

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:

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 zweite Heft des dritten Jahrgangs des *Lessons Learned Journals* speist sich aus einem Teil der Beiträge der fünften *Lessons Learned Konferenz* im Sommer 2023. Die Beiträge zeigen – und das ist ebenso erstaunlich wie erfreulich –, dass sich im Verlauf der Lessons Learned Konferenzen die Beitragsstruktur verändert hat. Während in den ersten Jahren ganz klar die Erkenntnisse aus den Coronasemestern im Zentrum standen und damit klar strukturierte Zuweisungen von Artikeln zu einzelnen Themenfeldern möglich waren, sehen wir jetzt einen ganzheitlichen Ansatz zur Erneuerung der akademischen Lehre, der sich eigentlich in allen Beiträgen niederschlägt. Das führt zu dem Problem, dass eine einfache Sortierung von Artikeln nach Kategorien wie "Flipped Classroom" oder "Lehrvideos" nicht mehr möglich ist (diesmal geht die Sortierung einfach nach dem Eingangsdatum). Zum anderen ist es das erfreuliche Dokument der Tatsache, dass das Momentum, das von den Entwicklungen der Coronakrise ausgegangen ist, jetzt zu einem bleibenden Element in der Entwicklung der akademischen Lehre geworden ist.

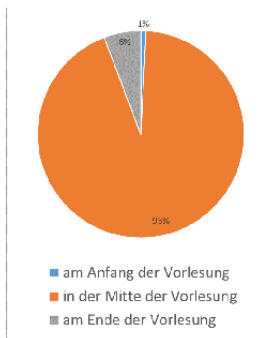
Zudem sehen wir in den Artikeln durchweg den intensiven Willen der Lehrenden, das Feedback der Lernenden in die Entwicklung ihrer Lehre einfließen zu lassen. Damit entsteht eine wirklich studierendenzentrierte Lehre, und das zeigt sich in unterschiedlichsten Lehr- und Lernformen. Das Thema Evaluation von Lehre findet sich in vielen Beiträgen wieder und ist auch Thema eines gesonderten Beitrags in diesem Heft – und damit vielleicht ein Anstoß, selbst nach Evaluationsmöglichkeiten für die Lehre zu suchen, unter Umständen unter Verwendung des Baukastens, der im vorliegenden Artikel vorgeschlagen wird, um weit über die standardisierten Lehrevaluationen der Hochschulen hinaus zu einem wirklichen Feedback von Studierendenseite zu kommen.

Dies ist erst ein erster Teil der Beiträge der fünften Lessons Learned Konferenz. Wir gehen davon aus, dass ein weiterer größerer Komplex in der ersten Hälfte 2024 in der ersten Ausgabe des Volume 4 des *Lessons Learned Journals* erscheint. Und damit kann ich Sie schon heute zur *sechsten Lessons Learned Konferenz* einladen, die im Sommer 2024 stattfinden wird und von der wir hoffen, dass sie – wie die vergangene Konferenz – einen massiven Einfluss auf die Entwicklung der akademischen Lehre haben wird.

Stefan Odenbach



Zurück in der Präsenzlehre bleibt so manche Erfahrung aus der Corona-Zeit, die jetzt die Lehre bereichert. Und die allgemeine Erkenntnis: „Lehre und Lernen macht Spaß“!



Was ist gut in der Lehre? Eine Frage, die sich bei Veränderungen besonders stellt und für deren Klärung wir diesmal Ansätze bieten.

Themenspektrum

- M. Sähn, U. Gebhardt, M. Kästner
*„Mechanik macht Spaß“
 Lehrveranstaltung Technische Mechanik - Statik/Festigkeitslehre – nach 2 Jahren Corona*
- B. Ullrich, A. Hellmich, N. Link
Einsatz von Concept Maps in der universitären Ausbildung im Bereich Steuerungstechnik
- C. Czichy, M. Niethammer, S. Odenbach
Der Weg zur Erstellung von fachspezifischen Lehrvideos für die Ausbildung im Berufsbildenden Lehramt
- B. Schlegel, B. Watzka
*Wie gut ist meine Lehre (wirklich)?
 Studentisches Feedback konstruktiv nutzen*
- I. Vogt, M. Liebscher
Upcycling in der Hochschullehre – Ein Erfahrungsbericht über die didaktische Aufbereitung von vorhandenen Lehrvideos aus den Corona-Semestern
- A. Naake
Kreativität als Treiber beim Erlernen computergestützter Arbeitsmethoden in den Ingenieurwissenschaften
- C. Wermann, S. Odenbach
Blended Labs in den Ingenieurwissenschaften – die Entwicklung einer Alternative zu Laborpraktika nach dem Design-Based-Research-Ansatz
- F. Kunzelmann, N. Sadretdinova¹, Y. Kyosev
Projektintegration Studierender durch offene Problemaufgaben in kompetenzorientierten Lehrveranstaltungen



„Mechanik macht Spaß“ Lehrveranstaltung Technische Mechanik - Statik/Festigkeitslehre – nach 2 Jahren Corona

M. Sähn*, U. Gebhardt, M. Kästner

Professur für Numerische und Experimentelle Festkörpermechanik, Institut für Festkörpermechanik, Fakultät Maschinenwesen, TU Dresden

Abstract

Seit dem Wintersemester (WS) 2016/17 wird das etablierte und fachlich ausgefeilte Lehrkonzept der Technischen Mechanik an der Professur für Numerische und Experimentelle Festkörpermechanik stetig durch digitale Komponenten erweitert, um das Verständnis der Inhalte zu verbessern und die Attraktivität der Lehrveranstaltung (LV) zu steigern. Mit einer Kombination aus Präsenzlehre und zusätzlichen digitalen Angeboten wurden diese Ziele erreicht.

Der komplette Übergang in die Online-Lehre im WS 2020/21 und die parallelen Angebote von Präsenz- und Online-Angeboten in den darauffolgenden Semestern führten zu einer Erhöhung der Durchfallquoten.

Damit lassen sich zwei Thesen aus den Erfahrungen der Jahre 2020 bis 2023 ableiten: Zum einen gehen mit Online- bzw. hybrider Lehre im Grundstudium Studierende vor allem aus dem Mittelfeld verloren und zum anderen werden durch unbefristete Online-Angebote die leistungsstarken Studierenden gefördert und diejenigen mit Schwierigkeiten überfordert.

Since the winter semester (WS) 2016/17, the established and technically sophisticated teaching concept of technical mechanics at the Chair of Numerical and Experimental Solid Mechanics has been continuously expanded with digital components in order to improve the understanding of the content and increase the attractiveness of the course. These goals were achieved with a combination of classroom teaching and additional digital offerings.

The complete transition to online teaching in winter semester 2020/21 and the parallel provision of face-to-face and online courses in the following semesters led to an increase in failure rates.

Two theses can thus be derived from the experiences of the years 2020 to 2023: On the one hand, online or hybrid teaching in undergraduate studies will lose students, especially from the midfield, and on the other hand, open-ended online courses will promote high-performing students and overburden those with difficulties.

*Corresponding author: Michael.Saehn@tu-dresden.de

1. Motivation

Im Maschinenbaustudium finden die Lehrveranstaltungen (LV) der Technischen Mechanik (TM) – Statik und Festigkeitslehre – immer im ersten bis dritten Semester statt. Die Studierenden der Werkstoffwissenschaften und Verfahrens-Naturstofftechnik schließen diese LV nach 2 Semestern ab. Zusätzlich erfolgt die Ausbildung in der TM auch für die Studierenden der Mechatronik, Elektrotechnik, regenerativer Energiesysteme, des Verkehrs- und Wirtschaftsingenieurwesens in gesonderten LV.

Aufbauend auf dem etablierten, soliden, fachlich ausgefeilten und abgestimmten Lehrkonzept der Professoren H. Balke und V. Ulbricht werden die LV jeweils abwechselnd durch die Professoren Wallmersperger und Kästner gehalten und schließen mit den Modulprüfungen nach dem ersten (TM Statik) und dritten Semester (TM Festigkeitslehre) ab. Die LV sind Voraussetzung für die LV TM Kinematik/Kinetik im Grundstudium (ein Semester) und verschiedenen LV im Hauptstudium z. B. Numerische Methoden, Elastische Strukturen, Kontinuumsmechanik und Materialtheorie.

Zur Erhöhung der Attraktivität der TM-LV wurden im Team von Professor Kästner diverse konventionelle und elektronische Lehrangebote entwickelt und ab dem Wintersemester (WS) 2016/17 eingesetzt. Diese umfassen anschauliche und praxisorientierte Beispiele und Vorlesungsfragen, um die Aufnahmefähigkeit der Studierenden für Vorlesungsinhalte zu verbessern. Die Übungen wurden durch Lerngruppen zur aktiven Vorbereitung und mehr Zeit für die selbstständige Lösung von Übungsaufgaben ergänzt. Neben der Qualität der Lehre steht die Zielformulierung „Mechanik macht Spaß“.

2. Lehrkonzept Statik/Festigkeitslehre

Verschiedene Weiterbildungen innerhalb der Fakultät und durch den E-Learning-Bereich der TU Dresden führten zu einer kontinuierlichen Veränderung des Lehrkonzeptes seit dem WS 2016/17. In einem ersten Schritt wurde die Organisation der Lehrveranstaltung mit OPAL-Kursen gestaltet.

Vorlesungen:

Die digitale Benutzeroberfläche von OPAL ermöglicht die Vorbereitung der Vorlesungen durch entsprechende Umdrucke und anschauliche Animationen sowie die Veröffentlichung des digitalen Skripts nach der Vorlesung.

Um die Aufnahmefähigkeit während der Vorlesung zu erhöhen, werden praktisch relevante Vorlesungsfragen in der Mitte der Vorlesung gestellt, die die Studierenden gemeinsam beantworten und Ihre Lösung über einen QR-Code hochladen können. Mit der Auswertung der richtigen Lösung ist eine Rückkehr in den Vorlesungsbetrieb ohne Probleme möglich. Die verwendete Software Particify ist ein von der EU gefördertes ARS-System, bei der die Datenschutzrichtlinien der EU garantiert werden. Parallel zu den Vorlesungen werden in jedem Semester 4 Online-Vorlesungsquizze mit jeweils 10 Fragen zur Technischen Mechanik gestellt, welche die Studierenden selbstständig lösen können. Nach einem anfänglich freiwilligen Angebot ergaben die Auswertungen, dass die Nutzung dieser Tests erst mit der Möglichkeit von Bonuspunkten für die anstehenden Prüfungen von der Mehrheit der Studierenden angenommen wurde.

Übungen:

In der TM finden die Übungen wöchentlich in parallelen Übungsräumen an meist 2 Terminen statt. Die jeweiligen Übungsleiterinnen und Überleiter führen in einem 15-30-minütigen Vortrag in die Thematik der Übung ein. Im Anschluss steht die selbstständige Lösung der Übungsaufgaben mit entsprechender Hilfestellung durch die Tutoren im Vordergrund.

Auf Anregung von Professor Odenbach hin, wurde die Bildung von Lerngruppen unter den Studierenden und die gemeinsame Lösung von praktischen Aufgaben forciert. Damit sollte zum einen das gemeinsame Lernen, die Lösung von praktischen Beispielen und zum anderen die bessere Vorbereitung auf die jeweilige Übung realisiert werden. Gerade Letzteres konnte in Verbindung mit dem Angebot eines Bonuspunkts für die jeweilige Prüfung erreicht werden.

Ein Schwerpunkt in der TM-Ausbildung ist die Berechnung von Schnittreaktionen in verschiedenen Tragwerken. Um dies den Studierenden anschaulich und spielerisch zu vermitteln, wurde ein Browser-basiertes Programm (Spiel) erstellt, mit dem die Studierenden interaktiv an einem Träger die Wirkungen von unterschiedlichen Belastungen dargestellt bekommen.

Prüfungen:

Die Kontrolle der Prüfungen stellt traditionell einen großen Aufwand für die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Professur dar. Aus diesem Grund wurde ab dem WS14/15 das Format der Prüfungen geändert. Damit liegt der Schwerpunkt der Prüfungen auf mechanische Fragestellungen und das Gewicht der mathematischen Probleme wird reduziert. Gleichzeitig wurden strukturierte kurze Aufgabestellungen eingeführt, welche die Folgefehlerproblematik reduzieren und Komplexaufgaben vermeiden. Die Tragweite dieser Entscheidung ist uns bewusst und der Diskussionsstand innerhalb der Professur ist bis heute nicht abgeschlossen. Der Nachteil des Verzichtes auf eine komplexe Aufgabenstellung muss akzeptiert werden.

Der Vorteil dieser Vorgehensweise ist die Möglichkeit der Abfrage von mehr mechanischen Inhalten. Dies wird durch die Vorlesungsquizze unterstützt, welche einen zusätzlichen Fragenkatalog für die Prüfungen eröffnen. Gleichzeitig lässt sich so der Kontrollaufwand reduzieren.

Ergebnisse:

Die Umsetzung dieses Konzeptes mit der Erweiterung der Vorlesungs- und Übungsgestaltung durch E-Learning-Angebote und der Veränderung der Prüfungsformate erhöht vor allem die Attraktivität der Lehrveranstaltungen und die Akzeptanz durch die Studierenden und trägt der Anzahl der Haushaltbeschäftigten Rechnung, ohne die Qualität der Lehre zu reduzieren. Die zeigt sich in den Evaluationen der Lehrveranstaltungen durch die Studierenden und die Verleihung des Preises für Innovationen in der Lehre an Professor Kästner in den Jahren 2017 und 2023.

Ein Vergleich der Prüfungsergebnisse der WS14/15 bis WS20/21 spiegelt diesen Erfolg nur begrenzt wieder, siehe Abb. 1. Es wird deutlich, dass der Notendurchschnitt zwar nur

unwesentlich verändert wird, die Durchfallquote aber sinkt. Dabei ist zu beachten, dass in den Prüfungen deutlich mehr mechanische Inhalte abgefragt wurden.

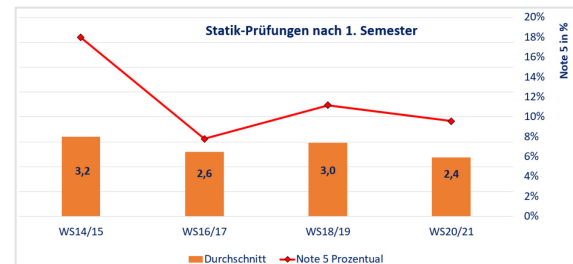


Abb. 1: Vergleich Statik-Prüfungen der WS14/15 bis WS20/21

3. Online-Angebote

Mit dem Beginn der Corona-Pandemie wurde die Nutzung von Online-Angeboten für die Umsetzung der Lehre unumgänglich. Auf Grund unserer bisherigen Erfahrungen und der Erweiterung des Lehrkonzeptes mit E-Learning-Methoden traf uns diese Veränderung nicht unvorbereitet. Trotzdem war die Erstellung weiterer Lehrangebote erforderlich und die Umsetzung musste aktualisiert werden.

Für die Vorlesungen konnte teilweise auf Video-Aufzeichnungen für das Fernstudium zurückgegriffen werden. Die Aufzeichnung weiterer Lehrveranstaltungen aus dem Home-Office war aber erforderlich. Die Erfahrung, dass Videoaufzeichnungen für die Studierenden dann besser angenommen werden, wenn der Dozent oder Übungsleiter selbst visuell sichtbar ist, wurde dabei berücksichtigt.

Damit entstanden in dieser Zeit auch unter einem sehr hohen Zeitaufwand digitale Aufzeichnungen aller Vorlesungen und Übungseinführungen. Bemerkenswert ist dabei, dass Aufzeichnungen von vertonten Power-Point-Anwendungen in der Akzeptanz durch die Studierenden hinter den Live-Aufzeichnungen von Vorlesungen und Übungseinführungen zurückstanden.

Die Umsetzung der Vorlesungsfragen, der Lerngruppenaufgaben und Vorlesungs-quizze erforderte eine entsprechende Aktualisierung, stellte uns aber nicht vor inhaltliche, sondern nur zeitliche Probleme.

Lediglich die Prüfung der TM Statik im WS20/21 musste als Online-Prüfung realisiert

werden. Die Umsetzung ergab, dass diese Variante der Prüfung mit den von uns gewählten Mitteln die notwendigen Kompetenzen einer Mechanik-Prüfung mit Skizzen und freien individuellen Lösungswegen nicht vollständig verwirklichen kann. Das Ergebnis dieser Prüfung lässt sich nicht für eine Auswertung nutzen, da unsere eigenen Erfahrungen bezüglich Online-Prüfungen zu gering und damit die Prüfungsfragen vielleicht zu leicht waren.

Vergleich Präsenz – Online – Lehre

Unabhängig von den oben genannten Angaben zu den Prüfungsformaten lässt sich die Wirkung der Online-Lehre in Zeiten von Corona mit den Ergebnissen aus der reinen Präsenzlehre vergleichen. Dies ermöglicht die Prüfung der TM Festigkeitslehre aus dem WS19/20 und dem WS21/22, siehe Abb. 2.

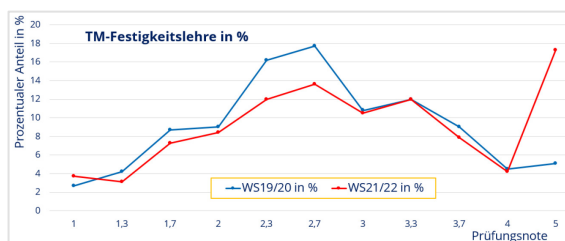


Abb. 2: Vergleich Online- versus Präsenzlehre

Beide Prüfungen fanden in Präsenz statt und zu beiden Terminen wurde bewusst die gleiche Prüfung mit identischen Aufgaben geschrieben.

Die prozentualen Ergebnisse (die Anzahl der Prüflinge ist unterschiedlich: WS18/19-347 und WS21/22-191) zeigen, dass die Online-Lehre zum einen die Durchfallquote sehr stark erhöht und zum anderen das Mittelfeld reduziert wird. Dies veranlasst uns zu der folgenden These:

„Mit Online-bzw. hybrider Lehre gehen im Grundstudium Studierende vor allem aus dem Mittelfeld verloren.“

Nach den Erfordernissen zur Online-Lehre war in den letzten Semestern eine Rückkehr zur Präsenzlehre möglich. Für alle Beteiligten auf der Seite der Lehrenden war dieser Schritt eine große Erleichterung. Endlich konnte man wieder in Gesichter sehen und nicht nur in schwarze Bildschirme. Dennoch erscheint ein

Zurück zur kompletten Präsenzlehre angesichts der vielen Online-Angebote nicht zielführend. Aus diesem Grund wurde im WS22/23 in der TM Statik neben den Vorlesungen und Übungen in Präsenz jeweils ab Präsentationstermin auch die verfügbaren Vorlesungsvideos für die Studierenden bis zur Prüfung freigeschaltet. Damit wird ein individuelles Lernen ohne Einschränkungen in der Wissensaneignung und ein größeres Angebot möglich. Dies kommt unserem Verständnis von Lehre entgegen – vielfältige Angebote und die Studierenden suchen sich die für sie beste Möglichkeit der Wissensaneignung heraus.

Der Vergleich der Prüfungsergebnisse der TM Statik aus dem WS18/19 und dem letzten Semester WS22/23 zeigt aber ein anderes Ergebnis, siehe Abb. 3.

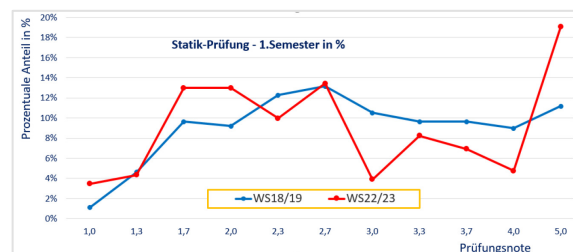


Abb. 3: Vergleich mit/ohne Onlineangeboten

Es wird deutlich, dass die Anzahl der überdurchschnittlich guten Leistungen zunimmt, während die Durchfallquote auf das Doppelte steigt. Scheinbar führt die größere Auswahl an Angeboten zur Wissensaneignung zu einer höheren Durchfallquote, da nicht alle Studierenden das größere Angebot nutzen. Einige beschränken sich auf das Online-Angebot (die Anzahl der Teilnehmer in den Präsenzveranstaltungen ist wesentlich geringer als die Anzahl der Prüfungsteilnehmer). Eine Alternative könnten befristete Online-Angebote sein, die kontinuierlicheres Lernen erfordern. Diese Ergebnisse begründen eine weitere These: **„Mit unbefristeten Online-Angeboten werden die Leistungsstarken gefördert und Studierenden mit Schwierigkeiten überfordert!“**

4. Ausblick

Auch wenn einige der Ergebnisse sehr ermutigend sind, soll weiterhin an den Online-Ange-

boten für die Studierenden festgehalten werden. Bei der weiteren Umsetzung der Vorlesungsfragen als Konzentrationspausen in den Vorlesungen, den anschaulichen Animationen, den begleitenden Online-Tests und den interaktiven Anwendungen wird es keine Probleme geben. Die Einführung einer neuen Prüfungsordnung steht an und sieht eine deutliche Reduktion der Technischen Mechanik im Grundstudium sowie Einschränkungen in der Bewertungsgestaltung von Modulen vor. Vor diesem Hintergrund wird es schwieriger, die Lerngruppenaufgaben in dem zukünftigen Studium zu verankern. Auf Grund des reduzierten Umfangs unserer Lehrveranstaltungen im Ausbildungskonzept der Fakultät muss die konzentrierte Wissensvermittlung gestärkt werden, um den Studierenden auch zukünftig ein umfassendes und konkurrenzfähiges mechanisches Grundwissen zu vermitteln.

Unabhängig davon wird unser Fokus auch weiterhin darauf liegen, die Freude am Studium der Technischen Mechanik zu vermitteln. Damit erhöht sich automatisch die Bereitschaft der Studierenden zu eigener Aktivität und selbstständigem Arbeiten.

In diesem Sinne „Mechanik soll Spaß machen – trotz instabiler Gleichgewichtslage!“





Einsatz von Concept Maps in der universitären Ausbildung im Bereich Steuerungstechnik

B. Ullrich¹, A. Hellmich², N. Link¹

¹Juniorprofessur für Mechatronik/berufliche Didaktik (Tenure Track), Institut für Berufspädagogik und berufliche Didaktiken, Fakultät für Erziehungswissenschaften, TU Dresden

²Professur für Werkzeugmaschinenentwicklung und adaptive Steuerungen, Institut für mechatronischen Maschinenbau, Fakultät Maschinenbau, TU Dresden

Abstract

Im Rahmen dieser Studie erstellten $n = 16$ Studierende, im Diplomstudiengang Maschinenbau, Concept Maps (Cmaps) zum Inhalt der zuvor gehaltenen Vorlesung im Modul "Steuerung von Produktionsmaschinen und Anlagen". Die Cmaps wurden anschließend nach drei hier näher beschriebenen Kriterien bewertet. Als Grundlage für die Bewertung der einzelnen Cmaps, wurden diese mit einer Referenzmap verglichen, die von drei Experten auf dem Gebiet der Mechatronik im Rahmen dieser Studie angefertigt wurde. Unmittelbar nach der Erstellung der Cmaps beantworteten die Studierenden einen Fragenkatalog, der neben demografischen Daten auch einen Selbsteinschätzungsbogen zum Concept Mapping umfasst. Die 10 Items dieses Bogens werden den Probandenmerkmalen Interessantheit, Nützlichkeit und Handhabbarkeit zugeordnet. Die Probandenmerkmale und Bewertungskriterien wurden auf erste Abhängigkeiten untersucht. In der Tendenz zeigte sich, dass die Studierenden die Methode des Concept Mapping, trotz erstmaliger Anwendung und verkürzter Einführung, generell als positiv bewerten.

