestaltungsmöglichkeiten und Kreativität.

Unsere Erfahrung zeigt jedoch, dass der Aufbau internationaler Partnerschaften von Anfang an konzentrierte Anstrengungen erfordert, bei denen alle Seiten in den Antragsprozess und die Finanzplanung einbezogen werden und zu einem geteilten digitalen Whiteboard übergehen müssen, sobald das Projekt offiziell ‚anläuft‘, was wesentlich zur gesteigerten Verantwortung aller an der Umsetzung des Projekts beitragen wird. Darüber hinaus ist die Aufrechterhaltung einer lebendigen Community of Practice keine Extraaktivität, sondern das Herzstück des Projekts, da diese eine Brücke über geographisch verteilte Partnereinrichtungen schlägt. Eine Online-Community zeigt auch reale und vermeintliche Grenzen auf, wie etwa Fragen des nationalen Datenschutzes oder das Verbot der Nutzung bestimmter digitaler Tools und Plattformen, die immer eine Gefahr für Internationalität und Kreativität darstellen können.

Der nachhaltige und strategische Einsatz von virtueller Internationalisierung kann neue Perspektiven eröffnen, Sichtbarkeit und Transparenz schaffen und damit wiederkehrende Herausforderungen der Internationalisierung angehen, wie z.B. Fragen der dezentralisierten oder sogar ‚Mainstream-Internationalisierung‘ sowie die daraus resultierende zukünftige Rolle und Verantwortung von (zentralen) International Offices an Hochschulen. Wenn wir diese Frage durch die Linse der digitalen Internationalisierung betrachten, anstatt zu fragen, wo sie beginnen und enden sollte, könnten wir das Potenzial einer zentralen Einheit in den Universitäten in Betracht ziehen, die Informationen und Programme sammelt, austauscht und ausbaut sowie einen Wissenstransfer schafft und so zu einem besseren Verständnis und einer besseren Unterstützung der Internationalisierung einer Institution beiträgt. Diese zentrale Stelle könnte beispielsweise Bottom-up-Initiativen mit Top-down-Strategieentwicklungen zusammenführt. Schließlich kann eine Koordinierung digitaler Initiativen vom Antragsprozess an Möglichkeiten schaffen, die mit den herkömmlichen zeitlichen und finanziellen Ressourcen nicht realisierbar wären.

Evaluation der Communities of Practice: Die Communities of Practice wurden im Rahmen von formativen und summativen Bewertungsschritten evaluiert [7]. Wie in Abbildung 5 dargestellt, umfasste die Validierungsmethodik mehrere Instrumente der Datenerhebung: teilnehmende Beobachtung in virtuellen Räumen, eine kurze Umfrage während der Projekttreffen, drei Fokusgruppendifkussionen mit Projektvertreter:innenn der wichtigsten teilnehmenden Universitäten (TU Dresden, Stellenbosch University und Shiraz University) und vier halbstrukturierte Einzelinterviews mit Teilnehmenden, die unterschiedliche Funktionen innerhalb des VCL-Moduls innehatten (Dozenten, E-Tutor:innen und Teilnehmende). Die Daten wurden anschließend einer qualitativen Inhaltsanalyse unterzogen. Auf der Grundlage der Ergebnisse gaben die Evaluator:innen ein Feedback zum Gesamtfortschritt des Projekts und zu den VCLs. Dies betraf (a) die Bedürfnisse und Anforderungen der verschiedenen Zielgruppen des Projekts, (b) die Verbindung zwischen den verschiedenen Tracks, (c) die Kommunikations- und Interaktionsmodalitäten innerhalb des Projekts und (d) die Diskussion über die unterschiedlichen Perspektiven der Beteiligten auf Interkulturalität.



Abbildung 5: Validierungsrahmen für die Bewertung von Communities of Practice (CC BY 4.0) [7]

Die Auswertung ergab folgende Ergebnisse. *Erstens* ermöglichte die virtuelle Zusammenarbeit einen ungezwungenen Austausch und half

den Teilnehmern, interkulturelle Kommunikationskompetenzen zu entwickeln. Allerdings gab es für die Teilnehmenden auch zahlreiche Herausforderungen, z.B. im Umgang mit unterschiedlichen Rollenerwartungen und akademischen Hierarchien. Als Grundvoraussetzung für derartige Projekte muss festgestellt werden, dass alle Teilnehmenden den gleichen Zugang zur Lerngemeinschaft, zur Infrastruktur und zu den Ressourcen haben sollten.

Zweitens wurde die Online-Zusammenarbeit als „kosten- und zeiteffiziente“ Möglichkeit der gleichzeitigen Konversation und des sofortigen Austauschs von Ideen auf digitalen Plattformen (MS Teams™, Miro Board™, Gather.town™) verstanden. Die Entscheidung für oder gegen ein digitales Werkzeug ist jedoch keine rein technische Frage. Die bewusste Auswahl und der zielgerichtete Einsatz sind von entscheidender Bedeutung, da sie insbesondere die Entwicklung von Communities of Practice unterstützen: z.B. Gather.town™ „um eine engere Beziehung zu den Mitgliedern im Allgemeinen, den Community-Mitgliedern, aufzubauen“ und MS Teams™ „um für die Arbeit genutzt zu werden“ (Gruppendiskussion). Jede Entscheidung für oder gegen digitale Werkzeuge steht auch im Zusammenhang mit möglichen Ein- oder Ausgrenzungserfahrungen, die unter den Oberbegriff „digital divide“ zusammengefasst werden können, der die potenziellen Ungleichheiten widerspiegelt, die sich aus demografischen, sozialen, wirtschaftlichen und kulturellen Faktoren sowie aus persönlichen Merkmalen ergeben (z. B. „digital natives“ vs. „digital immigrants“ als altersbedingte Unterscheidung in Bezug auf Technikaffinität und Medienkompetenz). Diese Frage hängt auch mit der Erkenntnis zusammen, dass der Einsatz von computergestützter Kommunikation und digitalen Werkzeugen beim Lehren und Lernen alles andere als kulturneutral ist (so wie auch das Design und die spezifischen Merkmale dieser Werkzeuge kulturspezifisch sind) und unterschwellige machtbetonte Vorurteile fördern kann.

Drittens wurde die internationale Zusammenarbeit allgemein als bereichernd und ‚zukunftsorientiert‘ empfunden. Die Teilnehmenden zeigten sich beeindruckt von den greifbaren Aussichten der Zusammenarbeit über na-

tionale Grenzen hinweg und zwischen verschiedenen geografischen Gebieten: „Zu sehen, dass es [auf] dieser Ebene tatsächlich funktioniert, war erhellend“ (Gruppendiskussion). Zu den Fallstricken der Internationalität (im Unterschied zu ‚nationalen Kulturen‘) gehörten u.a. die Herausforderung, unterschiedliche Zeitzonen zu berücksichtigen, die akademischen Kalender zu synchronisieren (vor allem in den VCL-Modulen) und divergierende globale Agenden in Einklang zu bringen (vor allem in Bezug auf die Frage „Global North“ vs. „Global South“).

Viertens betonten die Teilnehmenden auch die interdisziplinären Aspekte der Zusammenarbeit. Trotz der Herausforderungen, die sich aus den unterschiedlichen disziplinspezifischen Terminologien, Methoden und Perspektiven ergeben (z. B. in Bezug auf die ‚Interkulturalität‘), hat das Projekt aufgrund des disziplinübergreifenden kollegialen Austauschs und der damit einhergehenden Erweiterung des Blickwinkels in hohem Maße zur beruflichen und persönlichen Entwicklung der Teilnehmenden beigetragen.

Fünftens haben die Teilnehmenden durch das Projekt auch interkulturell gelernt. Zum einen ging es bei den interkulturellen Aspekten um klassische Themen wie ‚länderspezifische‘ Zeitabläufe oder bevorzugte Kommunikationsmuster (z.B. die Bevorzugung des mündlichen gegenüber dem schriftlichen Austausch oder spontane gegenüber vorher geplanten Treffen). In diesem Zusammenhang nannten die Teilnehmenden einige weit verbreitete Stereotypen (z. B. die ‚deutsche Pünktlichkeit‘ oder die angebliche ‚Unnahbarkeit‘ von Menschen aus westlichen Kulturen), die sie jedoch im Lichte ihrer jüngsten praktischen Erfahrungen häufig revidierten. Zum anderen ergaben sich interkulturelle Unterschiede auch in anderen Bereichen, wie z. B. Organisationskulturen: Während die ‚Startup-Mentalität‘ z. B. die Nutzung von Messengernachrichten/Voicemail beinhaltete, stand dies z.T. im kompletten Gegensatz zum Gefühl des ‚akademischen Anstands‘, wonach dies als unangemessener Ausdruck von Dringlichkeit angesehen wurde und E-Mails als legitimes Kommunikationsinstrument in professionellen Kontexten bevorzugt werden. Darüber hinaus wurde ‚Kultur‘ auch häufig mit Sprache in Verbindung gebracht:

Die Befragten setzten sich kritisch mit unterschiedlichen Niveaus von Sprachkenntnissen und manchmal auch mit unterschiedlichen lokalen Akzenten in der Verkehrssprache Englisch auseinander.