In the context of this study $n = 16$ students in the diploma program in mechanical engineering created concept maps (cmaps) on the content of the lecture previously given in the module "Control of Production Machines and Systems". The cmaps were then evaluated according to three criteria described in more detail here. As a basis for the evaluation of the individual cmaps, they were compared with a reference map prepared by three experts in the field of mechatronics within the scope of this study. Immediately after the creation of the maps, the students answered a questionnaire that included demographic data as well as a self-assessment survey on concept mapping. The 10 items of this sheet are assigned to the subject characteristics interest- ingness, usefulness and manageability. The subject characteristics and evaluation criteria were examined for initial dependencies. The tendency showed that the students generally evaluate the method of concept mapping as positive, despite first-time application and shortened introduction.

*Corresponding author: benjamin.ullrich@tu-dresden.de

1. Einleitung und Problemstellung

Im Zuge der fortschreitenden digitalen Transformation in Fertigungsbetrieben hin zu „Industrie 4.0“, stehen Ingenieur:innen im Bereich der Mechatronik vor der Herausforderung, sich innerhalb ihrer beruflichen Tätigkeit mit zunehmend komplexeren technischen Maschinen und Anlagen auseinanderzusetzen [1]. Neben der Arbeit an den Geräten selbst, steht die physische und virtuelle Vernetzung der einzelnen technischen Komponenten und Stationen im Vordergrund. Somit ergibt sich die Notwendigkeit, die Anlagen nicht isoliert zu betrachten, sondern vielmehr als ein verbundenes Gesamtsystem zu verstehen [2]. Die Autoren Spöttl et al. befragen Personal in Unternehmen der Metall- und Elektroindustrie und stellen fest, dass „Fachkräfte [...] Anlagen und deren Funktion von den Prozessen und der Software her denken und optimieren. Das erfordert ein vollkommen anderes Verständnis als es bei mechanisch-elektrisch betriebenen Anlagen erforderlich war“ [3].

Der fachliche Schwerpunkt liegt in dieser Studie auf dem *Digitalen Zwilling*, der als Befähiger im Konstruktions- und Gestaltungsprozess, in der Inbetriebnahme cyber-physischer Produktionssysteme aber auch in ihrem Betrieb eine immer größere Bedeutung gewinnt [4]. Er dient als digitales Abbild der Realität, meist mit bidirektionalem Datenaustausch zwischen realem und digitalem System und kann für Prozesse, Produkte, Anlagenkomponenten oder ganze Fabriken erstellt und genutzt werden [5]. Der Begriff selbst ist jedoch nicht klar definiert, weswegen es hier in der interdisziplinären Zusammenarbeit immer auch Missverständnisse im Umgang mit dem Begriff, aber auch dazugehörigen Begriffen wie „Modell“, „Simulation“ und dergleichen gibt.

Innerhalb der universitären Ausbildung angehender Ingenieur:innen im Bereich der Steuerungstechnik an der Technischen Universität Dresden, erfolgt die Vermittlung erforderlicher Fachinhalte und Kompetenzen in Vorlesungen, die anschließende Vertiefung in Seminaren und die Überprüfung am Ende des Semesters mittels schriftlicher Klausuren. Daraus ergibt sich, dass sowohl die Dozierenden, als auch die Studierenden selbst während des Semesters nur wenig Informationen zum derzeitigen

Wissensstand erhalten, um beispielsweise für die Lehrenden die Abläufe/Inhalte der Lehrveranstaltungen und für die Studierenden den individuellen Lernfokus anpassen zu können.

In dieser Studie wird das Potential des Concept Mappings zur Vertiefung und Reflexion der vermittelten Vorlesungsinhalte am Beispiel "Digitaler Zwilling" untersucht. Der Einsatz von Concept Maps bietet im Gegensatz zu vielen anderen Methoden zur Erfassung von Wissen den Vorteil, dass sich nicht nur isoliertes Faktenwissen, sondern konzeptionelles Überblickswissen erfassen lässt [6].

2. Fachlicher Hintergrund zum digitalen Zwilling

Der Digitale Zwilling (DZ) ist eine der Technologien die mit der Digitalisierung Einzug in die produzierende Industrie gefunden haben und wird zu den Industrie 4.0-Technologien gezählt. Er ordnet sich in den Fachbereich der Modellierung technischer Systeme ein und beschreibt ein digitales Modell eines Systems, welches in einem bidirektionalen, automatischen Datenaustausch mit seinem physischen Gegenstück (Produktionssystem, Anlage, Produkt, Prozess) steht. Im Unterschied dazu, weist der Digitale Schatten (DS) lediglich einen automatischen Datenfluss vom physischen zum digitalen Objekt auf, womit der DZ eine Erweiterung des DS darstellt. Je nach Anwendungsfall und Notwendigkeit der Informationsverarbeitung die der DZ leisten soll, kann er ein Funktions-, Verhaltens- oder Strukturmodell bzw. eine Kombination aus den genannten Modellarten enthalten.

Ganz allgemein nutzt man den DZ zur Problemlösung oder um die Auswirkung von Operationen zu untersuchen, die am Original nicht zweckmäßig, nicht möglich oder zu gefährlich sind. Man spricht in diesen Fällen von einer Simulation.

Durch die Möglichkeit am DZ ohne die Notwendigkeit von Hardware und sehr schnell Untersuchungen (Simulationen) durchzuführen, eignet er sich sehr gut für Machbarkeitsanalysen, Variantenuntersuchungen und -studien, die Analyse von Wechselwirkungen zwischen Maschine und Prozess sowie die Vorab-Inbetriebnahme der Produktionssysteme,

welche auch als Virtuelle Inbetriebnahme (VIBN) bezeichnet wird. In der Betriebsphase kann der DZ zur "virtuellen Messung" nicht messbarer physikalischer Größen oder fertigungsparallelen Optimierungen des Prozesses herangezogen werden.

3. Theoretischer Hintergrund und Stand der Forschung zum Concept Mapping

Concept Maps sind zweidimensionale Begriffsnetze, die in der Regel der Beantwortung einer Fokusfrage oder Problemstellung dienen. Die Aufgabe bei der Erstellung der Cmaps besteht darin, verschiedene Begriffe, im Folgenden als „Konzepte“ bezeichnet, miteinander so in Verbindung zu setzen, sodass möglichst viele und aus fachlicher Sicht richtige Aussagen entstehen [7]. Dazu können die Konzepte beliebig auf der Map angeordnet und mit Pfeilen untereinander verbunden werden, wenn die beiden Begriffe nach der Vorstellung des Erstellers zueinander in Verbindung stehen. Diese gerichteten Pfeile werden anschließend mit "Relationen" beschriftet, um den inhaltlichen Zusammenhang zwischen den Konzepten zu spezifizieren. Aus jedem gerichteten Pfeil und der Beschriftung ergibt sich dann eine als "Präposition" bezeichnete Aussagelogik in Form einer Wortgruppe oder eines Satzes. Für das Beispiel in Abbildung 1 ergeben sich die folgenden drei Präpositionen:

- "Simulation ermöglicht virtuelle Inbetriebnahme",
- "Simulation arbeitet mit Funktionsmodell" und
- "Simulation arbeitet mit Verhaltensmodell".

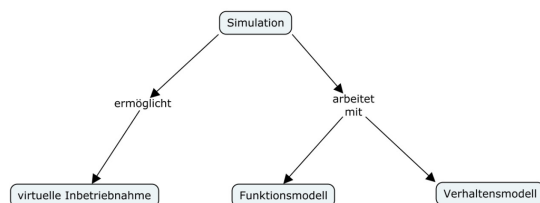


Abb. 1: Dargestellt ist ein Ausschnitt der im Rahmen dieser Studie erstellten Referenz Map.

Die Ursprünge dieser Methode wurden erstmals von Stewart, Van Kirk und Rowell publiziert [8], die für den Artikel im Journal *The American Biology Teacher* ein Begriffsnetz erstellten und dieses der Wissenschaftsgemeinde als „Concept Map“ vorstellten. Zunächst bestanden diese Netzwerke nur aus mit Strichen verbundenen Begriffen ohne Pfeilverbindungen. Eine Präpositionsbildung war dadurch unmöglich und nähere Analysen einzelner Cmaps nur eingeschränkt realisierbar. Ein Artikel, der das Concept Mapping in Bezug zur heutigen Zeit deutlich voranbrachte, war von Joseph D. Novak [9], dem damaligen Professor für Education and Biological Sciences an der Cornell University, der sich seit jeher als einer der bedeutendsten Forscher auf diesem Gebiet etablieren konnte. Im angesprochenen Beitrag enthielten die Concept Maps erstmalig gerichtete und beschriftete Pfeile und ermöglichten somit das Herauslesen sinnvoller Wortgruppen oder Sätze. Laut eigener Aussage entwickelte Novak das Concept Mapping bereits 1972 gemeinsam mit Studierenden, als sie zu Ausubels [10, 11] "assimilation theory" nach einer Möglichkeit suchten, um "what the learner already knows" besser darstellen zu können [12]. Die *Novakian concept maps* verbreiteten sich von diesem Zeitpunkt an über den gesamten Planeten, wobei *Learning how to learn* [13] als einer der wichtigsten frühen Beiträge auf dem Gebiet gilt. Seither erlangt die Methode immer größer werdende Popularität und wurde in vielen Studien eingesetzt, näher untersucht und stetig erweitert. Als vertiefende Literatur zur zeitlichen Veränderung bezüglich der Erstellung von Concept Maps wird auf den Beitrag *Varieties of concept mapping* von Mauri Åhlberg [14] verwiesen, der in seiner Literaturrecherche zehn Elemente zur Verbesserung der Methode gegenüber des originalen Artikels von Novak und Gowin [13] ermitteln konnte.

Seit den späten 1970er bzw. den frühen 1980er Jahren wurde die Methode Concept Mapping sehr vielfältig in der Forschung und Lehre eingesetzt. Vorrangige Einsatzgebiete sind:

- als Mittel zur Wissensdiagnostik in wissenschaftlichen Studien,

- als Unterrichtsmethode im Lehr-Lern-Prozess,
- als Feedback-Methode für Lehrende und Lernende sowie
- als Bewertungsinstrument.

Die durchgeführte Meta-Analyse von Schröder, Nesbit, Anguiano und Adesope [15], in der experimentelle Studien zum Concept Mapping von 1972 bis 2014 bezüglich des Lernerfolges näher untersucht wurden, ergab für die mittlere Effektstärke beim Concept-Mapping einen mittleren positiven Effekt ($g = 0,58$) zugunsten von Lernaktivitäten mit Concept Maps. Zusätzlich und speziell für den Einsatz in der universitären Ausbildung relevante Ergebnisse sind, dass der Effekt größer ist, wenn die Studierenden die Concept Maps selbst erstellen ($g = 0,72$), anstatt bereits mit fertigen Maps zu arbeiten ($g = 0,43$ für Studierende sowie Schüler:innen der Klassenstufen 4 bis 12 und $g = 0,32$ speziell für Studierende), wenn die Methode regelmäßig eingesetzt wird ($g = 0,36$ vor und $g = 0,68$ nach einer Woche) und dass der Effekt unabhängig davon ist, ob das Thema der Concept Map dem MINT- oder dem Nicht-MINT-Bereich zuzuordnen ist [16].

Auch der Einsatz von Concept Mapping als Feedback-Methode in der universitären Ausbildung wurde bereits in diversen Studien als positiv bewertet. Beispielhaft sei hier fachübergreifend zur Vertiefung auf die Studien von Daley und Torre [17] im Bereich der Medizin, Becker et al. [18] in der Biologie, Joseph et al. [19] in Physiotherapie, Lachner et al. [20] im Bereich der Bildungswissenschaften sowie Vodovozov und Raud [21] im Bereich der Leistungselektronik verwiesen.

Für den Einsatz als Diagnosemittel, Feedback-Methode und Bewertungsinstrument müssen die Concept Maps nach zuvor festgelegten Kriterien ausgewertet werden können. Graf unterscheidet in seinem Artikel die folgenden Auswertungsverfahren [22]:

- globale Auswertungsstrategie nach Novak,
- Differentialdiagnose einzelner Begriffe,
- Graphentheoretische Aspekte und
- Vergleich mit einer Referenz Map.

In der nachfolgenden Tabelle ist dargestellt, welche Kenngrößen einer Concept Map bei dem jeweilig eingesetzten Auswertungsverfahren berücksichtigt werden.

Diese sind: *hierarchische Organisation* (1); *Vernetztheit* (2); *Strukturiertheit* (3); *Vernetzungsgrad* (4); *Umfang/Reichhaltigkeit* (5); *Verknüpfungsdichte* (6); *Zerklüftetheit* (7) und *Korrespondenzkoeffizienten* (8).

Tab. 1: Vergleich der unterschiedlichen Concept-Mapping-Verfahren nach Graf

	1	2	3	4	5	6	7	8
Novak	X	X	X					
Differenzialdiagnose				X	X			
Graphentheor. Aspekte					X	X	X	
Experten-Map								X

Graf leitet daraus ab, dass die Auswertung nach Novak, die Untersuchung nach graphentheoretischen Aspekten und der Vergleich mit einer von Experten erstellten Referenz Map zwar unterschiedliche Kenngrößen im Detail untersuchen, den Fokus jedoch auf die Gesamtbeurteilung der Cmap legen, wobei der Inhalt getätigter Aussagen nicht beachtet wird. Bei der Differenzialdiagnose einzelner Begriffe dagegen liegt der Fokus ausschließlich auf der Analyse der getätigten Aussagen, die sich aus den Konzepten, der Pfeilrichtung sowie der Präposition ergeben und fachlich richtig bzw. falsch sein können. Es wird deutlich, dass die Verfahren kombiniert werden müssen, um eine ganzheitliche Auswertung der Concept Maps unter Berücksichtigung möglichst vieler der Kenngrößen gewährleisten zu können.

Wichtige Faktoren, die bei der Erstellung einer Concept Map zu beachten sind, stellen generelle Vorgaben zum Aufbau dar. Dazu sollte zum einen die maximale Anzahl der Konzepte und zum anderen die individuelle Gestaltung der Struktur des Begriffsnetzes festgelegt werden. Forschungsergebnisse belegen, dass eine maximale Anzahl von 15 bis 25 Konzepten pro Begriffsnetz nicht überschritten werden sollte, um eine Übersichtlichkeit in der Concept Map gewährleisten zu können [23].

Im Bereich Industrie 4.0 und Cyber-physischer Produktionssysteme gab es bislang keine experimentellen Studien zum Einsatz von Concept Mapping in der Ingenieurspädagogik.

Dies rechtfertigt das Erfordernis, dass Studien auf diesem Gebiet zwingend durchzuführen sind.

4. Forschungsfragen

Abgeleitet aus den vorangegangenen Kapiteln ergeben sich die folgenden Forschungsfragen, die im Rahmen des Beitrags beantwortet werden sollen:

- (1) Wie schätzen Studierende die Methode Concept Mapping bezüglich der Probandenmerkmale *Interessantheit*, *Nützlichkeit* und *Handhabbarkeit* ein?
- (2) In welchen Lehrveranstaltungen schätzen die Studierenden die Methode des Concept Mappings als sinnvoll ein?
- (3) Welche Unterschiede zeigen sich zwischen der im Rahmen der Studie von Experten erstellten Referenz Map und den von den Studierenden angefertigten Novizen Concept Maps?

5. Forschungsdesign

Die Daten wurden im Rahmen der zweiten Vorlesung im Modul „Steuerung von Produktionsmaschinen und Anlagen“ zum Thema „Informationsverarbeitung und Digitaler Zwilling“ erhoben.

An der Studie nahmen $n = 16$ Studierende im Diplomstudiengang Maschinenbau teil. Innerhalb der ersten 65 Minuten, der doppelstündigen Lehrveranstaltung, wurden fachliche Inhalte in einem eher klassischen Lehr-Lern-Format vermittelt. Anschließend fand eine fünfminütige Kurzeinführung in Anlehnung an das *Concept Mapping Trainingsprogramm* nach Sumfleth et al. [24] statt, um die Studierenden mit der Methode vertraut zu machen. In den verbleibenden 20 Minuten erstellten die Studierenden die Concept Map mit Stift auf Papier und beantworteten den Selbsteinschätzungsfragebogen.

Das Trainingsprogramm musste aufgrund der begrenzten Zeitspanne von 90 Minuten verkürzt durchgeführt werden, damit alle zur Erstellung der Concept Map relevanten Fachinhalte vermittelt werden konnten und die Studierenden trotzdem noch ausreichend Zeit

für die Erstellung der Concept Map und das Ausfüllen des Fragebogens hatten. Als Vorgabe für die Concept Map wurden zehn Konzepte zur Fokusfrage „Wie stehen die folgenden Begriffe zum Thema digitaler Zwilling miteinander in Verbindung?“ vorgegeben. Die Anzahl der Konzepte wurde zur Reduktion der Komplexität auf zehn festgelegt. Damit sollte eine mögliche Überforderung der Studierenden, bedingt durch eine zu hohe Anzahl an vorgegebenen Begriffen, minimiert werden. Um die Probanden nicht in ihrer Kreativität zu hemmen und da im Concept Mapping Trainingsprogramm keine gesonderten Strukturierungsmöglichkeiten vorgestellt werden, wurde festgelegt, dass die Konzepte beliebig angeordnet und mit willkürlichen Relationen zueinander in Beziehung gesetzt werden können.

Die folgenden zehn Begriffe wurden angepasst an die Vorlesungsinhalte gemeinsam von den drei Experten ausgewählt:

Modell, System, Digitales Modell, Strukturmodell, Verhaltensmodell, Funktionsmodell, Digitaler Zwilling, Digitaler Schatten, Virtuelle Inbetriebnahme, Simulation.

Im Rahmen der Studie wurden ein Auswertungsverfahren eingesetzt, bei dem jede Concept Map nach drei Kriterien analysiert bzw. bewertet wird. Jedes Bewertungskriterium kann einen Wert von 0 bis 1 annehmen, wobei das Ergebnis umso besser ist, je höher die jeweiligen Werte sind. Aufgrund der Erkenntnisse von McClure et al. [25] bezüglich der Reliabilität bei der Bewertung der Concept Maps, wurde eine Referenz Map erstellt und zur Auswertung verwendet. Dazu fertigten drei Experten auf dem Gebiet der Mechatronik, zwei Hochschullehrende und ein Berufsschullehrer, zunächst unabhängig voneinander je eine Concept Map an. Die Vorgaben waren identisch zu denen, an die sich auch die Studierenden halten mussten. Die Concept Maps wurden dann den anderen Experten nacheinander vorgestellt und im Anschluss erstellten diese gemeinsam die in Abbildung 2 dargestellte Concept Map mit dem frei verfügbaren Programm *CmapTools*. Die Vorzüge dieses Software-Tools werden unter anderem ausführlicher in der Arbeit von Cañas et al. [26] erläutert.

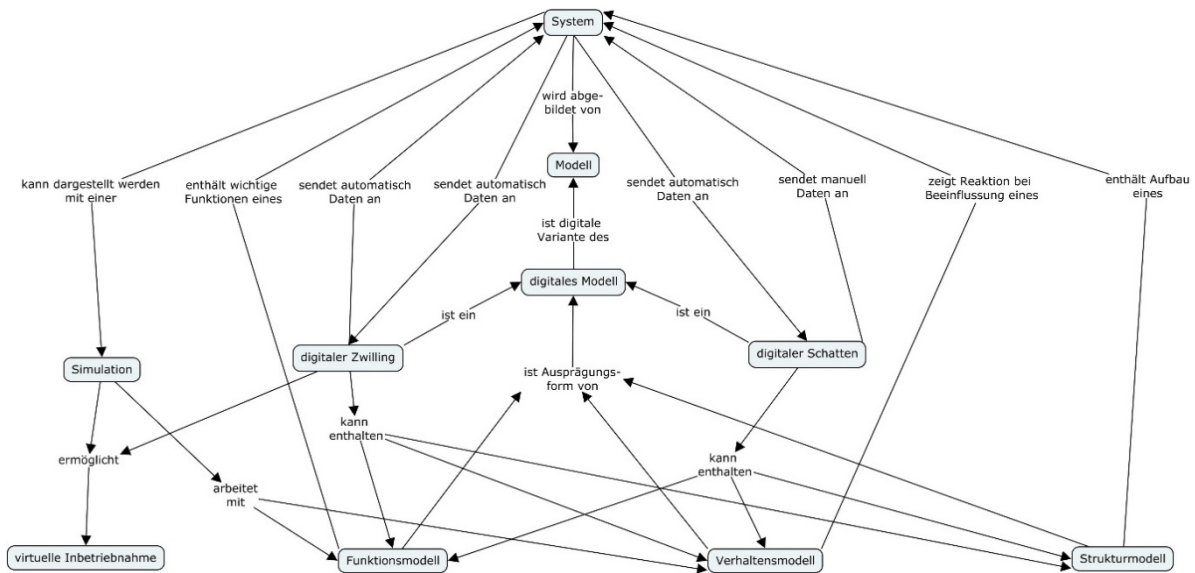


Abb. 2: Dargestellt ist die Concept Map zum Thema „Digitaler Zwilling“, die von drei Experten erstellt wurde und im Rahmen der Studie als Referenz Map dient. Zur Erstellung wurde das Programm CmapTools eingesetzt.

Im Folgenden werden die einzelnen Bewertungskriterien näher aufgeführt:

(1) *Umfang/Vernetztheit* x_{UV} :

Dieser Wert gibt an, wie groß der Vernetzungsgrad der Concept Map im Bezug zur Referenz Map ist. Dazu wird die Gesamtanzahl der Pfeilverbindungen n_{ij} , die mit denen der Referenz Map übereinstimmen, ins Verhältnis

$$x_{UV} = \frac{n_{ij}}{n_{Ref}} \quad (1)$$

zur Gesamtanzahl der Verbindungen der Referenz Map n_{Ref} gesetzt.

(2) *Übereinstimmungsgrad* $x_{ÜG}$:

Anschließend wird untersucht, wie viele der insgesamt getätigten Pfeilverbindungen, der von den Probanden erstellen Concept Map, mit denen aus der Referenz Map übereinstimmen. Dazu werden die übereinstimmenden Verbindungen ins Verhältnis

$$x_{ÜG} = \frac{n_{ij}}{n_V} \quad (2)$$

zur Gesamtzahl n_V der getätigten Verbindungen gesetzt.

Die Kriterien Umfang/Vernetztheit und Übereinstimmungsgrad sind unabhängig von den ausgewählten Relationen und berücksichtigen somit nicht die inhaltlichen Zusammenhänge zwischen den Konzepten. Da die beiden Werte in direktem Zusammenhang stehen, werden

diese zusätzlich miteinander multipliziert, woraus sich mit x_{Str} ein Maß für die generelle *Strukturiertheit* der Concept Map ergibt:

$$x_{Str} = x_{UV} \cdot x_{ÜG} \quad (3)$$

(3) *Inhaltliche Übereinstimmung* $x_{IÜ}$:

Die Relationen der übereinstimmenden Pfeilverbindungen werden anschließend auf fachliche Richtigkeit, durch die Übereinstimmung mit der Referenz Map, untersucht. Der Wert für $x_{IÜ}$ ergibt sich aus dem Verhältnis

$$x_{IÜ} = \frac{n_{iÜ}}{n_{ij}} \quad (4)$$

von Gesamtzahl der fachlich richtigen Querverbindungen $n_{iÜ}$ zu n_{ij} .

Durch die Verwendung dieser drei Bewertungskriterien soll erreicht werden, dass möglichst viele der Kenngrößen nach Graf bei der Auswertung berücksichtigt werden.

Für den Selbsteinschätzungsfragebogen wurde im Rückgriff auf die Studie von Ryssel [27] der *Teil-Fragebogen zum Einschätzen des Concept Mappings* verwendet. Die Antwortmöglichkeiten der 10 Items werden mit Zahlen kodiert ("trifft nicht zu" = 1, "trifft eher nicht zu" = 2, "trifft eher zu" = 3 und "trifft voll zu" = 4), den Probandenmerkmalen *Interessantheit*, *Handhabbarkeit* sowie *Nützlichkeit* zugeordnet und anschließend in das Programm SPSS übertragen. Die negativen gepolten Antworten werden zuvor umgewandelt.