Insgesamt zeigen diese Ergebnisse, dass man sich bemühen muss, alle Partner:innen bereits in einem frühen Stadium des Projekts einzubeziehen, z. B. bei der Ausarbeitung des Vorschlags, der Vereinbarung der digitalen Plattform(en)/Kommunikationskanäle oder bei der Identifizierung gemeinsamer Ziele und Erwartungen, damit sie die (relativ kurze) Zeit während des Projekts selbst optimal nutzen können: „Das einzige, was ich schade finde, ist, dass das Projekt so kurz ist, denn ich habe das Gefühl, dass wir jetzt in Schwung kommen [und] wir konnten sehr interessante, wichtige Synergien identifizieren“ (Gruppendiskussion). Darüber hinaus würden künftige Projekte auch von institutionen- und disziplinenübergreifenden Konzepten für die virtuelle Zusammenarbeit profitieren, z. B. von „Modellen, offiziellen Modellen und geprüften Modellen, die von vielen Menschen auf der ganzen Welt genutzt werden können“ (Gruppendiskussion).

Darüber hinaus können einige Schlussfolgerungen für die Implementierung von virtuellem kollaborativem Lernen (VCL) in Studiengänge gezogen werden: (1) Es ist wichtig, die Auswahlkriterien in Bezug auf Sprachkenntnisse und persönliche Motivation zu entwickeln und zu optimieren. (2) Es müssen ausreichend Zeit und Ressourcen für die Teambildung auf mehreren Ebenen bereitgestellt werden, um die zwischenmenschliche Kommunikation zu fördern. (3) Im Hinblick auf ihre vorrangig binationale Ausrichtung werden VCLs sehr von der Integration expliziter und impliziter interkultureller/ landeskundlicher Elemente in die didaktische Gestaltung profitieren. (4) Da die E-Tutor:innen eine wichtige Rolle in dem gesamten Kooperationsprojekt spielen, muss im Sinne einer klaren Rollenklärung sowohl ihnen als auch den teilnehmenden Studierenden jederzeit individuelle Verantwortlichkeiten zugewiesen werden. Die spezifische Vorbereitung der E-Tutor:innen auf ihren Einsatz in VCL-Kursen umfasst die Förderung ihrer Autonomie und Kreativität bei der Aufgabenlösung und die Unterstützung ethischer Entscheidungsfindung.

3. Schlussfolgerungen: Moving Beyond Mobility

In diesem abschließenden Teil des Beitrags erörtern und empfehlen wir einige bewährte Strategien, Bedingungen und Voraussetzungen für die erfolgreiche Umsetzung derartiger internationaler Projekte innerhalb und zwischen Universitäten. Wir betrachten dabei verschiedene Ebenen der Umsetzung: Methoden und Ansätze zur Schaffung einer Community of Practice, theoretische und akademische Entwicklung, praktische Empfehlungen und zukünftige Forschungsperspektiven.

Schaffung einer Community of Practice: Für eine erfolgreiche projektbezogene Zusammenarbeit in einem internationalen Konsortium ist es wichtig, frühzeitig strategische Entscheidungen zu treffen, damit alle Partner:innen die Ziele des Projekts bewusst und engagiert unterstützen können. Zu diesem Zweck sollte ein gemeinsam erarbeitetes Leitbild die Ziele des Konsortiums verständlich und klar darstellen. Darüber hinaus ist es ratsam, das Statement mit dem gesamten Projektkonsortium zu diskutieren und gemeinsam zu erstellen sowie Feedback einzuholen, um von Anfang an Klarheit und Überblick über die gemeinsam angestrebten Ziele zu erhalten. Auch sollten in der Anfangsphase des Projekts regelmäßige Treffen, z. B. in Form von Jour Fixes, stattfinden. Diese Treffen sind für die akademische Nachhaltigkeit und die mögliche Entwicklung neuer Projekte, die auf dem Vorangegangenen aufbauen, von entscheidender Bedeutung und sollten über das Ende des Projekts hinaus stattfinden. Es ist auch ratsam, die Zuständigkeiten für die Planung, Durchführung und Dokumentation dieser Aktivitäten festzulegen und ein Leaderboard einzurichten. Außerdem muss regelmäßig sichergestellt werden, dass alle Partnereinrichtungen bereit sind, die erforderliche Zeit zu investieren und sich für das Projekt zu engagieren. Besonders wichtig ist es, alle Partner:innen in alle wichtigen Entscheidungssituationen einzubinden.

Um eine reibungslose Zusammenarbeit der Akteur:innen im Projekt zu gewährleisten, sollte ein besonderes Augenmerk auf die technische Ausstattung für die Durchführung der Online-Aktivitäten sowie eine Anlaufstelle für deren Betreuung gelegt werden. Technische

Anforderungen und Möglichkeiten der Online- und Hybridkommunikation sollten im Vorfeld besprochen und getestet werden, damit Pannen auf ein Minimum reduziert werden können und der Fokus bei den synchronen Aktivitäten stärker auf Projekthalte gelegt werden kann.