Aus dem Datensatz lassen sich unter der Annahme einer Ordinalskala jeweils der Modus und der Median für die einzelnen Probandenmerkmale berechnen.

Zusätzlich wurden in dem Fragebogen die soziodemographischen Angaben Alter, Geschlecht und Vorkenntnisse zum Concept Mapping erfasst sowie mögliche Einsatzgebiete der Methode Concept Mapping in der universitären Ingenieursausbildung erfragt.

6. Auswertung

Die im Fragebogen erfassten soziodemographischen Attribute Alter und Geschlecht sowie der Anteil an Studierenden, die bereits mit der Methode Concept Mapping gearbeitet haben, sind in Tabelle 2 dargestellt. Hervorzuheben sei, dass der Anteil der Studentinnen mit 18,8 % sehr gering ist und nur 12,5 % der Studierenden bereits Vorerfahrungen im Concept Mapping hatten.

Tab. 2: Deskriptive Beschreibung der Teilnehmenden

Attribut	Studierende
Anzahl	16
Alter	24,4 a
Teilnehmerinnen	18,8 %
Vorerfahren im Concept Mapping	12,5 %

Die erste Forschungsfrage wurde mittels Selbsteinschätzungsfragebogen untersucht, der unmittelbar nach der Erstellung der Concept Map auszufüllen war. Aus den vorliegenden Daten wurden für die Probandenmerkmale der Modus und der Median bestimmt (Tabelle 3). Es zeigt sich, dass die Studierenden die Merkmale *Nützlichkeit* und *Interessantheit*, mit Werten $> 2,5$, als positiv ("trifft eher zu") und *Handhabbarkeit* mit Werten $< 2,5$ als negativ ("trifft eher nicht zu") bewerteten.

Tab. 3: Modus und Median für die im Rahmen der Studien ermittelten Probandenmerkmale.

Merkmal	Modus	Median
Nützlichkeit	3	3
Interessantheit	3	3
Handhabbarkeit	2	2

Die Beantwortung der zweiten Forschungsfrage erfolgt anhand einer zusätzlichen, offen formulierten Frage. Hier sollten die Studierenden angeben, in welchen universitären Lehrveranstaltungen sie den Einsatz der Methode Concept Mapping als sinnvoll erachten. Nur elf der sechzehn Teilnehmenden beantworteten die Frage. Dabei wurde von den Studierenden die folgenden Antworten, mit Anzahl der Antworten in Klammern, gegeben, wobei inhaltlich sehr ähnliche Antworten zusammengefasst wurden:

- Vorlesungen, in denen theoretische Inhalte vermittelt werden (und nicht gerechnet wird) (4),
- Vorlesungen, in denen Grundlagen vermittelt werden (2),
- in jeder Vorlesung bzw. in den meisten Vorlesungen (2),
- Steuerung von Produktionsmaschinen und -anlagen (1) sowie
- Keine bzw. Ich denke nicht, dass dabei tieferes Wissen entsteht, Modellbildung erreiche ich anders (2).

Es zeigt sich, dass $n = 9$ der Studierenden konkrete Anwendungsbeispiele nennen konnten, in denen sie den Einsatz der Methode Concept Mapping im Rahmen der universitären Ausbildung von Ingenieur:innen als sinnvoll erachten.

Die Beantwortung der dritten Forschungsfrage erfolgte mit der Bewertung der einzelnen Concept Maps der Studierenden nach den drei Bewertungskriterien *Umfang/Vernetztheit*, *Übereinstimmungsgrad* und *inhaltliche Übereinstimmung* sowie dem kombinierten Kriterium *Strukturiertheit*. Die Berechnung der Bewertungskriterien wird im Folgenden beispielhaft für die Concept Maps zweier Studierender (Abbildung 3 und 4) näher erläutert. Dazu wurden speziell zwei Concept Maps ausgewählt, die sich bezüglich Umfang (Anzahl der Pfeilverbindungen) und Qualität (Anzahl der getätigten Pfeilbeschriftung) bereits auf dem ersten Blick deutlich unterscheiden:

Umfang/Vernetztheit:

- für "GS01A" ergibt sich mit $n_{ij} = 6$ und $n_{Ref} = 24$ der Wert $x_{UV} = 0,25$ und
- für "HE01B" mit $n_{ij} = 13$ der Wert $x_{UV} = 0,54$.

Übereinstimmungsgrad:

- für "GS01A" ergibt sich mit $n_V = 10$ der Wert $x_{ÜG} = 0,60$ und
- für "HE01B" mit $n_V = 17$ der Wert $x_{ÜG} = 0,76$.

Strukturiertheit:

- für "GS01A" ergibt sich der Wert $x_{Str} = 0,15$ und
- für "HE01B" der Wert $x_{Str} = 0,41$.

Inhaltliche Übereinstimmung:

- für "GS01A" ergibt sich mit $n_{IÜ} = 0$ der Wert $x_{IÜ} = 0,00$ und
- für "HE01B" mit $n_{IÜ} = 12$ der Wert $x_{IÜ} = 0,92$.

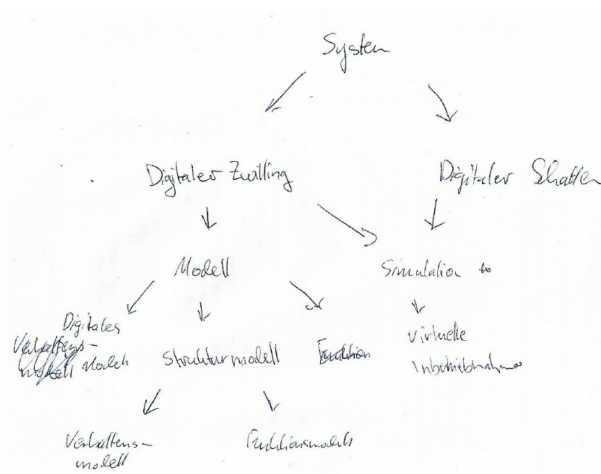


Abb. 3: Die Concept Map des/der Studierenden „GS01A“ verfügt über 10 Pfeilverbindungen, wobei 6 mit der Referenz Map übereinstimmen und keine davon beschriftet wurde.

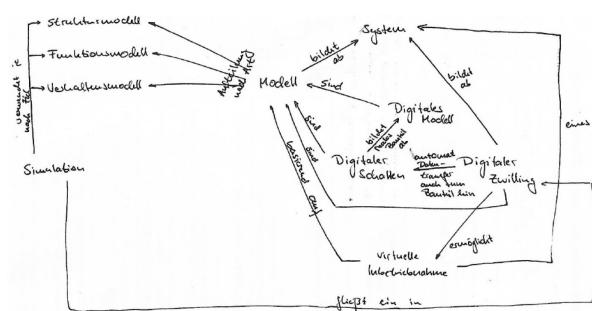


Abb. 4: Die Concept Map des/der Studierenden „HE01B“ verfügt über 17 mit Relationen beschriftete Pfeilverbindungen. Davon stimmen 13 mit denen der Referenz Map überein.

Die Ergebnisse der Auswertung sind in Abbildung 5 für die einzelnen Bewertungskriterien in Form eines Boxplots dargestellt.

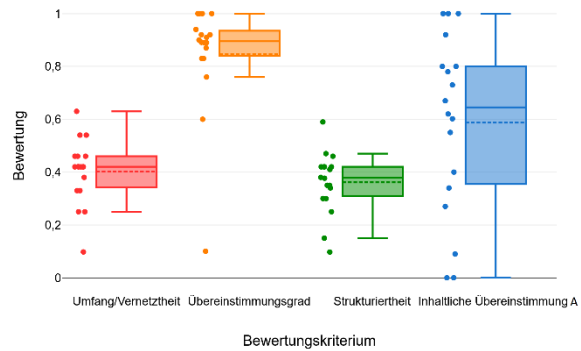


Abb. 5: Dargestellt sind die Auswertungsergebnisse für die jeweiligen Kriterien in Form eines Boxplots.

Für das Kriterium *Umfang/Vernetztheit* ergab sich ein Mittelwert von 0,42 bei einer Standardabweichung von 0,1. Die Studierenden tätigten somit durchschnittlich $10,1 \pm 2,3$ Pfeilverbindungen, die mit denen übereinstimmen, die auch von den Experten gewählt wurden.

Beim *Übereinstimmungsgrad* ergab sich ein Mittelwert von 0,89, ebenfalls bei einer Standardabweichung von 0,1. Daraus lässt sich ableiten, dass durchschnittlich nur 11 % der Pfeilverbindungen, die die Studierenden getätigt haben, nicht mit denen aus der Experten Map übereinstimmen.

Um auszuschließen, dass Extrema wie beispielsweise alle Begriffe mit Pfeilen zu verbinden ($x_{UV} = 1,0$) oder nur eine offensichtliche Pfeilverbindung zu tätigen ($x_{ÜG} = 1,0$) als positiv bewertet werden, sollten beide Kriterien stets zueinander in Relation gesetzt werden, um die Struktur der Concept Map als Ganzes bewerten zu können. Für das kombinierte Kriterium *Strukturiertheit* ergab sich ein Mittelwert von 0,38 bei $s = 0,1$.

Aufgrund der hohen Streuung ($n = 3$ Probanden mit dem Wert 1 und $n = 3$ Probanden mit Werten $< 0,1$) bzw. großer Standardabweichung von 0,34 beim Kriterium der *inhaltlichen Übereinstimmung A*, wurde zusätzlich der Wert *inhaltliche Übereinstimmung B* bestimmt (Abbildung 6). Dies geschah unter der Annahme, dass Studierende, aus deren Concept Maps bei weniger als 33 % der getätigten Pfeilverbindungen keine Präpositionsbildung möglich war, da diese entweder keine Pfeilrichtung hatten und/oder keine Relationen vorhanden waren, Verständnisprobleme bei der Umsetzung der Methode Concept Mapping oder sprachliche Probleme

bei der Ausformulierung der Präpositionen hatten. Für *inhaltliche Übereinstimmung B* wurden die betreffenden vier Studierenden nicht berücksichtigt. Die Standardabweichung konnte unter dieser Annahme um 47 % auf $s = 0,18$ verringert werden.

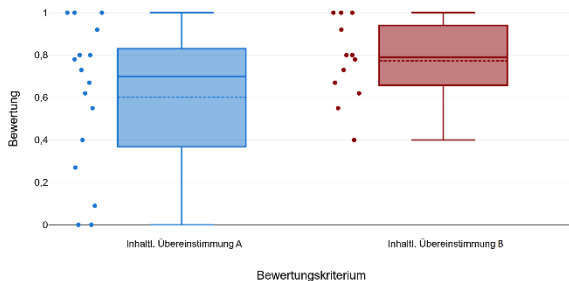


Abb. 6: Das Bewertungskriterium *Inhaltliche Übereinstimmung B* ergibt sich aus der reduzierten Stichprobe.

Für das Kriterium der *inhaltlichen Übereinstimmung A* ergab sich ein Mittelwert von 0,60. Unter Berücksichtigung der Ergebnisse des Kriteriums *Umfang/Vernetztheit* bildete die Studierenden somit durchschnittlich 6,1 richtige Relationen pro Concept Map. Für die reduzierte Stichprobe ergab sich für *inhaltlichen Übereinstimmung B* der Wert 0,77. Unter der oben getroffenen Annahme lässt sich daraus ableiten, dass Studierende, die die Methode verinnerlichen konnten, durchschnittlich 7,8 richtige Relationen bildeten.

7. Diskussion/Limitation/Ausblick

Im Rahmen dieser Studie wurde gezeigt, dass der Einsatz von Concept Maps im Bereich der Steuerungstechnik ein hohes Potential aufweist. Dazu wurde zur komplexen Thematik des digitalen Zwillings von 16 Studierenden je eine Concept Map angefertigt, die jeweils durch den Vergleich mit einer von drei Experten erstellten Referenz Map, nach den drei hier beschriebenen Bewertungskriterien *Umfang/Vernetztheit*, *Übereinstimmungsgrad* und *inhaltliche Übereinstimmung*, ausgewertet wurden.

Die Auswertung ergab, dass eine durchschnittliche Concept Map der Studierenden über 11,3 Pfeilverbindungen verfügt, von denen 10,1 mit der Referenz Map übereinstimmen und pro Map 6,1 (7,8 bei reduzierter Stichprobe für das Kriterium *Inhaltliche Übereinstimmung*) fachlich

korrekte Präpositionen gebildet werden können.

Außerdem konnte durch einen Fragebogen zur Einschätzung des Concept Mappings, der direkt nach der Erstellung der Concept Map auszufüllen war, gezeigt werden, dass Studierende die Methode als interessant und nützlich einschätzen. So konnten mehr als die Hälfte der Studierenden konkrete Anwendungsgebiete für die universitäre Ingenieur:innen-ausbildung benennen. Die Handhabbarkeit der Methode wurde unterdurchschnittlich bewertet, was beispielsweise durch eine intensivere Einführung und/oder den regelmäßigen Einsatz gefördert werden kann.

Im Folgenden werden weitere Studien auf diesem Gebiet, bedingt durch die geringe Stichprobe von $n = 16$ Studierenden erforderlich sein, um die Ergebnisse der Studie verifizieren bzw. falsifizieren zu können. Nur so ist es möglich, dass aus den Ergebnissen konkrete Handlungsempfehlungen bezüglich des Einsatzes von Concept Mapping in der universitären Ausbildung von Ingenieur:innen im Bereich Steuerungstechnik, abgeleitet werden können. Vielversprechend sind auch erste Ergebnisse zum Einsatz von Concept Maps bei angehenden Mechatroniker:innen im Rahmen des Berufsschulunterrichts [28]. Auch ein verstärktes Arbeiten mit digitalen Werkzeugen (z. B. *CmapTools*) eignet sich sehr gut, um beispielsweise ein für Lehrende realisierbares automatisiertes Auswertungsverfahren, ohne zusätzlichen Einsatz einer automatischen Bilderkennung, einsetzen zu können.

Literatur

- [1] Cropley DH, Cropley AJ (2019) Industrie 4.0 und Kreativität im Ingenieurwesen: Folgen für die Hochschullehre. In: Haertel T, Terkowsky C, Dany S et al. (eds) Hochschullehre & Industrie 4.0: Herausforderungen - Lösungen - Perspektiven. wbv, Bielefeld, pp 27-39
- [2] Zheng P, wang H, Sang Z et al. (2018) Smart manufacturing systems for Industry 4.0: Conceptual framework, scenarios, and future perspectives. *Front Mech Eng* 13:137-150. <https://doi.org/10.1007/s11465-018-0499-5>
- [3] Spöttl G, Gorltd C, Windelband L et al. (2016) Industrie 4.0 - Auswirkungen auf Aus- und Weiterbildung in der M+E Industrie, München

- [4] Hellmich A, Zumpe F, Zumpe M et al. (2022) Umsetzung von cyber-physischen Matrixproduktionssystemen. Forschungsbeirat Industrie 4.0/acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften
- [5] Rosen R, Jäkel J, Barth et al. (2020) Simulation und digitaler Zwilling im Anlagenlebenszyklus
- [6] Fürstenau B (2011) Concept Maps im Lehr-Lern-Kontext. *DIE Zeitschrift für Erwachsenenbildung*:46–48. <https://doi.org/10.3278/DIE1101W046>
- [7] Aşıksoy G (2019) Computer-Based Concept Mapping as a Method for Enhancing the Effectiveness of Concept Learning in Technology-Enhanced Learning. *Sustainability* 11:1005. <https://doi.org/10.3390/su11041005>
- [8] Stewart J, van Kirk J, Rowell R (1979) Concept Maps: A Tool for Use in Biology Teaching. *The American Biology Teacher* 41:171–175. <https://doi.org/10.2307/4446530>
- [9] Novak JD (1981) Applying Learning Psychology and Philosophy of Science to Biology Teaching. *The American Biology Teacher* 43:12–42. <https://doi.org/10.2307/4447108>
- [10] Ausubel DP (1963) *The psychology of meaningful verbal learning*. Grune & Stratton
- [11] Ausubel DP (1968) *Educational psychology: A cognitive view*. Holt Rinehart and Winston, New York
- [12] Novak JD (1990) Concept maps and Vee diagrams: two metacognitive tools to facilitate meaningful learning. *Instr Sci* 19:29–52. <https://doi.org/10.1007/BF00377984>
- [13] Novak JD, Gowin DB (1984) *Learning How to Learn*. Cambridge University Press
- [14] Åhlberg M (2004) Varieties of concept mapping
- [15] Schroeder NL, Nesbit JC, Anguiano CJ et al. (2018) Studying and Constructing Concept Maps: a Meta-Analysis. *Educ Psychol Rev* 30:431–455. <https://doi.org/10.1007/s10648-017-9403-9>
- [16] Knogler M, Wiesbeck AB & CHU Research Group (2018) Lernen mit Concept Maps: Eine Bilanz nach 42 Jahren Forschung. *Kurzreview*
- [17] Daley BJ, Torre DM (2010) Concept maps in medical education: an analytical literature review. *Med Educ* 44:440–448. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2923.2010.03628.x>
- [18] Becker LB, Welter VDE, Aschermann E et al. (2021) Comprehension-Oriented Learning of Cell Biology: Do Different Training Conditions Affect Students' Learning Success Differentially? *Education Sciences* 11:438. <https://doi.org/10.3390/educsci11080438>
- [19] Joseph C, Conradsson D, Nilsson Wikmar L et al. (2017) Structured feedback on students' concept maps: the proverbial path to learning? *BMC Med Educ* 17:90. <https://doi.org/10.1186/s12909-017-0930-3>
- [20] Lachner A, Burkhart C, Nückles M (2017) Mind the gap! Automated concept map feedback supports students in writing cohesive explanations. *Journal of Experimental Psychology: Applied* 23:29–46. <https://doi.org/10.1037/xap0000111>
- [21] Vodovozov V, Raud Z (2015) Concept Maps for Teaching, Learning, and Assessment in Electronics. *Education Research International* 2015:1–9. <https://doi.org/10.1155/2015/849678>
- [22] Graf D (2014) Concept Mapping als Diagnosewerkzeug. In: Krüger D, Parchmann I, Schecker H (eds) *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, pp 325–337
- [23] Novak JD, Cañas AJ (2006) *The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct Them*. Technical Report IHMC CmapTools 2006
- [24] Sumfleth E, Neuroth J, Leutner D (2010) Concept Mapping - eine Lernstrategie muss man lernen. *Concept Mapping - Learning Strategy is Something You Must Learn*. CHEMKON 17:66–70. <https://doi.org/10.1002/ckon.201010114>
- [25] McClure JR, Sonak B, Suen HK (1999) Concept map assessment of classroom learning: Reliability, validity, and logistical practicality. *J Res Sci Teach* 36:475–492. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199904\)36:4<475:AID-TEA5>3.0.CO;2-O](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199904)36:4<475:AID-TEA5>3.0.CO;2-O)
- [26] Cañas AJ, Hill G, Carff R et al. (2004) CmapTools: A knowledge modeling and sharing environment. In: Cañas AJ, Novak JD, González FM (eds) *Concept Maps: Theory, Methodology, Technology*, Vol. 1: Proceedings of the First International Conference on Concept Mapping, vol 1, pp 125–134
- [27] Ryssel J (2019) *Feedback zu Concept Maps im betriebswirtschaftlichen Planspielunterricht - eine empirische Untersuchung*. Dissertation, Technische Universität Dresden
- [28] Ullrich B, Link N (2023): *Concept Maps von Auszubildenden und Lehrkräften zu Funktionszusammenhängen in (vernetzten) mechatronischen Systemen*. Tagungsband der gtw Konferenz 2022, Flensburg (im Druck)



Der Weg zur Erstellung von fachspezifischen Lehrvideos für die Ausbildung im Berufsbildenden Lehramt

C. Czichy^{1*}, M. Niethammer², S. Odenbach¹

¹ Professur für Magnetfluidodynamik, Mess- und Automatisierungstechnik, Institut für Mechatronischen Maschinenbau, Fakultät Maschinenwesen, TU Dresden

² Professur Bautechnik, Holztechnik, Farbtechnik und Raumgestaltung/Berufliche Didaktik, Institut für Berufspädagogik und Berufliche Didaktiken, Fakultät Erziehungswissenschaften, TU Dresden

Abstract

Anhand des Moduls Mess- und Automatisierungstechnik wird beispielhaft gezeigt, wie für Lehramtsstudierende der Berufsschulen ein inhaltlich angepasstes, flexibles, praxisrelevantes, umsetzbares und modernes Lehr-Lernformat entwickelt wurde. In diesem Zusammenhang wird ein Leitfaden gegeben, um die gewonnenen Erkenntnisse, die notwendigen Arbeitsschritte und die Herausforderungen einer solchen Umgestaltung eines Modules auf weitere Module übertragen zu können. Die Methodik ist einerseits allgemein gehalten, so dass ein Transfer unabhängig vom Modul bzw. der Studienrichtung erfolgen kann, während gleichzeitig explizite Hilfestellungen, Hinweise und Beispiele gegeben werden.

The module measuring and automation technology is used as an example to show how a content-adapted, flexible, practice-relevant, realisable and modern teaching-learning format was developed for teacher trainees at vocational schools. In this context, a guideline is provided to enable the knowledge gained, the necessary work steps and the challenges of such a reorganisation of a module to be transferred to other modules. On the one hand, the methodology is kept general so that a transfer can take place independently of the module or the field of study, while at the same time explicit assistance, tips and examples are provided.

*Corresponding author: charis.czichy@tu-dresden.de

Wozu das Ganze?

Die Gestaltung von Lehrveranstaltungen ist ein ständiges Thema in Bildungseinrichtungen. Dabei steht der Anspruch auf einen praxisorientierten, auf die Zielgruppe zugeschnittenen Unterricht den Regularien für die Erstellung von Modulen und den (zeitlich) begrenzten Kapazitäten der Lehrenden gegenüber.

Ein kleiner Personenkreis wie die Gruppe der angehenden Berufsschullehrer:innen stellt eine große Herausforderung für das Lehrpersonal dar. Für diese Gruppe werden keine eigenen Module angeboten, sondern ihnen werden Module aus verschiedenen Studienrichtungen zugewiesen, die eine gewisse Schnittmenge mit dem zukünftigen Lehrgebiet aufweisen. Jedoch enthalten diese Veranstaltungen nicht alle relevanten Themen und / oder vermitteln nicht benötigten Stoff. Hinzu kommt, dass aufgrund der Zusammenstellung der Module aus verschiedenen Studienrichtungen Überschneidungen der einzelnen Veranstaltungen auftreten. In Präsenz stattfindender Frontalunterricht bietet jedoch keine Flexibilität und begrenzt die Möglichkeiten der Studierenden, innerhalb eines Semesters alle vorgesehenen Module zu besuchen. Dies führt dazu, dass die Studierenden deutlich länger als vorgesehen für das Studium benötigen oder dieses sogar abbrechen [1]. Angesichts des Deutschlandweiten Mangels an Lehrkräften an den Berufsbildenden Schulen [2-4] besteht dringender Handlungsbedarf.

Um dem zu begegnen, müssen Bildungseinrichtungen Alternativen entwickeln. Eine Kombination aus Lehrvideos mit Blended Learning-Formaten wie dem flipped classroom kann einerseits den Anspruch nach fachspezifischen Inhalten für auch kleine Gruppen gerecht werden, als auch den Studierenden die Möglichkeit einer flexiblen Gestaltung ihres Lernplanes geben in Kombination mit einer anwendungsorientierten und praxisbezogenen Prüfung bieten.

Ausgangssituation

Das Erstellen eines Lehrvideos kann eine großartige Möglichkeit sein, um Lerninhalte auf innovative Weise zu vermitteln. Allerdings stellt die Herstellung eines solchen Videos auch eine

große Herausforderung dar. Angefangen bei der inhaltlichen Aufbereitung und Umsetzung sind auch Rahmenbedingungen wie die technische Ausstattung wichtige Elemente, die zu Beginn sorgfältig geplant sein wollen, damit eine reibungslose und effiziente Videoerstellung möglich ist.

Hiermit möchten wir einen Leitfaden von der Lehrplananalyse bis hin zum fertigen Video an die Hand geben. Die verschiedenen Schritte sind in Abb. 1 dargestellt.

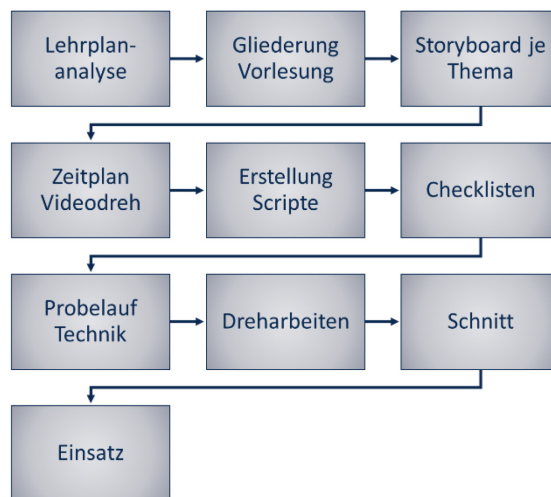


Abb. 1: Arbeitsschritte zur Erstellung von Lehrvideos eines (Universitäts-)Moduls für Berufsschullehrämter.

1. Die Lehrplananalyse

Im ersten Schritt muss ermittelt werden, welche konkreten Inhalte in die Videos einfließen sollen. Als Methodik bietet sich die Anforderungsanalyse an, da diese flexibel in der Erstellung ist und so genau auf die zu erfragenden Inhalte angepasst werden kann.

Konstruktionsmechanik

Lernfeld 4: Warten technischer Systeme 1. Ausbildungsjahr
Zeitrhythmuswert: 80 Stunden

Zielformulierung:
Die Schülerinnen und Schüler bereiten die Wartung von technischen Systemen, insbesondere von Betriebsmitteln vor und ermitteln Einflüsse auf deren Betriebsbereitschaft. Dabei bewerten sie die Bedeutung dieser Instandhaltungsmaßnahmen unter den Gesichtspunkten Sicherheit, Verfügbarkeit und Wirtschaftlichkeit.
Sie lesen Anordnungspläne, Wartungspläne und Anleitungen, auch in englischer Sprache. Die Schülerinnen und Schüler nutzen digitale Informationsquellen.
Sie planen Wartungsarbeiten und bestimmen die notwendigen Werkzeuge und Hilfsmittel. Sie wenden die Grundlagen der Elektrotechnik und der Steuerungstechnik an und erklären einfache Schaltpläne in den verschiedenen Gerätearten.
Sie beachten die Bestimmungen und des Arbeit- und Umweltschutzes sowie der IT-Sicherheit. Dabei berücksichtigen sie besonders die Sicherheitsvorschriften für elektrische Betriebsmittel. Sie messen und berechnen elektrische und physikalische Größen. Sie bewerten und diskutieren die Arbeitsergebnisse und stellen diese dar.

Inhalte:
Grundbegriffe der Instandhaltung
Wartungspläne
Anordnungspläne
Betriebsanleitungen
Betriebsgerätschaften
Verschleißursachen, **Störungsursachen**
Schmer- und Kühlsmittelstoffe, Entölgung
Korrosionsschutz und Korrosionsschutzmittel
Funktionsprüfung
Instandhaltung- und Ausfallkosten, Störungsfolgen
Schadenanalyse
Größen im elektrischen Stromkreis, Ohmsches Gesetz
Gefahren des elektrischen Stroms, elektrische Sicherheit
Normen und Verordnungen

Gebäudetechnik

Aus Rahmenlehrplan:
„Messungen mit unterschiedlichen Messzeugen unter Berücksichtigung von systematischen und zufälligen Fehlern durchführen“¹ (1. u. 2. Lernfeld / ca. 1. Lehrjahr)
„Spannung, Strom, Widerstand und Leistung in Gleich- und Wechselstromkreisen messen und ihre Abhängigkeit feststellen“¹ (A:4. Lernfeld / ca. Ende 1. Lehrjahr)

Abb. 2: Zwei Beispiele der Ergebnisse aus der Lehrplananalyse.

Zunächst werden aus den jeweiligen Lehrplänen die mit dem Modul übereinstimmenden Themenblöcke herausgesucht. Dies kann durch einfaches Markieren (Abb. 2 links) oder durch Herausschreiben der relevanten Punkte (Abb. 2 rechts) erfolgen. Anschließend werden die Themen nach Häufigkeit und Umfang gewichtet.

2. Gliederung

Sobald die Themen bekannt sind, wird die Struktur der Videoreihe erstellt. Die Gliederung kann sich dabei an der bestehenden Struktur des Moduls orientieren. Je nach Verknüpfung der Themen in den jeweiligen Lehrplänen kann auch eine Kombination oder Umsortierung sinnvoll sein.

Die Dauer eines einzelnen Videos ist flexibel

und muss nicht 90 min betragen, da stattdessen das jeweilige Thema erschlossen werden sollte.

3. Storyboards

Nachdem das grobe inhaltliche Konzept steht, erfolgt nun je Thema sowohl die fachliche Aufbereitung als auch die Ausgestaltung der Rahmenhandlung und der Bezug zur Praxis. Dabei wird das Video klassisch in Einleitung, Hauptteil und Schluss eingeteilt. Die Inhalte sollten kurz und prägnant dargestellt werden.

Umgesetzt wurde es in Form von Storyboards, welche z.B. Szenenbild, Inhalt, Zeit und Hinweise wie in Abb. 3 dokumentieren. Damit liegt eine einfache, gut übersichtliche Struktur vor, welche von den benutzenden Personen intuitiv ausgefüllt werden kann.

Szenenbild	Inhalte	Zeit [min]	Hinweise
Prof. in Vollbild (Aufnahme aus MOL) 	- Begrüßung / einleitende Worte zur MAT - Umgebung voller Messtechnik	2 - 3	Video: Wiedererkennung Start im MOL wie bei allen Videos Quelle: Bild 1 Webseite TUD → MFD
→ Messtechnik Autos - Oldtimer → Käfer = wenig Sensorik 	- Entwicklung Sensoren in Autos am Bsp. von Käfer → Moderne - Drucksensoren in Sitzen: von Überwachung Taxifahrern über Anschnallwarnung bis hin zur Sekundenschlafüberwachung	2	Folien: Käfer → evtl. Innenraum dazu Video vom Prof. oben rechts Quelle: Bild 2 Campus Classics

Abb. 3: Beispiel eines Storyboards.

fachliche Inhalte:

Bei den fachlichen Inhalten ist es wichtig, die Überschneidungen zwischen den Ausbildungsberufen und dem Modulinhalt abzudecken. Im vorliegenden Fall bedeutet dies, verschiedene Berufsausbildungen wie Zerspanungstechnik, Kfz-Mechatronik, Industriemechanik und Anlagenmechanik für Sanitär, Heizungs- und Klimatechnik in Einklang zu bringen mit dem Modul Mess- und Automatisierungstechnik. Dabei sollten auch die Wünsche der Lernenden hinsichtlich benötigter Software oder Tools wie bspw. Excel berücksichtigt werden.

Es ist wichtig, den Bedarf der Lernenden zu definieren und zu entscheiden, wie tief in das Thema eingestiegen werden soll und muss. Dabei sollte unterschieden werden, was zwingend notwendig ist und was lediglich Hintergrundwissen darstellt.

Rahmenhandlung:

Zunächst ist es wichtig, eine klare Rahmenhandlung zu entwickeln, die den Einstieg ins Thema erleichtert und eine Problematik eröffnet. Offene Fragen können das Interesse der Lernenden wecken und sie zur aktiven Teilnahme motivieren. Im Schlussteil sollte das

Einstiegsthema aufgegriffen und einen Bezug zum Praktikum oder anderen relevanten Themen hergestellt werden. Evtl. kann dieser Bezug bereits während des Hauptteiles aufgegriffen werden. So kann beim Thema Temperaturmessung bereits zu Beginn ein Thermometer gezeigt werden.

Praxisbezug:

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist der Praxisbezug des Videos. Hier können zum Beispiel die Messprinzipien der verwendeten Messgeräte erläutert werden. Auch Beispiele aus verschiedenen Ausbildungsberufen können dabei helfen, die Lerninhalte zu veranschaulichen und den Praxisbezug zu stärken. Begleitet werden die Ausarbeitungen des Lehrstoffes von z.B. Präsentationen, die die tiefergehenden fachlichen Informationen und Darstellungen beinhalten und als Grundlage für die im Video genutzten Folien sein können.

Insgesamt ist es wichtig, ein ausgewogenes

Verhältnis zwischen Theorie und Praxis zu finden, einen Transfer von Theorie in Praxis und andersherum anzubieten und die Lerninhalte ansprechend zu gestalten.

Mit einem klaren Konzept und einer strukturierten Herangehensweise können Lehrpersonen erfolgreiche Lehrvideos erstellen und ihre Lerninhalte auf innovative und effektive Weise vermitteln.

4. Übersicht der Arbeitsschritte

Um möglichst effizient den Ablauf der Drehtage zu gestalten, ist eine Übersicht der einzelnen Arbeitsschritte und Szenen hilfreich. In dieser Übersicht können die Szenen terminiert, Verantwortlichkeiten zugewiesen und weitere Schritte zur Vorbereitung sowie Absprachen geplant werden, wie Abb. 4 bspw. zeigt.

a)

Name des Videos										
Szene		wann								
Nr	Titel	Ort	Medium	Datum	Uhrzeit	Dauer	Personen	Tätigkeit	Material	Bemerkungen
1	<u>Szenenname</u>									
2	<u>Szenenname</u>									
2.1	Bereich (bei zsg. Aufnahmen)									

b)

Einführungsvideo										
Szene		wann								
Nr	Titel	Ort	Medium	Datum	Uhrzeit	Dauer	Personen	Tätigkeit	Material	Bemerkungen
1	Begrüßung / einleitende Worte	MOL, Brücke	Video	03.04.2023	07:30	00:45	SO	Sprecher	Koffer	zs. mit Szene 5 zu drehen
							JM + BB	Video	Ferroigel	
							CC	Regie		
2	Ausgangslage KFZ		Video, Präsentation	03.04.2023	09:30	00:45				
2.1	Erläuterungen Prof	MOL, Büro Prof.					SO	Sprecher		Nahaufnahme oben rechts

Abb. 4: a) mögliche Strukturierung der Arbeitsschritte – eine Vorlage, b) Beispiel Einführungsvideo (Ausschnitt).

5. Checkliste

Für den jeweiligen Drehtag ist zur Vorbereitung und Durchführung eine Checkliste zu erstellen, welche z.B. die Ausstattung der Technik, die Kleidung, Übergangssätze und Themenobjekte abfragt. Ein Beispiel einer solchen Checkliste ist in Abb. 5 gezeigt.

6. Script

Bei der Erstellung eines Scripts für ein Lehrvideo gibt es verschiedene Aspekte zu berücksichtigen.

Zunächst ist es wichtig, je nach Vorliebe des Referierenden im Video einen zusammenhängenden Text bzw. Stichpunkte mit einer klaren Logik und einem roten Faden zu erstellen. Hierbei kann der Zeitaufwand eine wichtige Rolle spielen, da die Erstellung eines solchen Scripts viel Zeit in Anspruch nehmen kann.

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Foliengestaltung, die ebenfalls sorgfältig geplant werden sollte. Auch die Einbindung von weiteren Medien oder Objekten kann das Interesse der Studierenden bzgl. des Lerninhaltes und den

Nutzen für den Berufsalltag erhöhen und sollte daher in Betracht gezogen werden.

Bei der Erstellung eines textbasierten Scripts wie in Abb. 6 links können verschiedene Methoden genutzt werden. Eine Möglichkeit ist die Verwendung eines Diktiergeräts und einer speziellen Software, die die Extraktion des Textes erleichtert. Auch das Korrekturlesen des Scripts ist wichtig, um eine hohe Qualität sicherzustellen. Alternativ kann das Script auch durch Mitschrift erstellt werden.

Generell ist es wichtig, darauf zu achten, dass die Übergänge zwischen den Sätzen oder Stichpunkten und den verschiedenen Szenen gut passen und übersichtlich sind (siehe Abb.6 rechts).

Ein Teleprompter kann bei der Aufnahme des Videos hilfreich sein, da der Sprecher oder der Sprecherin das Script vor Augen hat. Allerdings ist hierbei nur eine bedingte Formatierung möglich, was berücksichtigt werden sollte bei der Erstellung des Scripts.

Datum: 26.06.2023
Ort: MOL, Büro Prof. Odenbach - Schreibtisch

Video	Szene	Objekte	✓	letzter Satz vorangegangene Szene
stat. Ch.	I	Einstieg		Genau das ist die Kalibrierung – das Zusammenführen von Eingangs- und Ausgangssignal in einer Messung.
	III	Kennlinie		
	V	Vgl. R-Fühler		
	VII	Temp.-Messtechnik	Thermokamera	
	VIII	Schluss / Zsf.		

Ort: MOL, Büro Prof. Odenbach - Konferenztisch (Alternative: Halle 149)

Video	Szene	Objekte	✓	letzter Satz vorangegangene Szene
stat. Ch.	II	Messgeräte		Heute haben wir ganz andere Möglichkeiten. Hier sehen Sie einen kleinen Überblick. Wie solche Messgeräte aussehen können, zeige ich Ihnen an einigen Beispielen.
		Quersilber-thermometer PT100 Referenzsensor Thermokamera Thermoelement		

Ort: MOL, Halle 149 // Optional Folien –Schreibtisch

Video	Szene	Objekte	✓	letzter Satz vorangegangene Szene
stat. Ch.	IV	lin. Kennlinie + Linearisierung		Die lineare Kennlinie schauen wir uns nun einmal genauer an.
		BigTouch PT100		

VI = praktischer Einsatz z.B. Iblenfeldt

Kleidung

- graues Hemd
- graue Jacke
- silber-schwarze Brille

Abb. 5: Beispiel einer Checkliste.

Thema: Einstieg

Leerzeilen

Meine Damen und Herren wir haben es an dem Beispiel gesehen, wenn wir Messungen durchführen, denn kommen unter Umständen unterschiedliche Ergebnisse heraus. Wir müssen aus mit der Frage beschäftigen, warum das so ist. Wir haben im Beispiel an einer Stelle gesehen, dass es schlicht daran lag, dass die Messung als solche falsch durchgeführt worden ist. Dieses „Falschdurchführen“ ist eine bestimmte Form von Messunsicherheit, für die es eine ganz einfache Behandlung gibt. Solche Messungen dürfen wir bei unseren Betrachtungen nicht mit ins Kalkül ziehen. Aber auch wenn man von diesen Messfehlern absieht, stellt man fest, dass Messungen unterschiedlich ausfallen. Und das führt uns zum Begriff der Messunsicherheit, respektive des Messfehlers. Diese Messunsicherheit ist offensichtlich ein wesentlicher Bestandteil jeder Messung, d. h. wenn wir ein Messergebnis angeben, dann besteht dies natürlich aus dem Messwert, also aus einer Zahl, die wir irgendwie ermittelt haben und der dazugehörigen Einheit, denn ohne eine Einheit ist der Zahlenwert bedeutungslos, aber es gehört auch die Messunsicherheit mit in diese Angabe des Messergebnisses hinein.

Thema: Klassifizierung von Fehlern

Der erste Schritt für den Umgang mit Messunsicherheiten wird sein, dass wir eine Klassifizierung vornehmen. Wir hatten gerade eben schon festgestellt, dass es passieren kann, dass eine Messung schlichtweg falsch ausgeführt wird. Im Beispiel lag das daran, das zu messende Zylinder nicht zwischen die Backen des Messschieber gelegt wurde, sondern mehr hinter die eigentlichen Messbacken gesteckt wurde, einer Stelle, wo überhaupt keine Messung durchgeführt werden kann. Dann kommt ein viel zu kleiner Wert aber heraus, und das einzige, was wir mit solchen Messfehlern, die wir als grobe Fehler bezeichnen, machen können, ist das wir entsprechende Werte verwerfen.

Hervorheben

Wesentlich interessanter für unsere Betrachtung sind die beiden anderen Klassen von Fehlern, die vorkommen können. Zum einen kann es sein, dass in einem Messsystem **systematisch ein Fehler** in der Messung auftritt. Was heißt: es tritt

Szenennummer

Foliennummer

ÜBERGANGSSATZ – FOLIE 3

Heute haben wir ganz andere Möglichkeiten. Hier sehen Sie einen kleinen Überblick. Wie solche Messgeräte aussehen können, zeige ich Ihnen an einigen Beispielen.

**Hinweise
→ Großschreibung**

EINSTIEGSSATZ – FOLIE 4

Nehmen wir als Beispiel folgende Aufgabe aus der Praxis.

ABER:

Wie kommt man dahin?

Was tun, wenn das Datenblatt nicht zur Verfügung steht?

---- Kennlinie ermitteln
(Verweis auf das Praktikum zur stat. und dyn. Charakterisierung mit einem PT100)

KENNLINIE – FOLIE 5

Box mit Eingangs- und Ausgangssignal

FOLIE 5-B inkl. Animationen

$x_a = f(x_e) \rightarrow$ Kennlinie (fkt. Zsh.)
im stat. Zustand, d.h. nachdem die Ausgleichsvorgänge abgeschlossen sind

Abb. 6: Beispiele für Scripte mit Hinweise bzgl. des Einsatzes eines Teleprompters.

Eine evtl. Präsentation muss außerdem auf das Script abgestimmt werden, damit eine Bildspur die Folien betreffend gleichzeitig aufgezeichnet werden kann. Eine Präsentation ist ebenfalls eine Möglichkeit die sprechende Person zu unterstützen. Wichtig ist, dass das gleiche Format wie für die Kameraeinstellungen, z.B. 16:9, verwendet wird.

7. Probelauf Technik

Um für einen reibungslosen Ablauf während des Drehs zu sorgen, sollte im Vorfeld die Technik zusammengestellt und geprüft werden. Dazu gehören das Laden der Akkus, ein Check der Speicherkarten und ein Testlauf vor Ort. Im Zuge dessen können dann die Bild- und Tonqualität überprüft werden, wobei die verwendeten Mikrofone getestet werden sollten. Bei den Kameraeinstellungen ist darauf zu achten, dass immer das gleiche Format ist z.B. 16:9 verwendet wird.

Wenn ein geeigneter Aufbau gefunden ist, sollte dieser z.B. mit Fotos dokumentiert werden, um für weitere Dreharbeiten zügig wiederhergestellt werden zu können.

Einen Eindruck über ein solches Drehsets gibt.



Abb. 7: Probelauf der Technik.

8. Dreharbeiten

Erst nach einem Probelauf können die eigentlichen Dreharbeiten starten. Zuvor sollten jedoch alle Mitarbeiter:innen darüber informiert werden, wann und wo die Dreharbeiten stattfinden, um hoffentlich eine ruhige Geräuschkulisse zu haben. Neben der Technik können auch weitere Gegenstände wie eine Klappe oder Warnschilder hilfreich sein, ebenso wie ein Kleidungscheck. Zur Dokumentation kann die

zur Unterstützung erstellte Checkliste verwendet werden.

Während des Drehs kommen verschiedene Kameraeinstellungen zum Tragen.

Neben einer Frontkamera sind weitere Kameras für Seiten-, Nah- bzw. Detailaufnahmen hilfreich, um doppelte Dreharbeiten zu ersparen. Dabei ist jedoch darauf zu achten, dass ein einheitliches Format eingesetzt wird und die jeweiligen Filmenden möglichst nicht auf den Aufnahmen der Hauptkamera erscheinen.

Bei der Verwendung von Präsentationen oder anderen Elementen auf einem Bildschirm ist eine Aufzeichnung des Bildschirms als separate Bildspur von Nöten. Sie stellt die entsprechende Bildqualität und die einfache Synchronisierung mit der Bild- bzw. Tonspur der Vortragenden Person sicher. Eine geeignete Software ist z.B. OBS.

9. Schnitt

Nachdem alle Bild- und Tondaten erhoben und gesichert sind, können die einzelnen Szenen zusammengeführt werden. Dabei spielen verschiedene Kamerawinkel, Nah- und Fernaufnahmen, Szenenübergänge und Synchronisation der Tonspur eine entscheidende Rolle. Unterstützung bieten hier verschiedene Softwareprogramme wie Matrix (Abb. 8).



Abb. 8: Matrix.

10. Umsetzung

Nachdem die Videos erstellt wurden, müssen sie über eine Plattform den Studierenden zur Verfügung gestellt werden. Grundsätzlich ist eine Evaluation bzw. ein Testlauf mit anschließender Rückmeldung der betreffenden Ziel-

gruppe notwendig, bevor eine allgemeine Veröffentlichung für den Lehrbetrieb erfolgt. Wenn nur Videos zur Verfügung stellen, wird nur bedingt ein Lernprozess bes. hinsichtlich eines tieferen Verständnisses erreicht. Von daher ist eine Kombination mit einem Blended Learning-Format wie dem flipped classroom und Praktika sinnvoll. Hierbei müssen die Studierenden zunächst sich die Videos anschauen und sich den Stoff erarbeiten, um ihn anschlie-

ßend mit eigenen Worten in Form einer Präsentation vorzustellen und z.B. mit eigenen Beispielen zu unterfüttern. Durch ein Rotationsprinzip können verschiedene Themen abgefragt werden. Außerdem üben die zukünftigen Lehrer:innen didaktische Konzepte anzuwenden und Lehrinhalte anschaulich aufzubereiten. Da es sich um eine Prüfungsleistung handelt, müssen entsprechende Bewertungsbögen (Abb. 9) erstellt werden.

Elemente	Zielstellung
Videos	→ flexibel Informationen aneignen
Praktika	→ Vertiefung Wissen, Praxisbezug
flipped classroom	→ Gelerntes mit eigenen Worten darstellen & erklären (Lehrfähigkeit)

Bewertung Konzept und Darstellung des Lehrinhaltes (flipped Classroom)

Thema / Titel des Videos:

Bewertende Person:

Nachnamen der Studierenden:

Datum:

Bewertung insgesamt: Was ist gelungen?				
<ul style="list-style-type: none"> • ... • ... • ... • ... • ... 				
Produkt/Punkte	Fragen zur Bewertung	Max. P.	Anmerkungen	Punkte
Materialien / Anschauungsbeispiele 5 Punkte	Sind die Materialien anschaulich gestaltet?	2		
	Sind alle Quellen nachgewiesen?	1		
	Passen sie zu den Inhalten?	1		
	Sind sie fachlich korrekt?	1		
Inhaltliche Gestaltung (siehe Checkliste) 10 Punkte	Ist der Aufbau nachvollziehbar beschrieben? ¹	4		
	Sind die relevanten inhaltlichen Bestandteile enthalten und korrekt wiedergegeben? ²	2		
		4		
Präsentation / Didaktische Umsetzung 8 Punkte	Ist die Präsentation verständlich?	2		
	Ist das Sprechtempo angemessen?	1		
	Fühlen sich die Zuhörenden angesprochen?	2		
	Wie war der Einsatz weiterer didaktischer Elemente? ³	3		
Gesamtpunktzahl:				

Abb. 9: Beispiel eines Konzeptes mit Bewertungsbogen für einen flipped classroom.

Zusammenfassung

Um den Bedarfen im Bereich der Ausbildung vor Berufsschullehrer:innen gerecht zu werden, bietet sich eine Kombination aus Lehrvideos mit zugeschnittenem Inhalt und Blended Learning-Formaten wie dem flipped classroom an.