Theoretische und akademische Entwicklung: Während des gesamten Projekts sollten regelmäßige Weiterbildungen angeboten werden, um eine gemeinsame Ontologie zu entwickeln und weitere Kompetenzen für die institutionelle Internationalisierung zu erwerben. Jede internationale Zusammenarbeit zwischen akademischem und wissenschaftsunterstützendem Personal birgt verschiedene Potenziale und Herausforderungen, die durch eine gemeinsame Wissensbasis und Kompetenzen geborgen bzw. gemeistert werden können. Dazu bietet sich auch ein regelmäßiger Austausch zwischen den Akteur:innen und Expert:innen im Projekt über Statusgruppen hinweg an. Somit ist ein ständiger Informationsfluss gewährleistet, und Ineffizienzen können frühzeitig aufgedeckt und bearbeitet werden.

Es sollte eine empirische Evaluation der Community of Practice durchgeführt werden, um die Erkenntnisse aus der Zusammenarbeit im Projekt für zukünftige Konsortien nutzbar zu machen. Auf diese Weise können gute Erfahrungen weitergegeben und Empfehlungen für die praktische Optimierung von Workflow-Prozessen in zukünftigen Communities sichtbar gemacht werden. Die empirische Auswertung sollte als iterativer Prozess mit dem Ziel der kontinuierlichen Verbesserung verstanden werden. Daher sollte die Erstellung von Lessons Learned in einem leicht wiederverwendbaren Format nicht fehlen. In diesem Zusammenhang kann die Darstellung als pädagogische Muster eine geeignete Option sein.

Praktische Empfehlungen: Um das Konzept ‚Moving Beyond Mobility‘ zu realisieren, ist das Engagement aller Partner:innen für das Projekt entscheidend für die Erreichung der avisierten Ziele. Regelmäßige Treffen und deren ordnungsgemäße Dokumentation sowie ein ergebnisorientierter Projektmanagementplan, der leicht an neue Entscheidungen des Konsortiums angepasst werden kann, ermöglichen den beteiligten Akteur:innen eine reibungslose Abwicklung des Projekts.

Es zeigte sich, dass Unterschiede in der Direktheit der Kommunikation in den international gemischten Teams eine automatisierte Identifikation von Konflikten durch Social Learning Analytics erschwerten. In weiteren Untersuchungen sollte analysiert werden, wie andere Kommunikationskulturen den Einsatz von sprachbezogenen Auswertungsmechanismen beeinflussen und wie diese gegebenenfalls angepasst werden könnten.

Zukünftige Forschungsrichtungen: Künftige Studien sollten sich auf die langfristige Wirkungen internationaler, interdisziplinärer und interkultureller virtueller Kooperationsprojekte konzentrieren, insbesondere im Hinblick auf die Qualität der Kommunikation, die weitere Entwicklung der Partnerschaft, den Wissenstransfer usw. Diese Forschung könnte auch auf unterschiedliche Zeitwahrnehmungen, Ziele und Ambitionen sowie die Nutzung physischer und virtueller Räume ausgeweitet werden.

Das Konzept ‚Moving beyond Mobility‘ war der Hauptantrieb für die Entwicklung unseres Projekts. Obwohl interkulturelle Theorie und Praxis, praktische und politische Aspekte in der Zusammenarbeit berücksichtigt und gefördert wurden, sind die Grenzen dieses internationalen Austauschs deutlich geworden und erfordern eine noch stärkere Berücksichtigung in zukünftigen Kooperationen.

Gleichzeitig müssen wir uns fragen, ob nur ‚der Himmel die Grenze darstellt‘ – oder, wenn wir an Virtualität denken, nicht einmal das? Wie können wir unsere begrenzten zeitlichen und personellen Ressourcen sinnvoll einsetzen, und wie müssen wir mit Grenzen des Engagements und der Kreativität umgehen?

Während wir von unten nach oben erfolgreich eine wirklich internationale Gemeinschaft mit Lernmöglichkeiten für alle entwickelt haben: wann brauchen wir Unterstützung von oben nach unten, d. h. um alles zusammenzuführen und eine strategische Entwicklung voranzutreiben?