Dafür ist zunächst eine Lehrplananalyse notwendig, um zu ermitteln, welche Inhalte relevant sind und welche Lernziele erreicht werden sollen. Anschließend muss die Gliederung festgelegt werden, um einen klaren roten Faden zu schaffen.

Um das Video ansprechend zu gestalten, ist es wichtig, eine Rahmenhandlung zu entwickeln und Praxisbezüge sowie Beispiele aus verschiedenen Ausbildungsberufen einzubinden. Die fachlichen Inhalte sollten so gestaltet werden, dass sie die Überschneidungen zwischen

den Ausbildungsberufen und dem anzupassenden Studienmodul abdecken.

Es ist auch wichtig, die Arbeitsschritte für die einzelnen Videos im Voraus festzulegen und zu terminieren. Eine Checkliste für den Drehtag sowie ein Script können helfen, den Ablauf zu strukturieren. Vor den Dreharbeiten sollte ein technischer Probelauf durchgeführt werden, um die Positionierung der Kameras sowie die Ton- und Bildqualität zu überprüfen.

Nach Abschluss der Dreharbeiten erfolgen der Schnitt und die Veröffentlichung des Videos. Im Anschluss erfolgt eine Evaluation des Videos, um mögliche Verbesserungen für zukünftige Videos zu identifizieren.

Schließlich ist es ratsam, das Video in einem geeigneten Blended Learning-Format umzusetzen, um eine flexible und effektive Lernumgebung zu schaffen.

Mit diesem einmaligen Aufwand zur Erstellung nachhaltige und nachnutzbare Videos, besteht für die Lehrenden nur noch ein geringer Aufwand für nachfolgende Semester bzgl. der jeweiligen Blending Learning Strukturen. Für die Studierende ergibt sich jedoch ein enormer Mehrwert.

Danksagung

Ein Dank geht an alle Studierenden des BSLA für die tolle Zusammenarbeit, den Input für die Storyboards, für die interessanten Gespräche und die aufschlussreichen Antworten. Ebenso möchten wir uns bei der TUD für die Finanzierung bedanken.

Literatur

- [1] interne Anfrage, TUD, April 2023
- [2] Florentine Anders: „Lehrermangel verschärft sich weiter“; <https://deutsches-schulportal.de/bildungswesen/lehrermangel-bleibt-bundesweit-ein-problem/#wo-ist-der-lehrermangel-am-groessten>; Stand 04. April 2023, Deutsches Schulportal der Robert Bosch Stiftung
- [3] Jonas Grünwald: „Bundesweit fehlen über 10.000 Lehrkräfte an Berufsschulen“; <https://www.mdr.de/nachrichten/deutschland/panorama/ausbildung-schule-lehrermangel-berufsschule-100.html>; Stand: 01. Juli 2022, 16:37 Uhr, MDR-Wirtschaftsredaktion
- [4] Bertelsmann Stiftung: „Berufsschulen brauchen bis 2030 60.000 neue Lehrer“; <https://www.bertelsmann-stiftung.de/de/themen/aktuelle-meldungen/2018/oktober/berufsschulen-brauchen-bis-2030-60000-neue-lehrer>; Stand 29.10.2018; basierend auf der Studie von Klaus Klemm „Dringend gesucht: Berufsschullehrer - Die Entwicklung des Einstellungsbedarfs in den beruflichen Schulen in Deutschland zwischen 2016 und 2035“; <https://www.bertelsmann-stiftung.de/de/publikationen/publikation/did/dringend-gesucht-berufsschullehrer>



Wie gut ist meine Lehre (wirklich)? Studentisches Feedback konstruktiv nutzen

B. Schlegel^{1*}, B. Watzka²

¹ Professur für Magnetfluidodynamik, Mess- und Automatisierungstechnik, Institut für Mechatronischen Maschinenbau, Fakultät Maschinenwesen, TU Dresden

² Jun. Prof.‘in für Didaktik der Physik, Institut für Physik, Fakultät für Naturwissenschaften, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Abstract

Studentisches Feedback ermöglicht einen differenzierten Blick auf die (wahrgenommene) Nützlichkeit von Lehr-Lern-Angeboten, Methoden und Tools bezüglich des Lernfortschrittes bei den Studierenden. Neben fachdidaktischen Prinzipien und Lehr-Methodik lässt sich auf Basis studentischen Feedbacks Lehre bedarfsgerecht gestalten. Evaluation zur Weiterentwicklung der Lehre und Evaluationsforschung stehen neben anderen Arten studentischer Rückmeldung als Werkzeuge zur Verfügung. Beide Varianten von Evaluation dienen nicht der Analyse und Kontrolle der Qualität von Lehre, sondern können als Instrumente von Lehrenden eingesetzt werden, die ihre Lehre weiterentwickeln wollen. Bevor eine entsprechende Erhebung geplant und durchgeführt werden kann, müssen folgende Fragen ausführlich diskutiert werden: Welche konkrete Fragestellung soll mit Hilfe der zu erhebenden Daten beantwortet werden? Welche Einflussfaktoren spielen im Kontext der Fragestellung eine Rolle? Welche Ergebnisse sind denkbar und welche Konsequenzen hätten diese Ergebnisse für die Gestaltung von Lehre? Sind diese Konsequenzen relevant? Aus den Antworten auf diese Fragen lässt sich ableiten, welche Form der Evaluation gewählt wird und wie diese konkret gestaltet werden kann.

Student feedback enables a differentiated view of the (perceived) usefulness of teaching and learning offers, methods and tools with regard to students' learning progress. In addition to didactic principles and teaching methodology, student feedback can be used to tailor teaching to students' needs. Evaluation for the further development of teaching and evaluation research are available as tools alongside other types of student feedback. Both types of evaluation are not used to analyze and control the quality of teaching, but can be used as instruments by teachers who want to further develop their teaching. Before a corresponding survey can be planned and carried out, the following questions must be discussed in detail: What specific question is to be answered with the help of the data to be collected? Which influencing factors play a role in the context of the question? What results are conceivable and what consequences would these results have for the design of teaching? Are these consequences relevant? The answers to these questions can be used to determine which form of evaluation is chosen and how it can be specifically designed.

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

1. Einleitung

Die Neuerungen in der Lehre – getrieben bzw. potenziert durch die veränderten Bedingungen der Pandemiezeit – sind in den letzten Semestern vielfältig reflektiert, diskutiert, angepasst oder auch verworfen worden. Dass digitale Elemente unsere Lehre bereichern, ist mittlerweile Konsens, auch, dass Lehrveranstaltungen (im Folgenden mit LV abgekürzt) in Präsenz zu guten Studienbedingungen gehören. Welche Elemente in welcher Form zum Einsatz kommen und wirklich tauglich sind, um den Lernprozess der Studierenden voranzubringen, kann man nicht pauschal beantworten und ist in jedem Falle fach- oder sogar modulspezifisch. Um dazu einen differenzierten Einblick zu bekommen, können verschiedene Arten studentischer Rückmeldung eingeholt werden (klassisches Feedback, Test, Evaluation usw.) In Kombination mit der Expertise der Lehrenden können sie entscheidend zu einer Verbesserung der Lehre führen.

In diesem Beitrag geht es um Evaluation und Evaluationsforschung als Mittel, um Lehre besser zu gestalten. Das Forschungsfeld wird aufgezeigt, beginnend mit der reinen Evaluation bis zur empirischen Forschung, die im Vergleich mehr Expertise voraussetzt. Im Abschnitt zwei werden die Funktionen unterschiedlicher Evaluationsansätze beispielhaft erläutert, um dann in den beiden darauffolgenden Abschnitten zum einen auf die Evaluation zur Weiterentwicklung von Lehre und zum anderen auf die Evaluationsforschung genauer einzugehen. Hier wird konkret Bezug genommen auf den gleichnamigen Workshop im Rahmen der Lessons Learned Konferenz 2023. Unsere Vision ist es, dass Lehrende aus unterschiedlichen Fachbereichen gemeinsam Evaluationsbausteine entwickeln und in der eigenen Lehre einsetzen, um Lehre nachhaltig zu verbessern und gegebenenfalls Evaluationsprozesse weiter zu entwickeln.

2. Funktionen von Evaluation

Lehrveranstaltungsevaluation, wie sie beispielsweise an der TU Dresden vom Zentrum für Qualitätsanalyse (ZQA) durchgeführt wird, dient in erster Linie der Qualitätskontrolle von Lehre an einer Universität oder Hochschule,

und zwar für alle fachlichen Bereiche. Die Evaluation, die vom ZQA genutzt wird, basiert auf dem Heidelberger Inventar zur Lehrveranstaltungsqualität [1]. Diese Art der Evaluation ermöglicht eine Erfassung des Ist-Standes und einen Vergleich mit einem Qualitätsstandard, der die Erwartungen an Lehre widerspiegelt. Der Evaluationsbogen [2] beinhaltet Aussagen zur Lehrperson, die auf einer fünf-stufigen Skala von „trifft völlig zu“ bis „trifft überhaupt nicht zu“ von den Studierenden bewertet werden. Beispiele für Aussagen sind, die Lehrperson „...vermittelt die Lehrinhalte verständlich“ oder „...steht bei Bedarf für Rücksprachen zur Verfügung.“ Außerdem werden Einschätzungen zur Lehrveranstaltung wie „Die Vorlesung hat mein Wissen erweitert“ abgefragt sowie Einschätzungen zu den Anforderungen in der LV, Arbeitsaufwand, studentisches Engagement und weitere. Die Ergebnisse dieser Evaluation geben der Lehrperson einen Eindruck der studentischen Sichtweise und erste Anhaltspunkte, in welchem Bereich Verbesserungen möglich sind. Sie lassen sich allerdings nicht dahingehend interpretieren, welche Verbesserung in welcher Art und Weise vorgenommen werden sollten. Dies ist nicht die Zielsetzung dieser Art von Evaluation.

Die in diesem Beitrag vorgestellte Art der Evaluation hat zum Ziel, Anhaltspunkte zur konkreten Verbesserung von Lehre zu finden. Sie ermöglichen im Umkehrschluss wenige Rückschlüsse auf die Qualität der Lehre.

Ein erstes vergleichendes Beispiel soll diesen Unterschied illustrieren. In der [Lehrveranstaltungsevaluation des ZQA](#) werden die Studierenden unter der Überschrift „Einsatz digitaler Lehrformate“ gefragt, wie sie die in der LV eingesetzten digitalen Formate bewerten (Seite 3 [2]). Die zu bewertenden Formate sind Livestream, Videoaufnahmen, Powerpoint-Präsentationen, Diskussionsforen und andere Formate. In der [Evaluation zur Weiterentwicklung der Lehre](#) wird nach der bevorzugten Variante für die LV gefragt mit der Option, eine der folgenden Antworten auszuwählen:

- ausschließlich Vorlesung in Präsenz,
- ausschließlich Videos,
- ausschließlich Live-Übertragung über Youtube,

- Hybrid-Variante I: Vorlesung in Präsenz, Online Teilnahme,
- Hybrid-Variante II: Vorlesung in Präsenz, Videos,
- Hybrid-Variante III: Vorlesung in Präsenz, Online-Teilnahme, Videos,
- Sonstiges (mit der Möglichkeit etwas einzugeben).

Aus den Ergebnissen der Befragung des ZQA lassen sich Aussagen zur Qualität der digitalen Formate ableiten. Die Ergebnisse der Evaluation zur Weiterentwicklung der Lehre liefern einen Hinweis zur Entscheidung, welches Format für die Studierenden passender ist.

Eine wesentliche Limitation von Evaluationen besteht darin, kausale Zusammenhänge herzustellen. Obwohl Evaluationen korrelative Beziehungen identifizieren können, erlauben sie keine verlässlichen Aussagen über Ursache und Wirkung. Als Beispiel: Eine Evaluation könnte zeigen, dass Studierende, die Vorlesungen bevorzugt im Videoformat verfolgen, ihren Wissenserwerb als höher einschätzen. Dies legt einen Zusammenhang zwischen dem Vorlesungsformat „Video“ und der subjektiven Wahrnehmung des Wissenserwerbs nahe, doch die eigentliche Ursache dieses Phänomens bleibt unklar. Um verlässliche Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge zu ermitteln, sind spezifische Forschungsdesigns mit Kontrollgruppen erforderlich.

Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass die Entwicklung von Lehre niemals rein auf Basis von Evaluation stattfinden kann. Die Expertise der Lehrperson ist dafür von zentraler Bedeutung. Sie speist sich zum einen aus dem fachlichen Tiefenverständnis und ihren Forschungserfahrungen, zum anderen aus ihrem didaktischen und pädagogischen Knowhow. Erkenntnisse aus (Fach)Didaktik und Pädagogik geben wichtige Anhaltspunkte zur Neuausrichtung bzw. Entwicklung von Lehre. Beispielsweise gibt die Erkenntnis, dass – nach der Selbstbestimmungstheorie nach Deci und Ryan – die Motivation davon abhängig ist, inwiefern die drei psychologischen Grundbedürfnisse nach Kompetenzerleben,

Autonomie und sozialer Eingebundenheit gedeckt sind [3]. Um folglich Studierende zu motivieren, müssen Lehr-Lern-Situationen geschaffen werden, die diese Bedürfnisse decken. Studierende haben allerdings Bedürfnisse in unterschiedlichen Ausprägungen. Dies kann fachabhängig sein und auch nach den zu vermittelnden Inhalten variieren. Um herauszufinden, inwiefern die Gestaltung der Lehr-Lern-Situationen tatsächlich den Studierenden entgegenkommt, sollte evaluiert werden.

3. Lehrveranstaltungsevaluation zur Weiterentwicklung von Lehre

Anhand von zwei Beispielen werden im Folgenden die Möglichkeiten und Grenzen der Evaluation zur Weiterentwicklung von Lehre aufgezeigt.¹

Möglichkeiten und Grenzen

Beispiel 1 – die Zwischenabfrage

Eine Zwischenabfrage in der LV kann helfen, Wissen zu wiederholen und zu festigen. Denkbare Zeiträume für Zwischenabfragen sind der Anfang, die Mitte oder das Ende der LV. Welche Variante von den Studierenden bevorzugt wird, kann durch eine einfache Abfrage im Rahmen einer Evaluation ermittelt werden, wie in der Evaluation des Moduls Mess- und Automatisierungstechnik (im Folgenden abgekürzt mit MAT). Das Ergebnis für das Wintersemester 2022 ist in der Abbildung 1 zu sehen.

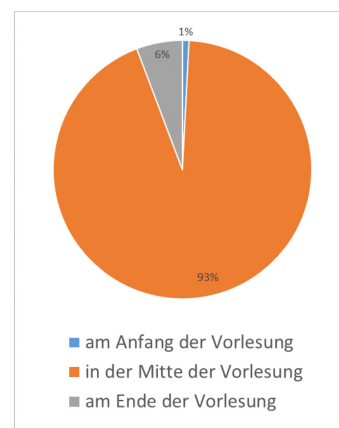


Abbildung 1: Evaluationsbeispiel Zwischenabfrage – Frage: Welche Variante bevorzugen Sie? n=122

¹ Die Befragung der Studierenden findet online innerhalb der LV statt.

93 % der befragten Studierenden gaben an, dass sie die Zwischenabfrage in der Mitte der Vorlesung bevorzugen.

Was lässt sich aus dem gewonnenen Ergebnis ableiten?

Daraus lässt sich ein Gestaltungshinweis ableiten, nämlich die Zwischenabfragen in den nächsten Lehrveranstaltungen des Moduls in der Mitte einzubauen. Nicht ableiten lässt sich, warum die Studierenden diese Variante bevorzugen. Möglicherweise deshalb, weil der Prozess des Zuhörens und Mitschreibens unterbrochen wird und sich diese „Pause“ positiv auf die Konzentration auswirkt. Dies ist nur eine Vermutung und wird durch die Evaluation nicht bestätigt oder widerlegt. Ebenfalls lässt sich an den Ergebnissen nicht ablesen, an welcher Stelle generell in LV Zwischenabfragen eingebaut werden sollten oder welche Funktion sie im Lernprozess einnehmen.

Beispiel 2 – Verstehen der Studierenden

Ziel von Lehre ist (unter anderem), dass Studierende fachliche Zusammenhänge verstehen.

Den Prozess des Verstehens zu unterstützen und Lehr-Lern-Angebote zu schaffen, in denen Erkenntnisse möglich sind, ist Aufgabe der Lehrperson. Um das Lehrangebot zu verbessern, kann es nützlich sein herauszufinden, in welcher Lehr-Lern-Situation am meisten verstanden wird. Die Studierenden wurden in der Evaluation des Moduls MAT gefragt, inwiefern sie den folgenden fünf Aussagen auf einer vierstufigen Skala von eins „stimme nicht zu“ bis vier „stimme voll zu“ zustimmen:

- (1) Den Erklärungen der Lehrperson konnte ich ohne Probleme folgen.
- (2) Durch das, was aufgeschrieben wurde, konnte ich alles verstehen.
- (3) Erst beim Durcharbeiten meiner Mitschrift konnte ich Zusammenhänge verstehen.
- (4) Erst durch die Übungsaufgaben habe ich die Zusammenhänge wirklich verstanden.
- (5) Erst durch den Besuch der Übungen habe ich die Zusammenhänge wirklich verstanden.

Die Ergebnisse der Befragung sind in der Abbildung 2 dargestellt.

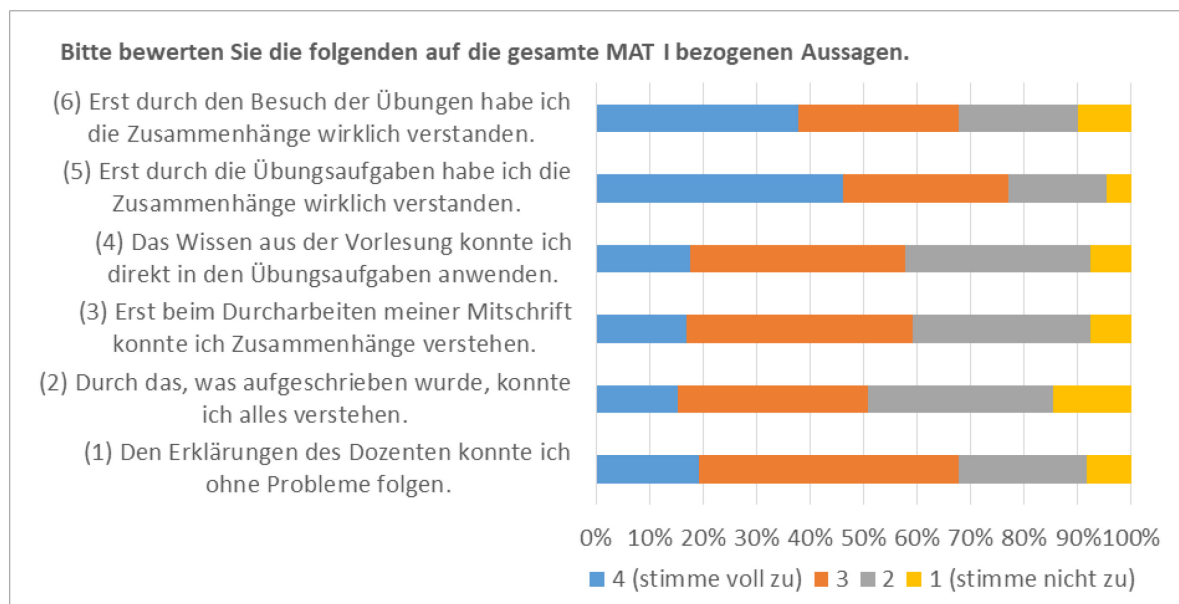


Abbildung 2: Ausschnitt aus den Ergebnissen der Evaluation des Moduls MAT im Wintersemester 2023

Die ersten drei Aussagen zu den Erklärungen der Lehrperson und zu den Mitschriften wurden von weniger als 20 % mit „stimme voll zu“ bewertet. Im Vergleich dazu stimmten doppelt so viele den Aussagen zu den Übungen und Übungsaufgaben voll zu (Aussagen (4) und (5)).

Fasst man die Ergebnisse von den Bewertungen vier (stimme voll zu) und drei zusammen, gleichen sich die Unterschiede teilweise aus. Beispielsweise erreichen die beiden Aussagen zu den Erklärungen (1) und zum Besuch der Übung (5) beide knapp 70 % Zustimmung. Die

geringste Zustimmung (16 % stimme voll zu, vier und drei in Summe: 51 %) erhielt die Aussage „Durch das, was aufgeschrieben wurde, konnte ich alles verstehen“. Die höchste Zustimmung erhielt die Aussage „Erst durch die Übungsaufgaben habe ich die Zusammenhänge wirklich verstanden“ (46 % stimme voll zu, vier und drei in Summe: 77 %).

Die Studierenden, die der Aussage „Den Erklärungen der Lehrperson konnte ich ohne Probleme folgen“ nicht oder wenig zustimmten (eins oder zwei), wurden zusätzlich explizit gefragt, warum sie den Erklärungen wenig oder nicht folgen konnten. Unter anderem wurden folgende Antworten gegeben:

- Komm nicht mit dem Schreiben hinterher,
- Weil ich nur schreiben oder der Vorlesung folgen kann,
- zu schnell,
- Für die Menge des Stoffes war zu wenig Zeit in der Vorlesung eingeplant.

Was lässt sich aus den gewonnenen Ergebnissen ableiten?

Die befragten Studierenden schätzen für das Verstehen von Zusammenhängen die Übungsaufgaben als wirkungsvoller im Vergleich zur Vorlesung ein. Das, was aufgeschrieben wurde, unterstützt den Verstehensprozess deutlich weniger als die anderen Lehr-Lern-Angebote. Es könnte folglich hilfreich sein, mehr Übungsaufgaben einzubinden und Übungsbeispiele in die LV zu integrieren, um das Aufgeschriebene zu illustrieren bzw. anzuwenden. Offenbar ist die Stoffmenge für einige Studierende zu groß, um in der LV parallel mitschreiben und mitdenken zu können. Es könnte hilfreich sein, ein Teil der zu vermittelnden Inhalte in einem Skript anzubieten, so dass nicht alle Inhalte abgeschrieben werden müssen. Es ist außerdem zu überlegen, ob die Stofffülle reduziert werden kann.

Grenzen: Kausale Zusammenhänge zwischen der Gestaltung von Lehr-Lern-Situationen und der Unterstützung studentischer Lernprozesse werden mit dieser Evaluation nicht untersucht. Erkenntnisse, die aufgrund der vertieften Nachfrage von Teil-Gruppen gewonnen wurden, sind nur für die Studierenden-Gruppe gül-

tig. Sie lassen sich nicht verallgemeinern. Kausale Ableitungen und die Verallgemeinerung von Erkenntnissen erlaubt nur die Evaluationsforschung, um die es im Kapitel 4 gehen wird.

Entwicklung eines Evaluationsbausteins

Im letzten Abschnitt wurde exemplarisch gezeigt, welche Potentiale Evaluation für die Entwicklung von Lehre bietet, und welche Grenzen bestehen. Ergebnisse von Evaluation bieten Anhaltspunkte für Entscheidungen und zeigen Stellschrauben auf, an denen Änderungen vorgenommen werden können. Dabei führen globalere Fragen zu Aussagen, die sich auf mehr als eine Lehr-Lern-Situationen beziehen. Konkretere Fragen liefern Aussagen zu einzelnen Aspekten. Um passgenaue Fragen zu stellen, die zu nutzbaren Ergebnissen führen, braucht es einen entsprechenden Entwicklungsprozess, der durch Diskussion folgender Fragen gekennzeichnet ist:

- Um welche Lehr-Lern-Situation, Methode oder um welchen Inhalt geht es? Global oder konkret?
- Was möchte die Lehrperson von den Studierenden wissen?
- Welche Evaluationsergebnisse sind denkbar?
- Was sind die Konsequenzen jedes einzelnen denkbaren Ergebnisses?
- Sind diese Konsequenzen relevant / interessant und lassen sie sich umsetzen?