Literatur

- [1] Ullah, A. K. M. A., Mohamad, S. M., Hassan, N. H., & Chatteraj, D. (2019). Global skills deficiency: Perspektiven der Qualifikationsmobilität in südostasiatischen Ländern. *Asian Education and Development Studies*, 8(4), 416-432. <https://doi.org/10.1108/AEDS-12-2018-0185>
- [2] Beelen, Jos & Jones, Elspeth (2015). Neudefinition der Internationalisierung im eigenen Land. In: A. Curaj et al. (eds.), *The European Higher Education Area*. https://doi.org/10.1007/978-3-319-20877-0_5, 59-72
- [3] Deutscher Akademischer Austauschdienst (DAAD). Internationale Virtuelle Akademische Zusammenarbeit (IVAC). <https://www.daad.de/en/information-services-for-higher-education-institutions/further-information-on-daad-programmes/ivac/>
- [4] Bruhn, E. (2020). Virtuelle Internationalisierung in der Hochschulbildung. Bielefeld: wbv Media. <https://doi.org/10.3278/6004797w>
- [5] Schoop, E., Clauss, A., & Safavi, A. A. (2020). A Framework to Boost Virtual Exchange through International Virtual Collaborative Learning: The German-Iranian Example. In *Virtual Exchange Borderless Mobility between the European Higher Education Area and Regions Beyond Selection of Conference*. Papers Presented on December 11, 2019 (pp. 19-29). Berlin. <https://www.daad.de/kataloge/epaper-daadkonferenzband/#18>
- [6] Altmann, M. (2021, 27. Juli). Kollaboration im virtuellen Klassenzimmer - Erfolgreicher erster Pitch für virtuelles Mobilitätsmodul. [Blog]. <https://tu-dresden.de/bu/wirtschaft/winf/wiim/die-professur/news/collaboration-in-the-virtual-classroom-successful-first-pitch-for-virtual-mobility-module>
- [7] Rebane, G., & Arnold, M. (2021). Evaluationsrahmen für Communities of Practices: COIIL 2020-21: Ein Blick zurück und ein Blick nach vorn. Final report. [Unveröffentlichter Bericht]. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.21568506.v1>



Digital Mindset als wichtigste Voraussetzung im Lern- und Lehralltag der Zukunft

Weiterentwicklung studentischer Digitalkompetenzen: Eine interdisziplinäre Perspektive

M. Krohn und A. Jantos

¹ ZiLL - Zentrum für interdisziplinäres Lernen und Lehren, Technische Universität Dresden

Abstract

Um neue, digitale Lehr- und Lernformate erfolgreich in der Hochschullehre zu integrieren, sind neben technischen, finanziellen und strukturellen Voraussetzungen auch kompetenzbezogene Voraussetzungen zu schaffen, die Studierende im Umgang mit den neuen Formaten befähigen. In einem interdisziplinären Projekt leiten wir unter Einbezug der Lehrenden- und Studierendenperspektive 64 relevante Digitalkompetenzen aus Interviews und einer Fragebogenstudie ab. Im Ergebnis stellt sich ein ausgeprägtes digitales Mindset als wichtigste Komponente heraus.

In order to successfully integrate new, digital teaching and learning formats into university teaching, not only technical, financial, and structural prerequisites must be created, but also competence-related prerequisites that enable students to deal with the new formats. In an interdisciplinary project, we derive 64 relevant digital competencies from interviews and a questionnaire study, considering the perspectives of teachers and students. As a result, a distinctive digital mindset emerges as the most important component.

*Corresponding author: maike.krohn@tu-dresden.de

1. Motivation

Welche Digitalkompetenzen benötigen Studierende im Umgang mit neuen, digitalen Lehr-/Lernformaten? Diese Frage erforscht das Teilprojekt „sTUDents – Studierendenorientiertes digitales Lernen und Lehren“, einem von insgesamt acht Teilprojekten im interdisziplinären Verbundprojekt „virTUos – Virtuelles Lehren und Lernen an der TU Dresden im Open Source-Kontext“, in dem innovative Lehr-/Lernformate unter Einbezug u. a. von Gamification, VR-Technik und Robotik entwickelt werden um nach erfolgreicher Erprobungsphase Einzug im Hochschulalltag zu halten.

Dazu erproben agile und interdisziplinäre Innovationsteams zunächst aus den Fachbereichen Medizin, Maschinenbau, Wirtschaftswissenschaften sowie Geisteswissenschaften die neuartigen virtuellen und hybriden Lehr-/Lernszenarien um sie anschließend in andere Fachbereiche zu disseminieren. Zentrales Ziel ist schließlich die Entwicklung einer gemeinsamen Strategie für digital gestütztes Lernen und Lehren an der TU Dresden. Zu diesem Zweck werden alle Voraussetzungen analysiert, die zur erfolgreichen Etablierung der neuen Formate im Hochschulkontext notwendig sind, darunter technische, finanzielle und strukturelle Voraussetzungen. sTUDents nähert sich der Zielstellung aus einer weiteren Perspektive und prüft die kompetenzorientierten Voraussetzungen, die auf Seiten der Studierenden nötig sind um im Lernprozess maximal von den neuen Formaten profitieren zu können.

In den vergangenen Jahren gewann die Ausbildung von Digitalkompetenzen im universitären Kontext zunehmend an Bedeutung, um Lernende auf die zukünftigen Herausforderungen im Berufsalltag vorzubereiten, sodass Universitäten vermehrt entsprechende Angebote schaffen [1,2]. Durch die Pandemie wurde dieser Prozess forciert, um angestoßene Digitalisierungsbemühungen nachhaltig weiternutzen zu können. Wir wollen im Rahmen von virTUos einen Beitrag zur Beforschung des aktuellen Bedarfs studentischer Digitalkompetenzen leisten um Lernende und zugleich Lehrende langfristig zu befähigen die digitalgestützte Lehre als Chance und nicht als Hürde wahrzunehmen.

Dabei gilt es auch abzugrenzen, welche Kompetenzen tatsächlich Digitalkompetenzen sind. Digitale Kompetenzen sind "... Fähigkeiten, durch die Menschen in der Lage sind, sich in einer digitalisierten Umwelt zurechtzufinden und aktiv an ihr teilzunehmen" definiert der Stifterverband [3]. Der Europäischen Referenzrahmen für digitale Kompetenzen (DigComp) 2017 beschreibt digitale Kompetenzen als „Verständnis von Informationen und Daten; Kommunikation und Zusammenarbeit; Erstellen digitaler Inhalte; Sicherheit der Geräte, der personenbezogenen Daten und der Umwelt beim Umgang mit digitalen Technologien; Problemlösungsstrategien“ [4]. Jedoch handelt es sich Kerres (2017) zufolge nicht um zusätzliche Kompetenzen, sondern durchdringende Fähigkeiten der bisherigen Lernwelt [5]. Folglich sind "Digitalkompetenz[en] ... die Fähigkeit[en], digitale Medien zu nutzen, produktiv gestaltend zu entwickeln, für das eigene Leben einzusetzen und reflektorisch, kritisch und analytisch ihre Wirkungsweise in Bezug auf die Einzelne/ den Einzelnen und die Gesellschaft als Ganzes zu verstehen sowie die Kenntnis über die Potenziale und Grenzen digitaler Medien und ihrer Wirkungsweisen." [6].

Im Rahmen des Projektes nehmen wir die hier angeführten Definitionsansätze als Basis zur Erforschung der benötigten Kompetenzen von Studierenden im Hochschulalltag der Zukunft.

An die Frage nach den notwendigen Digitalkompetenzen schließt sich zwangsläufig die Frage nach deren konkreter Ausbildung und Weiterentwicklung an. Da diese maßgeblich von den Bedürfnissen der Studierenden als zentrale Zielgruppe beeinflusst wird, ist es unerlässlich Studierende bereits in die Entwicklung der Kompetenzentwicklungsformate einzubeziehen.

2. Vorgehen

Um sich der Frage nach den notwendigen Digitalkompetenzen anzunähern, wurden im Rahmen von Interviews mit wissenschaftlichen und studentischen Mitarbeiter:innen aller Teilprojekte zunächst jene Digitalkompetenzen zusammengetragen, die für die erfolgreiche Integration der entwickelten Formate in den Lehralltag als notwendig erachtet werden.

Im nächsten Schritt wurden die Ergebnisse auf Basis der o. g. Definitionen kritisch reflektiert und jene Kompetenzen, die sich nicht spezifisch als Digitalkompetenzen einordnen lassen sowie Dopplungen entfernt. Auf diese Weise erfolgte eine Reduktion der insgesamt 90 Nennungen auf 64 Items. Um die zukünftigen Angebote zur Kompetenzvermittlung sinnvoll thematisch strukturieren zu können, wurden die Items schließlich geclustert und in die vier Kategorien: "Digital Mindset und Reflexion", "Technische Kenntnisse", "Digitale Lehre" sowie "Virtuelle Kommunikation und Kollaboration" eingeordnet, wobei kein Anspruch auf Trennschärfe zwischen den einzelnen Kategorien besteht.

Die verblieben hohe Anzahl an 64 Items machte aus kapazitiven Gründen eine Priorisierung erforderlich, anhand derer sich die sukzessive Entwicklung der Kompetenzentwicklungsformate in Zukunft orientieren wird.

Dazu wurden die Projektmitarbeitenden eingeladen aus allen bis hier ermittelten Digitalkompetenzen jene auszuwählen, die in ihren individuellen Projektkontexten von Relevanz sind. Im Unterschied zu der ersten Erhebung, die teilprojektspezifisch erfolgte, konnten nun auch Nennungen aus anderen Teilprojekten berücksichtigt werden. Nach quantitativer Auswertung der Rückmeldungen ergab sich schließlich eine Rangfolge. Das methodische Vorgehen ist in Abbildung 1 nochmals im Überblick dargestellt.