Sind diese Fragen geklärt, führen folgende Schritte zu einem Evaluationsbaustein:

Schritt 1: Recherche nach entsprechenden Bausteinen in bestehenden Inventaren,

Schritt 2: Anpassung von Bausteinen bzw. Neu-Konstruktion,

Schritt 3: Prüfen, ob Fragestellungen mit dem Baustein tatsächlich beantwortet werden können,

Schritt 4: Test und ggf. Anpassung.

Im Rahmen eines Workshops der Lessons Learned Konferenz 2023 wurde mit einer Gruppe von vier Lehrenden ein Evaluationsbaustein entwickelt, der in Zukunft in ihrer Lehre direkt eingesetzt werden soll. Ziel ist es,

die Ergebnisse der Evaluation gemeinsam auszuwerten, zu interpretieren und zu diskutieren. Durch diese Art der Zusammenarbeit kann Evaluation und Lehrentwicklung konstruktiver erfolgen, da verschiedene Studierenden-Gruppen und unterschiedliche Perspektiven der Lehrenden verglichen werden können. Im Folgenden werden die im Team diskutierten Fragen und der entwickelte Evaluationsbaustein vorgestellt. **Lehrende sind eingeladen, den Baustein in die eigene Evaluation einzubauen.**

Das Team hat entschieden, dass eine Methode zur Festigung und mit hoher Aktivität der Studierenden in den Fokus genommen wird, die in einer LV bis zu zehn Minuten in Anspruch nehmen kann, wie beispielsweise eine Zwischenabfrage. Die Frage, die mit Hilfe der Evaluation beantwortet werden soll, ist: Wie wird

die Methode von den Studierenden angenommen? Unterstützt sie den Verstehensprozess?

Es handelt sich folglich um eine konkrete Fragestellung. Denkbare Ergebnisse sind: (a) die Methode wird gut angenommen, oder (b) die Methode wird nicht gut angenommen, oder (c) die Methode wird teilweise gut angenommen. Aus den einzelnen Ergebnissen wurden folgende Konsequenzen abgeleitet: für das Ergebnis (a) die Methode wird verstärkt eingesetzt, für (b) es wird nachgefragt, woran es liegt und ggf. angepasst, für (c) die Methode wird in passenden LV eingesetzt, aber nicht verstärkt. Diese Konsequenzen wurden von den Lehrenden als relevant und umsetzbar bewertet.

Die Abbildung 3 zeigt den Evaluationsbaustein im Umfragetool Limesurvey, das vom Bildungsportal Sachsen für die TU Dresden bereitgestellt wird [4].

Bewerten Sie den Einsatz der Zwischenabfragen auf einer Skala von 1 bis 4, wobei 1 bedeutet "ich stimme nicht zu" und 4 bedeutet "ich stimme voll und ganz zu".

	1 (stimme nicht zu)	2	3	4 (stimme voll und ganz zu)	Keine Antwort
Die Zwischenabfragen haben mir gefallen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Sie bringen mir nichts.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Sie waren für meinen Verstehensprozess hilfreich.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

Wie müssten die Zwischenabfragen aus Deiner Sicht gestaltet sein? Wähle eine oder mehrere Antworten aus oder formuliere eine eigene unter Sonstiges. Du kannst die Freitextfelder nutzen, um eine Antwort zu konkretisieren.

! Kommentieren wenn eine Antwort gewählt wird

So, wie sie gestaltet wurden.

Sie müssten länger bzw. kürzer sein.

Es müssten andere Fragen sein, nämlich...

Ich finde andere Methoden sinnvoller, nämlich...

Sonstiges:

Abbildung 3: Evaluationsbaustein Zwischenabfrage

Der Baustein kann Teil einer Lehrveranstaltungsevaluation im Rahmen der Qualitätskontrolle sein oder auch Teil einer umfassenderen Evaluation zur Weiterentwicklung von Lehre. Es ist denkbar, den Baustein als Kurzevaluation in Kombination mit allgemeinen Informationen wie Vertiefungsfach, Semester, ggf. auch Geschlecht und Herkunft zu nutzen, falls entsprechende Vergleiche zwischen Studierenden-Gruppen interessant und hilfreich sind.

4. Evaluationsforschung

Evaluationsforschung bedient sich sowohl quantitativen als auch qualitativen Forschungsmethoden. Dabei kann sie formative Ziele verfolgen, um laufende Prozesse zu verbessern, oder summative Ziele, um abschließende Bewertungen vorzunehmen. Doch Evaluationsforschung geht über einfaches Feedback hinaus. Sie sucht in kontrollierten Umgebungen nach den Ursachen und Mechanismen, die hinter den beobachteten Ergebnissen stehen.

Insbesondere bei der summativen Evaluation stehen zwei Hauptziele im Fokus. Einerseits kann untersucht werden, wie eine Treatmentbedingung (unabhängige Variable: z.B. das Lehrformat) eine Beobachtung / Messung (abhängige Variable: z.B. die Lernleistung) beeinflusst. Andererseits geht es bei summativen Evaluationen darum, Wirkungsanalysen durchzuführen oder Prognosen zu erstellen. Hier könnten beispielsweise Fragen aufkommen wie: "Wie stark beeinflusst eine Erhöhung der wöchentlichen Quizaufgaben um eine Aufgabe die Lernleistung?" oder "Was lässt sich über die Lernleistung vorhersagen, basierend auf der Anzahl der Quizaufgaben?"

Königsweg der Forschung

In Experimenten werden spezifische Bedingungen kontrolliert und Variablen gezielt manipuliert, um kausale Beziehungen zu erforschen. Um sicherzustellen, dass andere unerwartete Variablen nicht für beobachtete Effekte verantwortlich sind, wird häufig ein Prä-Post-Kontrollgruppendesign mit randomisierter Zuordnung der Teilnehmenden verwendet. Bei einem Prä-Post-Kontrollgruppendesign wird die abhängige Variable vor der Intervention

(Prä-Test) und nach der Intervention (Post-test) gemessen, wobei zusätzlich noch ein Abgleich mit einer Kontrollgruppe stattfindet, die keine Intervention erhält. Die Teilnehmenden werden hierbei rein zufällig der Gruppe mit bzw. ohne Intervention zugewiesen. Durch dieses Design lässt sich verhindern, dass nicht nur die unabhängige Variable 'Lehrformat', sondern auch andere Faktoren wie Vorwissen, die abhängige Variable 'Lernleistung' beeinflussen.

Der ideale Forschungsprozess beginnt mit aus der Theorie abgeleiteten Fragen und Hypothesen. Diese bestimmen dann das Forschungsdesign. Nehmen wir an, man möchte den Einfluss von zwei unabhängigen Variablen – 'Lehrformat' (mit den Stufen 'Flipped Classroom' und 'klassisch') und 'Vorwissen' (mit den Stufen 'hoch' und 'niedrig') – auf eine abhängige Variable wie 'Lernleistung' untersuchen. In diesem Fall wäre ein 2x2-Design geeignet, welches insbesondere potenzielle Wechselwirkungen zwischen den Variablen bewerten kann.

		Lehrformat	
		klassisch	Flipped Classroom
Vorwissen	niedrig	ab Var. Lernleistung*	ab Var. Lernleistung*
	hoch	ab Var. Lernleistung*	ab Var. Lernleistung*

* standardisierter Fragebogen

Abbildung 5: Klassisches 2x2-faktorielles Design

Nachdem das Forschungsdesign festgelegt wurde, geht es an die Operationalisierung und die Auswahl geeigneter, idealerweise standardisierter, Messinstrumente, etwa Fragebögen. Empfehlenswerte Quellen für standardisierte Messinstrumente sind Plattformen wie www.testarchiv.eu generell und www.physport.org speziell für physikalische Inhalte.

Anschließend wird der detaillierte Versuchsplan entworfen. Dieser legt fest, wann genau welche Schritte (z. B. Vortest) mit welchen Me-

thoden (z. B. Fragebogen) für welche Probandengruppen (etwa eine Gruppe, die das klassische Lehrformat mit niedrigem Vorwissen erfährt) und über welchen Zeitraum (z. B. 45 Minuten für einen Vortest) durchgeführt werden. Einfachere Versuchspläne, wie sie häufig bei Evaluationen eingesetzt werden, beschränken sich nur auf das Lehrmittel (Treatment) und einen anschließenden Test (Nachtest). Ein Anwendungsbeispiel wäre die Untersuchung von Leistungsunterschieden nach der Anwendung eines bestimmten Lehrformats, wie in Abbildung 6 dargestellt.



Abbildung 6: Einfacher Versuchsplan mit Nachtest

Ein Hauptproblem bei der Bewertung der Lernleistung mittels so einfacher Versuchspläne ist, dass die Lernleistung von weiteren Faktoren, wie beispielsweise dem Vorwissen, beeinflusst werden könnte. Deshalb wird man nicht aus den Ergebnissen schließen können, dass ein bestimmtes Lehrformat direkt zu einer spezifischen Lernleistung führt.

Um dieses Problem anzugehen, setzen viele Forschungsprojekte auf Vor-Nachtest-Designs, wie in Abbildung 7 dargestellt. Allerdings ermöglichen auch diese Designs nicht zwangsläufig einen klaren kausalen Zusammenhang zwischen der unabhängigen Variable oder dem Treatment (hier das Lehrformat) und den festgestellten Veränderungen zwischen den Messungen (z.B. Lernzuwachs). Es könnte immer noch eine nicht kontrollierte dritte Variable, wie kognitive Fähigkeiten, vorliegen, die den Unterschied zwischen den beiden Messzeitpunkten erklärt.



Abbildung 7: Einfacher Versuchsplan mit Vor- und Nachtest.

Um unkontrollierte Drittvariablen auszuschließen, sind Prä-Post-Designs mit Kontrollgruppen in Verbindung mit einer Randomisierung

hilfreich, wie in Abbildung 8 dargestellt. Bei diesem Design erhält die Kontrollgruppe kein Treatment, wird jedoch zu beiden Messzeitpunkten hinsichtlich der abhängigen Variable überprüft. Aber selbst dieses Design ist nicht ohne Einschränkungen, besonders wenn es darum geht, kausale Schlussfolgerungen zu ziehen. Ein möglicher Stolperstein könnte sein, dass die Vorabmessung das anschließende Treatment beeinflusst. Dies könnte zum Beispiel geschehen, wenn den Teilnehmenden durch die Vorabmessung klar wird, welche Aspekte des Treatments als besonders relevant angesehen werden.



Abbildung 8: Versuchsplan mit Vor- und Nachtest sowie Kontrollgruppe.

Ein Lösungsansatz bietet der Solomon-4-Gruppenplan [5]. Er berücksichtigt nicht nur die Hauptfaktoren, sondern kontrolliert auch mögliche Auswirkungen der Messungen selbst, wie in Abbildung 9 dargestellt.

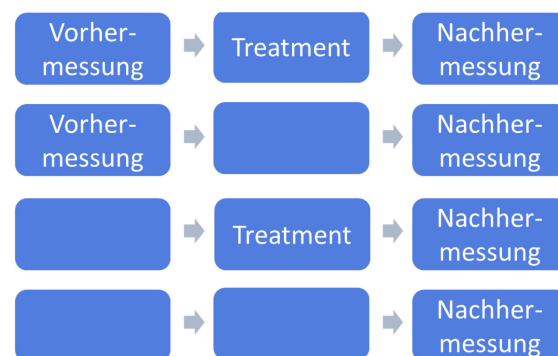


Abbildung 9: Solomon-4-Gruppenplan mit doppelter Kontrollgruppe (Treatment und Messung) [5].

Probleme bei der Umsetzung von Forschungsprojekten

Bei vielen universitären Kursen melden sich die Studierenden selbst an, basierend auf ihren Interessen, ihren Anforderungen oder ihrem Studienverlauf. Es wäre nicht praktikabel, sie zufällig einem bestimmten Kurs oder einer Lehrperson zuzuweisen.

Das Randomisieren von Studierenden könnte als unfair empfunden werden, insbesondere wenn ein Kurs oder eine Lehrmethode als überlegen oder begehrter angesehen wird. Studierende könnten sich benachteiligt fühlen, wenn sie zufällig einem weniger bevorzugten Kurs zugewiesen werden (insbesondere, wenn es sich um die Kontrollgruppe handelt).

Die Implementierung einer Randomisierung in universitären Kursen würde einen erheblichen organisatorischen Aufwand erfordern. Es müssten Systeme eingerichtet werden, um sicherzustellen, dass die Zuteilung der Studierenden korrekt und wirklich zufällig erfolgt.

Angesichts all dieser Überlegungen kann die Durchführung einer Randomisierung in universitären Kursen so aufwendig und komplex sein, dass sie den potenziellen Nutzen übersteigt, insbesondere wenn das Hauptziel der Evaluation ist, rückmeldungsorientiertes Feedback zur Verbesserung der Lehre zu sammeln und nicht unbedingt kausale Zusammenhänge herzustellen.

Ausweg aus dem Dilemma

Eine einfache Möglichkeit, die genannten Probleme zu adressieren, besteht darin, Wirkungsanalysen mittels Regressions- oder Pfadanalysen durchzuführen. Auch wenn diese Ansätze keine Kausalitäten im strengen Sinne nachweisen, ermöglichen sie es, Unterschiede in den abhängigen Variablen durch die Einflüsse von unabhängigen, Stör- und Drittvariablen zu erläutern. Deshalb ist es von Vorteil, zusätzlich zur abhängigen Variable ein detailliertes Verständnis potenzieller Stör- und Drittvariablen zu haben und diese ebenfalls zu erfassen. Bei den Probandenmerkmalen könnten beispielsweise Unterschiede in kognitiven Fähigkeiten [6], in der mentalen kognitiven Belastung [7] oder im themenspezifischen Vorwissen die Varianz der abhängigen Variable beeinflussen. Diese Faktoren könnten zusätzlich zu den durch die unabhängige Variable verursachten Unterschieden beitragen.

5. Fazit und Ausblick

Die in den letzten beiden Kapiteln geführte Diskussion zeigt, wie unterschiedlich die Funktionen bzw. Fragestellungen von Evaluation(-

sforschung) sein können. Daraus ergeben sich unterschiedliche Herangehensweisen in der Entwicklung und Ausgestaltung der Instrumente. Diese Unterschiede determinieren die Interpretation der Ergebnisse und die Konsequenzen für Lehrende. Dies zu beachten und klar zu definieren ist die Basis einer gelingenden Evaluation. Im Workshop „Wie gut ist meine Lehre (wirklich)?“ im Rahmen der Lessons Learned Konferenz 2023 wurde mit den Lehrenden über Evaluation(-sforschung), ihre unterschiedlichen Funktionen und über die Entwicklung und Gestaltung diskutiert. In einem kollaborativen Prozess entstand ein Evaluationsbaustein, der von Lehrenden genutzt werden kann (Beschreibung im Abschnitt 3). Außerdem wurden unterschiedliche Forschungsansätze hinsichtlich ihrer Praktikabilität erörtert. Das gemeinsame Fazit war, weniger Unterschiedshypothesen zu prüfen, da diese in der Regel mit komplexen und aufwändigen Designs verbunden sind. Der Schwerpunkt wurde stattdessen auf Wirkungsanalysen verlagert, um Variationen in einer abhängigen Variable besser erklären zu können.

Zur Lessons Learned Konferenz 2024 wird es dann um die gemeinsame Auswertung, Bewertung und Diskussion der Ergebnisse gehen. Unsere Vision einer gemeinsamen Evaluationsentwicklung in der Lessons Learned Community wird somit weiter vorgebracht.

Literatur

- [1] <https://tu-dresden.de/zqa/qualitaetsanalyse/lehreveranstaltungsevaluation>
- [2] Musterfragebogen Vorlesung des Zentrums für Qualitätsanalyse der TU Dresden. https://tu-dresden.de/zqa/ressourcen/dateien/qa/lve/LVE_Vorlesung_virtuell.pdf?lang=de
- [3] Deci, Edward L.; Ryan, Richard M. Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik Zeitschrift für Pädagogik 39 (1993) 2, S. 223-238
- [4] <https://bildungsportal.sachsen.de/umfragen/>
- [5] Döring, Nicola; Bortz, Jürgen. Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften (2016). Berlin, Heidelberg: Springer.
- [6] Heller, Kurt A.; Perleth, Christoph. Kognitiver Fähigkeitstest für 4. bis 12. Klassen, Revision (2000). Göttingen: Hogrefe.
- [7] Leppink, J., Paas, F., Van der Vleuten, C.P.M. et al. Development of an instrument for measuring different types of cognitive load. Behav Res 45, 1058-1072 (2013).



Upcycling in der Hochschullehre – Ein Erfahrungsbericht über die didaktische Aufbereitung von vorhandenen Lehrvideos aus den Corona-Semestern

I. Vogt^{1,2}, M. Liebscher^{1,3}

¹ *Arbeitsgruppe Fernstudium, Fakultät Bauingenieurwesen, TU Dresden*

² *Institut für Baukonstruktion, Fakultät Bauingenieurwesen, TU Dresden*

³ *Team Digitale Lehre, Bereich Bau und Umwelt, TU Dresden*

Abstract

Im Wintersemester 2020/21 zieht die Hochschullehre pandemiebedingt in den digitalen Raum um. Die während dieser Zeit entstandenen Videos liegen nach der Rückkehr in den Regelbetrieb ungenutzt „in den Schiefern“. Im Rahmen des Projektes „BauingeniOER digital“ wurden nun ausgewählte Materialien dreier beteiligter Lehrstühle der Fakultät Bauingenieurwesen exemplarisch didaktisch aufbereitet, mit interaktiven Elementen ergänzt und zu einem attraktiven Element der Prüfungsvorbereitung aufgewertet. Die entstehenden Materialien wurden anschließend als OER veröffentlicht.

In the winter semester 2020/21, university teaching moved to the digital space due to the pandemic. The videos created during this time will remain unused after the return to regular operations. As part of the "BauingeniOER digital" project, selected materials from three participating chairs of the Faculty of Civil Engineering have now been didactically prepared, supplemented with interactive elements and upgraded to an attractive element of exam preparation. The resulting materials were then published as OER.

*Corresponding author: iris.vogt@tu-dresden.de

1. Ausgangslage

In der durch das Institut für Baukonstruktion der Fakultät Bauingenieurwesen durchgeführten Lehrveranstaltung „Bestehende Gebäude“, ein Pflichtmodul des grundständigen Diplomstudiengangs und des Bachelorstudiums Bauingenieurwesen, nehmen etwa 160 Studierende (davon etwa 30 Fernstudierende) teil. Weiterhin nehmen einige Lehramtsstudierende für berufsbildende Schulen, sowie Studierenden des Studiengangs Wirtschaftsingenieurwesen teil. Den Abschluss bildet eine schriftliche Prüfung, vorwiegend mit Fallbeispielen, die es zu erklären beziehungsweise zu diskutieren gilt.

Die Lösungen der Klausuraufgaben der Studierenden waren aus Lehrendensicht nicht ganz zufriedenstellend, oft zu ausschweifend und schwammig formuliert, zu wenig Fachbegriffe verwendet oder falsch argumentiert. Zudem hatten insbesondere die Fernstudierenden Schwierigkeiten mit dem erst im WiSe 2020/21 eingeführten Format (Fallbeispiele) umzugehen. Grund dafür ist, dass der überwiegende Teil der Fernstudierenden berufstätig ist. Sie konnten daher nicht an den Übungen im Livestream teilnehmen, beziehungsweise die Aufzeichnungen der Vor-Ort-Diskussionen waren im Nachgang auch akustisch schwer zu verfolgen. Für Fernstudierende ist sowieso das Spannungsfeld zwischen Beruf, Familie und (Fern-)Studium mit den jeweils unterschiedlichen Erwartungen ein ständiger Balanceakt, der die Studienzeiten und -erfolge stark beeinträchtigen kann [1].

Wegen der Aussetzung der Präsenzlehre im WiSe 2020/21 durch Corona mussten kurzfristig neue digitale Formate der Lehre erprobt werden. Dafür wurde von den Dozierenden der Lehrveranstaltung „Bestehende Gebäude“ der komplette Vorlesungsstoff in Videoform aufgenommen; einerseits in Form vertonter PPT-Folien und andererseits die mit OBS aufgezeichnete und vertonte Erstellung von Skizzen mit dem Visualizer. Die einzelnen Videos hatten jeweils eine Länge zwischen 20 und 40

Minuten, um sie in kleineren „Häppchen“ anschauen zu können. Kürzere Lehrvideos werden für den Erhalt der Motivation der Studierenden empfohlen; idealerweise mit einem Wechsel zwischen Wissensdarstellung und interaktiven Elementen [2]. Inhalte der Videos wurden in der darauffolgenden Klausur anhand von praxisnahen Aufgaben abgefragt beziehungsweise es musste aufbauend auf die in den Videos behandelte Theorie argumentiert werden.

2. Lösungsansatz

Nach der Erstellung der digitalen Lehrmaterialien unter großem Zeitdruck waren nach der Rückkehr in den Präsenzbetrieb zahlreiche Videos vorhanden. Der Wunsch der Lehrenden war, diese den Studierenden auch weiterhin zur Verfügung zu stellen und gleichzeitig den eigenen Qualitätsansprüchen an gute Lehre gerecht zu werden. Insbesondere bei den Studierenden war der Wunsch nach interaktivem bzw. aktivierendem Lehrmaterial präsent, welches zeit- und ortsunabhängig genutzt werden kann. Neben dem eindeutigen Vorteil für Fernstudierende wünschen sich auch die Direktstudierenden überwiegend, dass digitale Elemente in der Lehre erhalten bleiben [3].

Die Idee für die Lehrveranstaltung „Bestehende Gebäude“ war, die vorhandenen Videos aufzuwerten, indem interaktive Elemente mit Lumi¹ erstellt und in die vorhandenen Videos eingefügt werden sollten. Durch die entstehenden Videos sollen die Studierenden einerseits zu einer exakt formulierten Lösung der Klausuraufgabe hingeführt und andererseits auch zu einem aktiven Lernen angeregt werden. Die Videos sollen den Studierenden langfristig als Prüfungsvorbereitung dienen und somit dafür zielgerichtet didaktisch aufbereitet werden – Upcycling in der Hochschullehre.

Das Projekt „BauingeniOER digital“ – gefördert vom Fonds für Digitales Lernen und Lehren (DLL) in der Förderperiode 2021/2022 – stellte den Rahmen für die Umsetzung des Vorhabens.

¹ Lumi ist eine kostenlose Software zur Erstellung interaktiver Inhalte basierend auf H5P; <https://app.lumi.education/>

Die Projektleitung lag bei der Arbeitsgruppe Fernstudium der Fakultät Bauingenieurwesen.



Abb. 1: Logo des Projekts

Beteiligt waren unter anderem das Institut für Baukonstruktion sowie zwei weitere Lehrstühle der Fakultät Bauingenieurwesen. Nach einer anfänglichen Sichtung der vorhandenen Materialien mit der Projektkoordination wurden Videos ausgewählt, die für eine Bearbeitung im Rahmen des Projektes besonders geeignet sind. Jeder Lehrstuhl sollte ein bis zwei Videos beziehungsweise Skriptabschnitte finden, die im Projektzeitraum bearbeitet werden sollten. Im Projekt stand ein sogenannter E-Scout über das ZiLL allen Projektbeteiligten für 5h/Woche unterstützend zur Verfügung, insbesondere für die technische Umsetzung.

Hauptziel des Projektes war es, bestehende Materialien aus den „Corona-Semestern“ didaktisch aufzubereiten, um interaktive Elemente zu ergänzen und zu bearbeiten und am Ende die hochwertigen Lehrmaterialien als OER zu veröffentlichen. Somit stehen die Materialien auch über die Krisenzeit hinaus weiter zur Verfügung und werden für ein größeres Publikum geöffnet.

Im Rahmen des Projekts erfolgte mit Unterstützung der Arbeitsgruppe Fernstudium in Form praxisnaher Peer-Workshops die Sichtung und Auswahl vorhandener Materialien, sowie deren didaktische, technische und medienrechtliche Überarbeitung und abschließend die Veröffentlichung als OER.