Anschließend setzt das Herzstück des Teilprojekts sTUDents an, indem neben Lehrenden und Hochschuldidaktiker:innen von Beginn an Studierende gemäß des „Students as Partners“-Ansatzes sowohl in die Entwicklung der innovativen Formate als auch die Formaten zur notwendigen Kompetenzentwicklung einbezogen werden und somit zielgruppengerechte Angebote schaffen [7].



Abb. 1: Methodisches Vorgehen

3. Ergebnisse

Zunächst zeigte sich im Rahmen der Interviews wie vielfältig und komplex sich das Feld der Digitalkompetenzen und deren Abgrenzung zu jenen Kompetenzen darstellt, die nicht spezifisch digitale Aspekte betreffen. Während der versierte Umgang mit einer Lernplattform oder das Beherrschen einer Programmiersprache eindeutig den Digitalkompetenzen zugeordnet werden können, handelt es sich bei Selbstorganisation, Kommunikationsfähigkeit und Konfliktmanagement um Kompetenzen,

die bereits in klassischen Lernsettings von Bedeutung waren, sich jedoch zunehmend in den digitalen Bereich verlagern.

In der vertieften Analyse der Digitalkompetenzen wird deutlich, dass es sich zu etwa zwei 3 um Softskills und etwa einem Drittel um Hardskills handelt.

Quantitativ ließ sich der Großteil der Nennungen aus den Interviews der Kategorie "Digital Mindset und Reflexion" zuordnen (siehe Abb. 2) und wurde im Rahmen der Fragebogenstudie durch die Mitwirkenden der Teilprojekte

als relevanteste Aspekte in ihren Fachbereichen nochmals bestätigt.

Unter diese Kategorie fallen Kompetenzen wie "Akzeptanz digitaler Formate", „Selbstwirksamkeit in digitalen Lernprozessen“ und "Medienresilienz". Überraschend ist die explizite Nennung dieser Kompetenzen, da sie den sogenannten „Digital Natives“, einer Generation,

die in einer digitalen Welt aufgewachsen ist, oftmals wie selbstverständlich zugeschrieben werden [8,9].

Ausgehend von den Erhebungen in den Fachbereichen und Handlungsfeldern von virTUos lässt sich ableiten, dass ein digitales Mindset und Reflexionskompetenzen in ihrer Gesamtheit als die Kernkompetenz im zukünftigen Lern- und Arbeitsalltag angesehen werden.



Abb. 2: Kategorisierung der Digitalkompetenzen

4. Implikationen

Aus den gewonnenen Erkenntnissen leiten wir den Auftrag ab, die Studierenden insbesondere bei der Entwicklung eines digitalen und reflektierten Mindsets zu unterstützen. Es ist davon auszugehen, dass Studierende, die über Kompetenzen wie Flexibilität und Offenheit im Umgang mit digitalen Neuerungen verfügen, leichter den Zugang zu spezifischeren Kompetenzen finden. Der digitale Wandel erfordert zwingend den Erwerb neuer technologischer Fähigkeiten, für die eine aufgeschlossene innere Haltung und die Wahrnehmung neuer Möglichkeiten der Digitalisierung grundlegend ist. Unternehmen benötigen zunehmend Fachkräfte, die digitale Technologien verstehen, digitale Tools zur Problemlösung einsetzen und dabei flexibel agieren. In den nächsten Jahren

wird die Kultivierung eines digitalen Mindsets weiterhin eine große Herausforderung darstellen, die jedoch viel Potenzial birgt: Studierende profitieren von dem Erwerb übertragbarer Fähigkeiten, wenn sie in die Arbeitswelt einsteigen. Neben einer höheren Produktivität und Zufriedenheit unterstreichen Studien die positive Auswirkung auf die Resilienz [10]. Menschen mit einem ausgeprägten digitalen Mindset reagieren weniger stark auf technologische Stressfaktoren, wodurch sich das Risiko einer verringerten Arbeits- und Lernleistung, einer geringeren Arbeitszufriedenheit und einer höheren Studienabbruchrate reduziert [11]. Wie aktuelle Forschungsergebnisse zeigen, handelt es sich beim Ausbilden des digitalen Mindsets um einen Top-Down-Prozess [12].

Demnach sollten Hochschulleitungen und Lehrende als gutes Beispiel vorangehen, in-dem

sie nachhaltig und reflektiert mit digitalen Medien agieren und ihre Lehrweise mit Open Science und Open Education Bemühungen anreichern.