Der Mehrwert dieses Projekts lässt sich auf verschiedenen Nutzerebenen betrachten. Einerseits sind die **Fernstudierenden** zu erwähnen. Fernab von den zusätzlichen privaten und beruflichen Belastungen profitierten die Fernstudierenden von dem pandemiebedingten „Umzug“ der kompletten Lehre in den virtuellen Raum und damit die Möglichkeit eines noch individuelleren und materialreicheren Studiums. Das „Fernstudium“ wurde zum neuen Normalzustand und viele Lehrende und

Verantwortliche erhielten zum ersten Mal einen Eindruck davon, mit welchen Herausforderungen die Fernstudierenden seit jeher zu kämpfen haben [1]. Dieses weitreichende Angebot, wie auch die neu entstandene Sensibilität, galt es nun nicht nur aufrecht zu erhalten, sondern auch zu erweitern.

Für die **Fakultät** Bauingenieurwesen wird die internationale Sichtbarkeit innerhalb wissenschaftlicher Fachcommunities immer mehr auch durch die Reputation der Lehre bestimmt. Studierendenwerbung läuft mehr und mehr über Beispiele guter Lehre. OER-Angebote sind in diesem Sinne auch Instrumente der Öffentlichkeitsarbeit, die perspektivisch stärker eingesetzt werden sollten. Die Leistung der Lehrenden wird damit sichtbarer. Die Verschlagwortung sowie Einbindung in den SLUB Katalog ermöglicht eine breite Nachnutzung, beispielsweise durch Mitglieder anderer Hochschulen, Schulen, freie Bildungsträger, Bürger etc. Dies fördert wiederum im Rahmen des lebenslangen Lernens [4] die Fähigkeit, sich den Herausforderungen und dem Wandel des modernen Arbeitsmarktes zu stellen.

Seitens der **Institute** beziehungsweise der Lehrenden bestand der Wunsch, die Erkenntnisse und Errungenschaften der Pandemie mit in die Post-Corona-Zeit „hinüber“ zu nehmen. Viel Zeit und Nerven wurden in die Materialien gesteckt – zu schade, um in der Schublade zu verschwinden. Um Reflexionsprozesse (Was soll behalten werden? Was hat sich nicht bewährt?) teamintern oder -übergreifend zu initiieren, fehlten sowohl Ressourcen als auch der notwendige Überblick. Durch eine fachübergreifende Koordination und die tatkräftige und didaktisch fundierte Unterstützung im Projekt „BauingeniOER digital“ waren die Hürden schnell abgebaut. Über die praxisnahen Peer-Workshops wurde nicht nur dem durch die Pandemiesituation sehr deutlich gewordenen Bedarf nach kollegialem Austausch nachgekommen, sondern gleichzeitig eine niedrigschwellige Weiterbildungsmöglichkeit für Lehrende bezüglich mediendidaktischer, -technischer und -rechtlicher Fragen geboten.

Für **Studierende** eröffnet OER allgemein ein flexibleres und individualisiertes Studium über die Grenzen einzelner Bildungseinrichtungen

hinaus. Der Mehrwert ergibt sich dabei nicht nur über die niedrigschwellige Bereitstellung, sondern über die Verfügbarmachung besonders hochwertiger Materialien – fachlich wie didaktisch. Auch die Entwicklung digitaler Kompetenzen ist ein nicht zu vernachlässigender Mehrwert durch hochwertige interaktive Lehrmaterialien, um die Studierenden auf den Einstieg ins Berufsleben vorzubereiten [5].

3. Das Upcycling

Arbeitsschritte:

Bevor interaktive Elemente mit Lumi eingefügt werden konnten, mussten zuerst die Videos zurechtgeschnitten und die Übergänge zu den ursprünglich folgenden Folien gelöscht werden, so dass sich eine in sich abgeschlossene Sequenz ergibt. Das Intro und das Vorwort mussten entworfen, mit Inhalt und Layout abgestimmt und eingefügt werden. Die Aufgabenstellung des fiktiven Fallbeispiels wurde zwischen Vorwort und dem eigentlichen Video mit den Skizzen eingefügt. Als Abschluss beendet das Outro mit Angabe der Lizenz CC-BY-SA, sowie eine Erläuterung der Lizenz das Video. Dafür mussten die Lizenzbedingungen aller verwendeten Materialien wie zum Beispiel Fotos, die vom ehemaligen Lehrstuhlinhaber aufgenommen wurden, geklärt werden.

Nachdem das Video fertiggestellt war, wurden mit dem Programm Lumi interaktive Elemente eingefügt, das hierfür zahlreiche Möglichkeiten bietet. Für diese Videos wurden zum Beispiel Single-Choice-Fragen, Auswahlfragen oder Lückentexte verwendet. Zusätzlich erläuternde Informationen in Form von Animationen oder Fotos (eigene beziehungsweise von externen Internetseiten) von ausgeführten Konstruktionen können über einen Button aufgerufen werden. Die Abbildungen 2 bis 4 zeigen Ausschnitte des interaktiven Videos mit den eingefügten interaktiven Elementen.

Die Bearbeitungszeit des ersten Videos war länger als geplant, da erst Grundlagen recherchiert, die Vorgehensweise diskutiert und die Möglichkeiten von Lumi (automatisches Weiterspielen, Erlauben von Wiederholungen und Rückspringen, ...) unter didaktischen Aspekten betrachtet werden mussten.

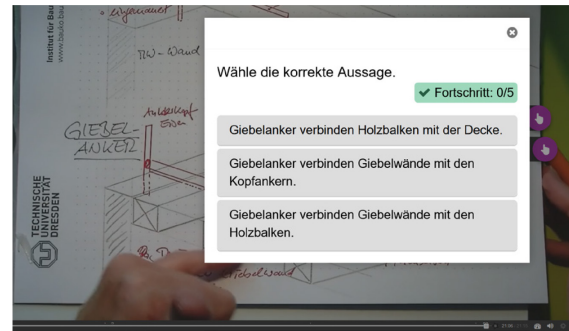


Abb. 2: Ausschnitt aus dem Video mit Single-Choice-Fragen.

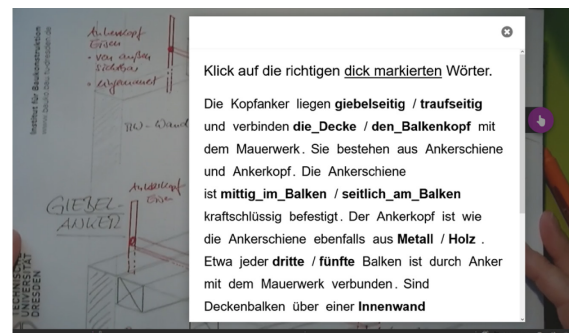


Abb. 3: Ausschnitt aus dem Video mit zu markierenden Wörtern.

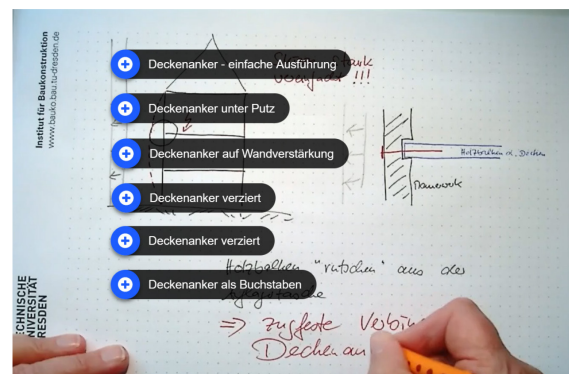


Abb. 4: Ausschnitt aus dem Video mit Buttons, bei denen Fotos hinterlegt sind.

Nachdem die Vorgehensweise und die Möglichkeiten bekannt waren, konnte das zweite Video sehr schnell fertiggestellt werden; die Bearbeitungszeit lag nun im Vergleich zum ersten Video bei ca. 30%. Weitere Videos würden vermutlich mit einer noch schnelleren Bearbeitungszeit auskommen. Schon während des Erstellungsprozesses wurden didaktische Verbesserungspotentiale erkannt, die im zweiten Video direkt umgesetzt werden konnten: Am Anfang steht ein Quiz als Wissensabfrage, bevor die Theorie mittels der bestehenden Videos erklärt wird. Zur intensiven Erklärung und Visualisierung von Materialien oder Bauteilen,

wie Stakhölzer mit Lehmwickel, Schilfrohrmatten, Sparschalung sind Fotos beziehungsweise Links zu erklärenden Internetseiten hinterlegt. Abschließend endet die Theorie mit einer Zusammenfassung in Form eines Quizzes. Hierbei kann der Studierende im Vergleich zum Anfangsquiz direkt seinen Lernfortschritt erkennen.

Zusammenfassung:

Die aus den Corona-Semestern vorhandenen Videos wurden gezielt mit interaktiven Elementen angereichert, um die Studierenden zu aktiven Handlungen anzuregen. Im Gegensatz zu der „klassischen“ Vorlesung, in der die Wissensvermittlung passiv stattfindet, wird nun eine Reaktion des Teilnehmenden bewusst eingefordert. Dadurch wird die Aufmerksamkeit erhöht und das Gelernte bleibt länger in Erinnerung [6]. Im Idealfall ist dieses gelernte Wissen noch jahrelang in Erinnerung.

Ebenfalls wichtig ist, dass sich der Lernprozess über einen längeren Zeitraum erstreckt, da die interaktiven Videos schon im Laufe des Semesters zugänglich sind. Durch die integrierten Fragen und Quizze bekommen die Teilnehmenden einen Zwischenstand ihres Wissens vermittelt und können gezielt schon während der Vorlesungszeit an ihren Wissenslücken arbeiten. Sie können aufgrund der umfangreichen Vorbereitung stressfreier in die Prüfungsphase starten.

Durch diese neugeschaffenen Möglichkeiten wird eine unterstützende Lernumgebung erzeugt. Die Studierenden können den Stoff individuell erarbeiten und wiederholen, in ihrem eigenen Tempo, zu flexiblen Zeiten und in einer gewohnten Umgebung. Dennoch werden sie geleitet und die Thematik ist auf das Wichtige fokussiert. Durch das integrierte Feedback bekommen sie fortwährend eine Beurteilung ihres Wissensstandes. Diese ist jedoch nur ihnen selbst sichtbar und sie können somit eigenständig ihren Lernprozess steuern. Die beiden überarbeiteten Videos stellen eine gute Grundlage dar, auf deren Basis auch zukünftig weitere bestehende Videos mit interaktiven Elementen angereichert werden sollen.

Die interaktiven Videos stehen unter der Lizenz CC-BY-SA. Sie können über das SLUB OER-Display erreicht werden: <https://www.slub-dresden.de/veroeffentlichen/open-educational-resources/oer-display>



Abb. 5: Outro mit Lizenzierung

4. Rückmeldung der Studierenden

Diese beiden interaktiven Videos stehen sowohl den Direkt- als auch den Fernstudierenden als zusätzliches Material zur Prüfungsvorbereitung zur Verfügung. Im Nachgang des Projektes wurden die Studierenden nach ihrer Einschätzung des Mehrwertes der Videos gefragt. Es zeigte sich, dass besonders für die Fernstudierenden, die sich die Vorlesungsinhalte im Selbststudium aneignen müssen, jedes zusätzliche Lernmaterial förderlich ist. Interaktive Videos bieten eine ansprechende Abwechslung zu den traditionellen Lernmaterialien wie Skripten oder Vorlesungsaufzeichnungen, die meist eine Dauer von 60 bis 90 Minuten besitzen. Hilfestellungen, wie diese interaktiven Videos, die gezielt auf mögliche Prüfungsfragen hinleiten, werden gerne angenommen.

Vielen Dank für die Vorlesungsaufzeichnungen, und andere tolle interaktive Videos die Sie und Ihre Team für uns vorbereitet haben. Für Fernstudenten ist es wirklich eine große Hilfe.

Abb. 6: Rückmeldung eines Fernstudierenden aus dem SoSe 2023

5. Lessons Learned

Insbesondere die Vorarbeiten des Upcyclings waren sehr langwierig – mehrfache Abstimmungen mit den Projektpartnern waren erforderlich und die Klärung des methodischen Vorgehens nach didaktischen Belangen. Sobald die einzelnen „Bauteile“ (Intro, Outro, Videos) vorliegen, kann die Integration der interaktiven Elemente mittels Lumi recht schnell umgesetzt werden. Das Tool selbst ist nutzerfreundlich gestaltet und nach einer kurzen Einarbeitung einfach in der Handhabung. Somit kann das von den „Corona-Semestern“ vorhandene Videomaterial gut als zusätzliches Lernmaterial aufgearbeitet und nachhaltig genutzt werden. Interaktive Videos bieten einen deutlichen Mehrwert, sowohl für Direkt- als auch Fernstudierende. Durch die geforderte Interaktion und das aktive Mitarbeiten wird die Aufmerksamkeit erhöht und das Erlernete bleibt längerfristig in Erinnerung. Durch die sofortige Rückmeldung innerhalb der Videos können die Studierenden eine Einschätzung ihres Wissensstands erhalten – und zwar vor der eigentlichen Klausur. Sie haben somit die Möglichkeit, gezielt und frühzeitig an ihren Wissensdefiziten zu arbeiten und selbstsicher in die Klausur zu starten.

Bei der Erstellung und Umsetzung des Konzepts konnte auf wertvolle Expertise aus interdisziplinären Teams (ZiLL, SLUB, TDL BU) zurückgegriffen werden. Diese Möglichkeiten stehen an der TU Dresden zur Verfügung und können bei Fragen außerhalb des eigenen Fachbereichs zu Rate gezogen werden.

Der Bearbeitungsaufwand der Videos war sehr unterschiedlich. Nach der Schaffung von Grundlagen zum Thema Videobearbeitung, rechtlicher Rahmenbedingungen rund um OER und der Einarbeitung in das Tool Lumi, war die Lernkurve enorm. So dauerte die Bearbeitung des zweiten Videos ca. 70% weniger Zeit als das erste. Es wird angenommen, dass sich der durchschnittliche Bearbeitungsaufwand bei einer kompletten Vorlesungsreihe von Video zu Video reduziert, bis sich eine gewisse Routine einstellt.

Im Rahmen des Projektes stand ein E-Scout des ZiLL allen Projektpartnern für insgesamt 5h/Woche unterstützend zur Seite. Dies war

sehr hilfreich, da sich die Lehrenden auf die fachlichen Zuarbeiten konzentrieren konnten. Die Lehrenden selbst arbeiteten jeweils semesterbegleitend mit variablem Stundenumfang am Projekt mit.

Danksagung

Wir bedanken uns bei dem Zentrum für interdisziplinäres Lernen und Lehren (ZiLL) für die Förderung im Rahmen des Fonds für Digitales Lernen und Lehren in der Förderperiode 2021/2022 (Projektlaufzeit 01.10.2021-30.09.2022). Das ZiLL unterstützte das Projekt durch einen E-Scout, der für alle projektbeteiligten große Teile der technischen Umsetzung übernahm.

In Zusammenarbeit mit der SLUB wurden individuelle Schulungen mit allen Beteiligten zu den Grundlagen und Rahmenbedingungen der OER-Erstellung und Veröffentlichung durchgeführt. Durch das Team Digitales Lehren des Bereichs Bau und Umwelt (TDL BU) wurde unter anderem die Einarbeitung in das kostenfreie Programm Lumi unterstützt.

Literatur

- [1] Husemann, B., & Müller, R. (2018). Vereinbarkeit von Studium, Beruf und Familie: Implikationen für die Gestaltung von Studienstrukturen. In I. Buß, M. Erbsland, P. Rahn, & P. Pohlenz (Hrsg.), *Öffnung von Hochschulen* (S. 255–275). Springer.
- [2] Zander S., & Heidig S. (2020) Motivationsdesign bei der Konzeption multimedialer Lernumgebungen. In H. M. Niegemann & A. Weinberger (Hrsg.), *Handbuch Bildungstechnologie* (S. 393-416). Berlin: Springer.
- [3] StuRa TU Dresden (2022). Positionspapier zur hybriden Lehre; https://www.stura.tu-dresden.de/webfm_send/3551 Stand 26.09.2023
- [4] Egger, R. (2012). Einleitung: Bildung oder Performance?. In: *Lebenslanges Lernen in der Universität. Lernweltforschung*, vol 8. Springer VS, Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-531-18940-6_1
- [5] Krohn, M.; Jantos, A. 2022: Digital Mindset as the Most Important Prerequisite for Learning and Teaching in the Future; <https://doi.org/10.25369/ll.v2i2.66>
- [6] Lehner, F. Interaktive Videos als neues Medium für das eLearning. *HMD* **48**, 51–62 (2011). <https://doi.org/10.1007/BF03340549>



Kreativität als Treiber beim Erlernen computergestützter Arbeitsmethoden in den Ingenieurwissenschaften

A. Naake*

Professur für Entwicklung und Montage von textilen Produkten, Institut für Textilmaschinen und textile Hochleistungswerkstofftechnik, Fakultät Maschinenwesen, Technische Universität Dresden

Abstract

Die geringe Effektivität bloßen Frontalunterrichts bei der Vermittlung von Software für computergestütztes Arbeiten ist eine Herausforderung für Lernende und Lehrende. In diesem Artikel wird vorgestellt, wie durch den bewusst geforderten kreativen Umgang mit der verwendeten Software aktive Beteiligung am Seminar und Selbststudium mit geringem Zusatzaufwand verbessert werden konnten.

The low effectiveness of mere frontal teaching when teaching software for computer-aided work is a challenge for learners and teachers. This article presents how active participation in the seminar and self-study could be improved with little additional effort through the consciously required creative use of the software used.

*Corresponding author: anselm.naake@tu-dresden.de

1. Computerprogramme in der Lehre

Der souveräne Einsatz verschiedenster Computerprogramme gehört fest zum Profil der meisten akademischen Berufe. Insbesondere Absolvent*innen der Ingenieurwissenschaften sollen nicht nur im Umgang mit Standardprogrammen geschult sein, sondern ebenfalls komplexere Spezialsoftware wie z.B. CAD-Programme sicher beherrschen, da ein großer Teil des praktischen Einsatzes der im Studium erworbenen Fähigkeiten mittlerweile softwaregestützt oder -basiert erfolgt. Damit tatsächlich ein berufsqualifizierender Abschluss zustande kommen kann, ist die Auseinandersetzung mit branchenüblicher Spezialsoftware bereits Teil des Studiums. Vielen Studierenden fällt diese Auseinandersetzung jedoch schwer.

Die „Digital Natives“ beherrschen zwar sicher den Umgang mit Programmen und Diensten, welche sie zu nutzen gewohnt sind. Der alltägliche Umgang mit digitalen Technologien kann jedoch nicht mit digitaler Kompetenz gleichgesetzt werden. [1] Die *ICDL Foundation* argumentierte in ihrem Bericht „Der Trugschluss des ‚Digital Native‘“, dass die Nutzung digitaler Medien durch die Digital Natives vor allem Lifestyle-bezogen erfolgt und die so erworbenen Kompetenzen keine nennenswerte Befähigung für den Arbeitsmarkt darstellt. [2]

2. Motivation beim Erlernen computergestützter Arbeitsmethoden

„Motivation“ umfasst das Setzen von Zielen und das folgende, zielgerichtete Handeln. Sie wird herangezogen um zu erklären, warum Handlungen begonnen, fortgesetzt, beendet oder auch unterlassen werden. [3, 4] Motivation bzw. Demotivation haben vielschichtige Ursachen. Eine mögliche Systematisierung dieser Ursachen ist die Unterteilung der Motivation extrinsische und intrinsische Motivation. Unter „extrinsischer Motivation“ werden die zur Motivation zu- bzw. abträglichen Faktoren subsummiert, die außerhalb des Individuums liegen. „Intrinsische Motivation“ umfasst im Gegensatz alle der Motivation zu- bzw. abträglichen Faktoren, die vom Individuum selbst ausgehen. [3–5]

Eine positive Motivation ist eine kritische Voraussetzung für einen erfolgreichen Lernprozess. [6, S. 109f.]

Beim Erlernen neuer Software fokussieren sich die Lernenden mehr auf die erreichten Ergebnisse und weniger auf den erreichten Lernfortschritt. Die Software ist ein Werkzeug und die Lernenden sind begierig es auszuprobieren und einzusetzen. Erfolgreich selbstständig Aktionen in der Software vorgenommen zu haben setzt die intrinsische Motivation herauf. Längere Erklärungen oder Demonstrationen über mehrere Aspekte der Software hinweg und ohne praktischen Einsatz der Software rufen hingegen Ungeduld hervor, da kein sichtbarer Lernerfolg besteht. Dies setzt die intrinsische Motivation herab. [7]

Dementsprechend ist ein selbstständiger, praktischer Einsatz des Programms während des Erlernens des Programms aus Sicht der Lernenden wünschenswert.

Der selbstständige praktische Einsatz der Software sollte so angeleitet werden, dass Lernerfolge *sichtbar* werden und gesetzte Ziele verhältnismäßig einfach erreicht werden können. Misserfolge können schnell dazu führen, dass sich die Lernenden überfordert und inkompetent fühlen. Empfundene Inkompetenz setzt die intrinsische Motivation beim Lernen herab, was sich wiederum unmittelbar negativ auf den Lernerfolg auswirkt [7–9].

3. Möglichkeiten zur Verbesserung der Motivation

Durch Zwischentests oder Zusatzleistungen kann durch die Lehrenden extrinsische Motivation geschaffen werden. [5] Positive Rückkopplung und Unterstützung, sowie das Setzen von Lernzielen und Sichtbarmachen von Erfolgen können die intrinsische Motivation fördern. [5, 6, S. 133]

Bei der Vorbereitung und Durchführung von Lehrveranstaltungen sind die Lehrenden jedoch zeitlichen, finanziellen und personellen Grenzen unterworfen, welche es erschweren, Zusatzaufwand zur Motivation der Lernenden aufzubringen.

Dies wirft die Frage auf, welche Möglichkeiten Lehrende haben, mit geringem Zusatzaufwand die extrinsische oder intrinsische Motivation der Studierenden zu steigern. Nachfolgend wird beschrieben, wie die besonderen Charakteristika computergestützter Arbeitsmethoden in einem Blockseminar ausgenutzt bzw. adressiert wurden, um durch Kreativität und Autonomie die Motivation der Studierenden beim Erlernen derselben zu steigern.

4. Lehrveranstaltung

WE-TEAM ist ein zweijähriges Erasmus Mundus Joint Master Degree-Programm zur Ausbildung der nächsten Generation von Textilingenieur*innen. Der Studiengang richtet sich an Personen mit Bachelorgrad in einem ingenieur- oder naturwissenschaftlichen Studiengang und ist stark international ausgerichtet. Dies äußert sich zum einen in einer heterogenen Verteilung der Staatsangehörigkeiten (Jahrgang 2023/2024: 20 Studierende aus insgesamt 15 verschiedenen Nationen) und zum anderen darin, dass die Studierenden jedes Semester an einer anderen Universität in einem anderen Land studieren. Die beteiligten Universitäten liegen in der EU und in Japan.

Zu diesem Programm trägt der Lehrstuhl für Entwicklung und Montage von textilen Produkten unter anderem ein viertägiges Blockseminar über Modellierung und Simulation von textilen Produkten bei. Dies ist eines der Standardthemen des Lehrstuhls, welches ob seines Umfangs üblicherweise in verschiedenen, Lehrveranstaltungen behandelt wird, die ein ganzes Semester andauern.

Ziel des Blockseminars ist die Vermittlung theoretischer Kenntnisse und praktischer Fähigkeiten auf den Gebieten der Modellierung und Simulation von textilen Produkten, welche die Studierenden eigenständig weiterentwickeln und anwenden können. Vorkenntnisse auf diesen Gebieten werden zu Beginn des Seminars abgefragt. In der Regel bestehen diese in begrenztem Umfang bei einem bis zwei Teilnehmenden. Das Blockseminar findet im ersten Semester des Masterstudienganges statt und wird an der Universität Gent gehalten.