Aus den genannten Gründen und den zu erwartenden positiven Effekten stellt sich das Teilprojekt sTUDents der Herausforderung Lernende und in Konsequenz auch Lehrende mit einem offenen digitalen Mindset auszustatten und sie zu motivieren, aktiv an der Digitalisierung der Hochschullehre teilzunehmen sowie als Vorbild zu fungieren, um gemeinsam zu effizienten Arbeitsweisen mit Unterstützung digitaler Medien zu gelangen. Dazu werden bestehende Artefakte zusammengetragen sowie neue Artefakte erstellt, die dieses Mindset adressieren und ausbilden. Dabei orientieren wir uns zunächst an den Bedarfen und Prioritäten der Teilprojekte und weiten diese zunehmend auf andere Fachbereiche aus. Die entwickelten Formate werden sukzessive in dem OPAL-Kurs „Führerschein Digitalkompetenzen“ zusammengetragen sowie in Workshops an Studierende adressiert und anschließend zur nachhaltigen Nutzung als OER zur Verfügung gestellt. Der gesamte Entwicklungsprozess wird dabei maßgeblich von Studierenden selbst gestaltet und orientiert sich an Studien zu nachweislich lernförderlichen bzw. von Studierenden bevorzugten Lehr-/Lernformate im Kontext universitärer Lehre [13,14].

Danksagung

Das Projekt virTUos wird von der Stiftung Innovation in der Hochschullehre im Rahmen der Ausschreibung „Hochschullehre durch Digitalisierung stärken“ gefördert (Projektlaufzeit: 01.08.2022 – 31.07.2024).

Literatur

- [1] Le Thi, T. V., & Zinger, B. (2021). Förderung von digitalen Kompetenzen im Hochschulstudium. Ein Praxisbericht zum DigKom-Hochschulzertifikat für Digitale Kompetenzen der Technischen Hochschule Nürnberg. In *Kompetenzen für die digitale Transformation 2020* (pp. 229-244). Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg.
- [2] Bader, R. (2001). *Learning Communities im Internet. Aneignung von Netzkompetenzen als gemeinschaftliche Praxis. Eine Fallstudie in der pädagogischen Weiterbildung*. LIT Verlag, Münster 2001.
- [3] Stifterverband <https://www.stifterverband.org/futureskills/framework>
- [4] European Commission, Joint Research Centre, Carretero, S., Vuorikari, R., Punie, Y., *DigComp 2.1 : the digital competence framework for citizens with eight proficiency levels and examples of use*, Publications Office, 2018, <https://data.europa.eu/doi/10.2760/38842>
- [5] Kerres, Prof. Dr. Michael (2017): *Bildung digital - was müssen wir für morgen wissen? Impulsvortrag über digitale Bildungsarbeit der Zukunft*. Vortrag. Industrie- und Handelskammer Karlsruhe: 21.11.2017.
- [6] Ehlers, U. https://nextskills.org/wp-content/uploads/2020/04/2019_11_18_Skills_Cards_short.pdf
- [7] Healey, M., Flint, A., & Harrington, K. (2016). *Students as partners: Reflections on a conceptual model. Teaching & Learning Inquiry, 4(2)*, 8-20.
- [8] Deutsch, K. L., & Kuhn, S. (2019). *Das Märchen der Digital Natives: Kollaboratives Arbeiten als Methode zur Aneignung digitaler Kompetenzen. Medienpädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung, 36*, 37-47.
- [9] Röwert, R. (2016). *Digital native ist nicht gleich digital ready. Synergie, 1*, 24-27.
- [10] Neely, T.; Leonardi, P. (2022). *Developing a Digital Mindset How to lead your organization into the age of data, algorithms, and AI*. In *Harvard Business Review* https://www.hbs.edu/ris/Publication%20Files/Developing%20a%20Digital%20Mindset_81f3f69d-e28d-483e-8d1e-ce0ee159c0bb.pdf
- [11] Valta, M.; Hildebrand, Y.; Maier, C. (2022). *Reducing Technostress: The Role of the Digital Mindset In AMCIS 2022* https://aisel.aisnet.org/amcis2022/sig_adit/sig_adit/11/
- [12] Akbari, T.T.; Pratomo, R.R. (2022). *Higher education digital transformation implementation in Indonesia during the COVID-19 pandemic* In *Jurnal Kajian Komunikasi*, Volume 10, No. 1, June 2022, page 52-65, <https://doi.org/10.24198/jkk.v10i1.38052>
- [13] Marczuk, A.; Multrus, F.; Lörz, M. (2022). *Die Studiensituation in der Corona-Pandemie. Auswirkungen der Digitalisierung auf die Lern- und Kontaktsituation von Studierenden*, URL: https://doi.org/10.34878/2021.01.dzhw_brief, Stand: 27.05.2022.
- [14] Leinung, S., Lüdtke, A. & Pohl-Patalong, U. (2020). *Digitale Lehrformate im Corona-Semester – Einblicke in eine Kartographie*. *Theo-Web, 19(2)*, 5–17; URL: <https://www.theo-web.de/ausgaben/2020/19-jahrgang-2020-heft-2/news/digitale-lehrformate-im-corona-semester-einblicke-in-eine-kartographie>, Stand: 27.05.2022.