5. Bisherige Vorgehensweise

Sie Gestaltung des Seminars erfolgte in den ersten drei Jahren als klassischer Frontalunterricht. Die Dozierenden demonstrierten verschiedene Programme für die Simulation von Textilien und vermittelten grundlegendes Hintergrundwissen im Vorlesungsformat.

Da die Studierenden sich nicht in Dresden aufhalten, können sie den PC-Pool der Professur nicht nutzen. Stattdessen müssen sie ihre eigenen Laptops nutzen. Da der Zugriff auf einen Windows-Laptop eine der Aufnahmebedingungen für den Studiengang ist, kann bei der Vorbereitung des Seminars davon ausgegangen werden, dass alle Studierenden am Seminar mit einem eigenen Laptop teilnehmen können. Dennoch ergeben sich zwei wesentliche Beschränkungen: Die Softwareprogramme dürfen keine zu hohen Ansprüche an die PC-Ressourcen stellen und keine Lizenzen erfordern, die aufgrund geringer Verfügbarkeit am Lehrstuhl nicht bereitgestellt werden können. Daher werden vorzugsweise Softwareprogramme während des Seminars behandelt, welche die Studierende lizenzfrei nutzen können und die auch auf weniger gut ausgestatteten PCs noch läuft (z.B. Texgen [10], Blender [11], Python [12]). Es werden jedoch auch lizenzbasierte Programme (z.B. TexMind Braider [13], VStitcher [14]) eingesetzt, für die eine Lizenz von Seiten des Lehrstuhls bereitgestellt werden kann.

Die erlernten Fähigkeiten wurden in Form eines Take-Home-Exam geprüft, bei welchem die Studierenden definierte Aufgaben mit der erlernten Software erledigen und die Lösungen einreichen mussten. Für die Erledigung der Aufgaben hatten die Studierenden mehrere Wochen Zeit. Eine Zusammenarbeit bei der Erbringung der Leistungen unter den Studierenden kann in diesem Format nicht ausgeschlossen werden und ist, im Sinne gegenseitiger Hilfeleistung, auch nicht unerwünscht. Die Studierenden erhalten jedoch individualisierte Aufgabenstellungen; beispielsweise unterschiedliche Gewebebindungen die sie modellieren sollen oder unterschiedliche Körper, die in einer Simulation enthalten sein sollen.

Die längere Bearbeitungszeit der Aufgaben soll den Studierenden ermöglichen, ihre Fertigkeiten selbstständig weiterzuentwickeln. Gleichzeitig soll in der Aufgabenstellung nicht wesentlich mehr abgefordert werden, als in der Veranstaltung vermittelt wurde.

Die dabei entstandenen Artefakte orientierten sich eng am Minimum der Aufgabenstellung, ähnelten einander stark und die verwendeten Funktionen beschränkten sich fast ausschließlich auf solche, die während der Veranstaltung explizit demonstriert worden waren. Das Ziel, grundsätzliche Fertigkeiten auf den Gebieten der Modellierung und Simulation von Textilien zu vermitteln, wurde damit zwar erreicht. Ob die Studierenden ihre Fähigkeiten jedoch auch selbstständig weiterentwickelt hatten bzw. es könnten und ob sie erworbenes Wissen souverän einsetzen oder Demonstrationen aus der Lehrveranstaltung replizierten, war aus den Ergebnissen nicht ersichtlich. Insgesamt schienen sie zu selbstständigem Lernen durch die Veranstaltung nicht motiviert worden zu sein.

6. Modifizierte Vorgehensweise

Mit den Zielen, die Studierenden zu mehr eigenständiger Auseinandersetzung mit dem Stoff zu motivieren und ihren Lernprozess und ihre Lernerfolge transparenter zu machen, wurde das Seminar in der vierten Ausgabe modifiziert.

(1) Um während der ersten Auseinandersetzung mit den Programmen mehr Erfolgserlebnisse zu erreichen, wurde der Fokus zu Beginn mehr auf Abläufe und Funktionen gelegt, die **schnell sichtbare Ergebnisse** liefern. Anstelle z.B. ausführlich die Funktionen des *TexMind Braiding Machine Configurator* und die zugrunde liegende Theorie zu Geflechtes zu erklären, wurde zunächst lediglich eine einfache Flechtmaschine modelliert und ein 3D-Geflecht erzeugt. Diese Arbeitsschritte lassen sich in der Software mit wenigen Klicks umsetzen.

(2) Um die Studierenden zu einem souveränen Einsatz der Software anzuregen, wurden die Studierenden nach Vermittlung der Grundkonzepte in einer Freiarbeitsphase aufgefordert, die weiteren Funktionen der Programme

selbst zu ergründen und vordergründig **kreativ** zu arbeiten und dabei z.B. auch persönlich gefärbte oder komische Szenen zu erschaffen. Die mögliche Selbstverwirklichung bzw. Selbstwirksamkeit soll die intrinsische Motivation erhöhen. Abbildung 1 zeigt ein Beispiel aus einer ähnlichen Aufgabe mit dem *TexMind Braiding Machine Configurator*: Die Studentin hat eine Flechtmaschine gebaut, die ein herzförmiges Geflecht erzeugt und dieses rosarot gefärbt. Um zu diesem Ergebnis zu gelangen, musste sie den Funktionsumfang des Programms be-



Abbildung 1: 3D-Modell eines herzförmigen 3D-Geflechts

deutend weiter ausschöpfen, als es durch den Dozenten demonstriert worden war.

Durch den Dozenten und die anwesenden Kommilitonen konnte während dieser freien Phase schnell Hilfestellung geleistet werden, um die Motivation der Studierenden aufrecht zu erhalten.

(3) Um einen Anreiz zu setzen, kreative Ideen auch in die Tat umzusetzen, konnten die erreichten Ergebnisse **freiwillig geteilt** werden und wurden nach Abschluss der Lektion gemeinsam besprochen. Dies geschah in der Absicht, die Anerkennung der Seminargruppe als extrinsische Motivation zu nutzen.

(4) Das Take Home Exam wurde um ein auf Vollständigkeit, Ausdruck, Form und Gestaltung hin bewertetes Lerntagebuch ergänzt, in welchem die Studierenden ihren Lernfortschritt festhalten und selbst reflektieren sollten, um diesen bei der Bewertung besser nachvollziehen zu können.

(5) Soweit möglich wurden den Studierenden in der Aufgabenstellung Bonuspunkte für Kreativität in Aussicht gestellt. Die Aufgabenstel-

lung wurde hierfür nach Punkten aufgeschlüsselt, sodass das Zustandekommen der Bewertung für die Studierenden von vorn herein transparent war. Den Aufgaben, die kreatives Engagement erlaubten (z.B. Modellierung eines Gewebes, Simulation eines Tuchs, Modellierung eines Armbands und Simulation einer Produktpräsentation) wurden je ein Bonuspunkt für Kreativität zugeordnet. Der Punkt wurde vergeben, wenn eine Gestaltung der Artefakte z.B. durch Farb- oder Formgebung erfolgte (s. z.B. Abbildung 2).

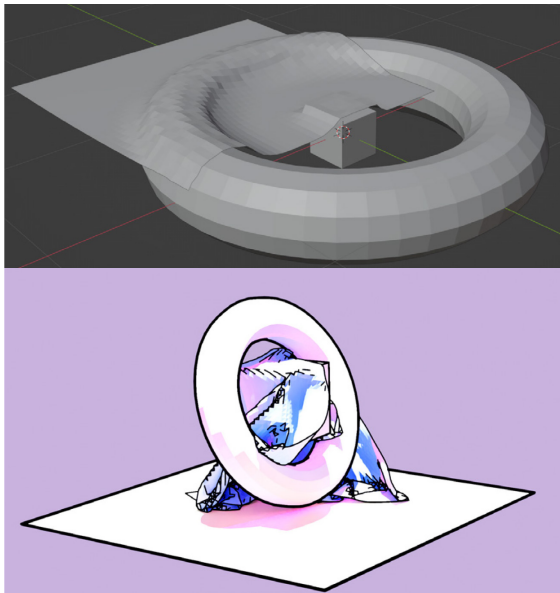


Abbildung 2: Screenshots aus zwei Drapiersimulationen. Oben: Umsetzung der minimalen Aufgabenstellung (Nachstellung durch den Autor) Unten: Umsetzung durch die Studentin. Die Oberflächen sind durch den kreativen Einsatz von Shader-Effekten verändert, die Materialparameter des Tuches sind Modifiziert, der Würfel rotiert um sich selbst, der Torus rotiert um den Würfel.

7. Ergebnisse

Die Beteiligung und das Engagement der Studierenden während der vorgestellten Ausgabe des Blockseminars ging nach Eindruck des Dozenten merklich über das der vorangegangenen Ausgaben hinaus. Die Studierenden beteiligten sich schnell rege an der Lehrveranstaltung und waren motiviert, die Möglichkeiten und Grenzen der Programme auszureizen. Die gemeinsame Nachbesprechung der Ergebnisse wurde von Seiten der Studierenden sehr positiv aufgenommen und erfreute sich reger Beteiligung. Beides zeigte sich darin, dass in

den Freiarbeitsphasen von den meisten Studierenden mindestens ein, meistens mehrere verschiedene Artefakte zur gemeinsamen Besprechung eingereicht wurden, in denen nicht nur die vorher demonstrierten Programmfunktionen ausgetestet wurden, sondern auch neue Funktionen genutzt wurden, welche die Studierenden aus eigener Initiative genutzt hatten.

Bei der Erbringung der Prüfungsleistungen, d.h. der Erstellung der Artefakte gemäß der Aufgabenstellung, wandten die Prüflinge die erlernten Programme experimentierfreudig und souverän in einem Maß an, welches weit über das in der Lehrveranstaltung vermittelte Niveau hinausging. In einigen Fällen wurden sogar die Lerntagebücher kreativ gestaltet.

Die Studierenden waren nicht nur in der Lage, das während des Seminars vermittelte Wissen anzuwenden, sondern hatten selbstständig neues Wissen erworben und umgesetzt. Trotz fehlender Vorkenntnisse bei der Anwendung der vorgestellten Programme bauten die Studierenden schnell Kompetenzen in den Bereichen Modellierung und Simulation auf. Dies war überwiegend auf ein erfolgreiches Selbststudium zurückzuführen. Dies war auch in den Lerntagebüchern bei der Bewertung nachvollziehbar. Die Studierenden schätzen in diesen ihren persönlichen Lernfortschritt und die Lehrveranstaltung als solche sehr positiv ein.

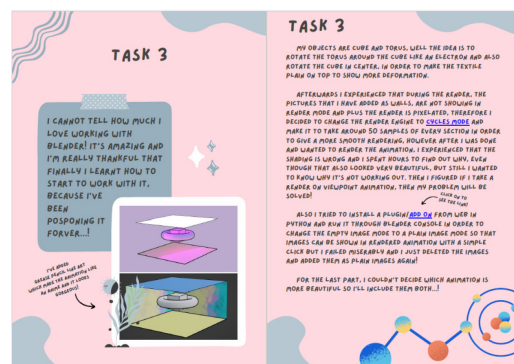


Abbildung 3: Kreativ gestaltete Seite aus einem Lerntagebuch

8. Diskussion

In der vorgestellten Lehrveranstaltung wurden die Studierenden zur Vermittlung praktischer

Fertigkeiten im Umgang mit Computerprogrammen nach kurzen Einarbeitungs bzw. Demonstrationsphasen aufgefordert, die demonstrierten und ggf. auch weitere Funktionen der Software in einer Freiarbeitsphase selbst zu erkunden. Dies geschah mit dem Ziel, die Studierenden zu motivieren und zu mehr Eigenständigkeit beim Lernen zu bringen. Während der Freiarbeitsphasen wurden sie angeregt, nach Möglichkeit kreative Ideen umzusetzen. Die entstandenen Ergebnisse wurden im Anschluss gemeinsam nachbesprochen. Während die eigenständige Umsetzung eigener Ideen die intrinsische Motivation der Studierenden steigern sollte, sollte durch den gemeinsamen Vergleich die extrinsische Motivation durch die Anerkennung der Gruppe erreicht werden. Bei der Erbringung der Prüfungsleistung zeigte sich, dass die Studierenden ihr Wissen im Anschluss an die Lehrveranstaltung selbst vertieft und neue Fähigkeiten erlernt hatten. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, dass die Studierenden durch die genannten Maßnahmen dazu motiviert wurden.

Die Prüfungsleistung wurde in Form eines Take-Home-Exam erbracht, in dessen Rahmen die Studierenden ihren Lernfortschritt selbst festhielten und reflektierten. Dadurch war bei der Bewertung nachvollziehbarer, wie die Leistungen zustande gekommen waren.

9. Literatur

- [1] L. Reid, D. Button und M. Brommeyer, "Challenging the Myth of the Digital Native: A Narrative Review," *Nursing reports* (Pavia, Italy), Early Access. doi: 10.3390/nursrep13020052.
- [2] ICDL Foundation, "The fallacy of the 'digital native'," ICD Foundation, 2014. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.icdleurope.org/policy-and-publications/the-fallacy-of-the-digital-native/>
- [3] W. Harlen und R. Deakin Crick, "Testing and Motivation for Learning," *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, Jg. 10, Nr. 2, S. 169–207, 2003, doi: 10.1080/0969594032000121270.
- [4] D. A. Cook und A. R. Artino, "Motivation to learn: an overview of contemporary theories," *Medical Education*, Jg. 50, Nr. 10, S. 997–1014, 2016, doi: 10.1111/medu.13074.
- [5] W. Edelmann, "Intrinsische und extrinsische Motivation," *Grundschule*, Nr. 35, S. 30–32, 2003.
- [6] How People Learn: Learners, Contexts, and Cultures. Washington, D.C.: Natl Academy Pr, 2017.
- [7] J. Carroll und M. B. Rosson, "Paradox of the active user," in 1987, S. 80–111.
- [8] S. Rodríguez, I. Estévez, I. Piñeiro, A. Valle, T. Vieites und B. Regueiro, "Perceived Competence and Intrinsic Motivation in Mathematics: Exploring Latent Profiles," *Sustainability*, Jg. 13, Nr. 16, S. 8707, 2021, doi: 10.3390/su13168707.
- [9] R. J. Vallerand und G. Reid, "On the causal effects of perceived competence on intrinsic motivation: A test of cognitive evaluation theory," *Journal of Sport Psychology*, Jg. 6, Nr. 1, S. 94–102, 1984.
- [10] Louise Brown, mike-matveev und georges-packman, *louisepb/TexGen: TexGen v3.13.1* (2023). Zenodo.
- [11] Blender Online Community, Blender - a 3D modelling and rendering package. Stichting Blender Foundation, Amsterdam. [Online]. Verfügbar unter: <http://www.blender.org/>
- [12] G. van Rossum und F. L. Drake, *Python 3 Reference Manual*. Scotts Valley, CA: CreateSpace, 2009.
- [13] Y. K. Kyosev, *TexMind Braider* (2007). *TexMind*. [Online]. Verfügbar unter: <http://texmind.com/wp/products/braider/>
- [14] Browzwear Inc., *VStitcher*. [Online]. Verfügbar unter: <https://browzwear.com/products/v-stitcher>



Blended Labs in den Ingenieurwissenschaften – die Entwicklung einer Alternative zu Laborpraktika nach dem Design-Based-Research-Ansatz

C. Wermann*, S. Odenbach

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

Abstract

Die Nachfrage nach Bildungsformaten, die ortsunabhängig durchführbar sind, ist groß, und die Inklusion in der Lehre gewinnt an Bedeutung. Lehrmethoden sollten sowohl verschiedene Lernertypen ansprechen als auch für Menschen aus unterschiedlichen Lebensumständen zugänglich sein. Während es zahlreiche Ansätze für Vorlesungen, Seminare und Übungen gibt, ist die Umsetzung von Laborpraktika in alternativen Formaten noch vergleichsweise neu und aufwendig. Das Pflichtmodul "Mess- und Automationstechnik" der TU Dresden, besucht von ca. 300 Studierenden pro Semester, stand vor der Herausforderung, Praktika während der COVID-19-Pandemie in alternativen Formaten anzubieten. Die Wahl fiel, aufgrund der Studierendenzahl und da die Handhabung von Geräten ein wesentliches Lernziel ist, auf ein Blended-Learning-Format. Das Forschungsziel ist die Entwicklung eines Blended-Learning-Praktikums zum Thema Dehnungsmessung. Die Studie ist entsprechend dem Design-Based-Research-Ansatz angelegt und verfolgt Forschungsfragen zur Betreuung der Studierenden und auftretenden Lernhindernissen. Die Evaluationsergebnisse zeigen, dass durch den Einsatz von Logbüchern eine Verbesserung der Betreuung erreicht wurde. Außerdem konnten erste Lernhindernisse bei der Bearbeitung des Praktikums identifiziert werden.

There is a great demand for educational formats that can be carried out regardless of location, and inclusion in teaching is becoming increasingly important. Teaching methods should appeal to different types of learners and be accessible to people from different backgrounds. While there are numerous approaches for lectures, seminars and tutorials, the implementation of laboratory courses in alternative formats is still comparatively new and complex.

The compulsory module "Measurement and Automation Technology" at TU Dresden, attended by around 300 students per semester, was faced with the challenge of offering laboratory courses in alternative formats during the COVID-19 pandemic. The choice fell on a blended learning format due to the number of students and because the handling of devices is an essential learning objective.

The research objective is to develop a blended-learning laboratory course on the topic of strain measurement. The study is designed according to the design-based research approach and pursues research questions on the supervision of students and learning obstacles that arise. The evaluation results show that the use of logbooks has led to an improvement in supervision. In addition, initial obstacles to learning were identified during the Blended Lab.

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

1. Problemstellung

Der Bedarf an Lehrformaten, die ortsunabhängig durchgeführt werden können, ist groß. Auch rückt das Thema Inklusion immer mehr in den Fokus - Lehre soll nicht nur verschiedene Lerntypen ansprechen, sondern auch so flexibel sein, dass sie für Personengruppen aus unterschiedlichen Lebensumständen zugänglich und zu bewältigen ist.

Während es viele Ansätze und Forschung zur Umsetzung von Vorlesungen, Seminaren und Übungen gibt, ist die Umsetzung von Laborpraktika in einem alternativen Format noch immer vergleichsweise neu und aufwändig. Zu den Alternativen zählen beispielsweise Praktika als Virtual Reality oder Augmented Reality [1], remote [2], im Blended-Learning-Format [3, 4] und als reine Simulation [2]. Im folgenden Abschnitt werden diese Laborformate ausführlich erklärt.

Die Lehrveranstaltung Mess- und Automatisierungstechnik ist ein Pflichtmodul des Diplomstudiengangs Maschinenbau der TU Dresden, das jedes Semester von ca. 300 Studierenden besucht wird. Zum Modul gehören neben Vorlesung und Übung sechs Laborpraktika. Ausgelöst durch die Notwendigkeit während der Corona-Pandemie, die Praktika in einer alternativen Form anzubieten, sollten die Praktikumsversuche in ein neues Format überführt werden.

2. Hintergrund

Bei der Umsetzung von Praktika als **Virtual Reality** (VR) oder **Augmented Reality** (AR) wird das Präsenzlabor um virtuelle Elemente ergänzt oder durch diese sogar ganz ersetzt. Der Vorteil dieses Ansatzes besteht darin, dass auch sehr komplexe Szenarien realitätsgetreu und authentisch abgebildet werden können. Während vollimmersive Szenarien den Einsatz von VR- oder AR-Brillen erfordern, können teilimmersive Szenarien bereits mithilfe von Computern oder Smartphones realisiert werden. In beiden Fällen bedarf es für die Erstellung dieser Szenarien einen erheblichen Programmieraufwand. Ein Nachteil der VR-Szenarien besteht darin, dass die Studierenden den

Umgang mit den realen Geräten und den dabei auftretenden Fehlern nicht erlernen, da diese nur virtuell repräsentiert sind.

Wird der Zugriff auf ein reales Labor über ein Webinterface ermöglicht, wird dies als **remote** Praktikum bezeichnet. So können Studierende von jedem beliebigen Arbeitsplatz die realen Werkzeuge, Maschinen oder Geräte bedienen. Für ein solches System muss das Equipment mit den entsprechenden Schnittstellen ausgestattet sein. Darüber hinaus sollte die Einrichtung in Kooperation mit der IT-Abteilung der jeweiligen Institution vorgenommen werden, da ein Zugriff auf das Universitätsnetzwerk gewährleistet werden muss. Auch diese Variante ist aufgrund der begrenzten Anzahl an remote-ausgestatteten Arbeitsplätzen im Labor nur für kleinere Studierendengruppen geeignet [5].

Wird ein Praktikum im **Blended-Learning-Format** umgesetzt, führen die Studierenden die Experimente zuhause mithilfe bereitgestellter Versuchsmaterialien und digitaler Lehr-Lern-Materialien durch. Der Austausch über den Arbeitsprozess kann entweder in Präsenz oder digital erfolgen. Da die Versuche nicht mehr im Labor oder mit dem dort vorhandenen Equipment durchgeführt werden, kann das Praktikum prinzipiell von beliebig vielen Studierenden gleichzeitig durchgeführt werden. Da die Studierenden nicht mehr über die gesamte Bearbeitungszeit, sondern nur noch zu festgelegten Konsultationsterminen, betreut werden müssen, besteht ein geringerer Bedarf an Räumlichkeiten und der Betreuungsaufwand ist reduziert. Je nach Praktikumsversuch und abhängig von der Größe der Studierendengruppe, ist diese Umsetzung jedoch mit hohen Anschaffungs- und Wartungskosten verbunden.

Ein Praktikum, das als rein virtuelle **Simulation** angeboten wird, bietet den Vorteil der Skalierbarkeit und ermöglicht eine einfache Anpassung an eine größere Anzahl von Studierenden. Wie beim Praktikum im Blended-Learning-Format ergibt sich ein geringerer Betreuungsaufwand und es werden keine Räumlichkeiten für die Versuchsdurchführung mehr benötigt. Da das Experiment durch eine Software simuliert wird, entfallen Materialkosten für die Ausstattung von Laborplätzen. Allerdings üben

die Studierenden somit nicht den Umgang mit Geräten oder Werkzeugen. Auch sind die ablaufenden Prozesse simuliert und können nicht real beobachtet werden.

Die Corona-Pandemie macht ein Praktikumsformat erforderlich, das eine ortsunabhängige Durchführung ermöglicht. Darüber hinaus muss dieses Format auf eine Teilnehmendenzahl von ca. 300 Studierenden skalierbar sein und die Planung und den Aufbau von realen Experimenten ermöglichen. Das Blended-Learning-Format erfüllt als einziges alle Kriterien und wurde aus diesem Grund für die Neukonzeptionierung ausgewählt.

3. Zielstellung und Forschungsfrage

Lehr-Lernformate wie Blended Learning werden zunehmend wichtiger in der Hochschulbildung. Ein Verständnis von den Möglichkeiten und Herausforderungen sowie konkrete Erfahrungen in der Entwicklung von Praktika in diesem Format, sind essentiell für die Verbesserung des Lehrangebots für Studierende.

Blended-Learning-Veranstaltungen sind häufig durch lange Phasen des Selbststudiums gekennzeichnet, in denen die Studierenden eigenverantwortlich arbeiten. Um die Studierenden währenddessen angemessen zu unterstützen, ist es wichtig, die auftretenden Lernhindernisse zu kennen. Nur so kann das Betreuungsangebot verbessert und die Lehr-Lern-Materialien entsprechend angepasst werden.

Das Forschungsziel besteht darin, ein Design für ein Praktikum der Ingenieurwissenschaften zum Thema Dehnungsmessung im Blended-Learning-Format zu entwickeln. Aus dieser Zielstellung leiten sich die folgenden Forschungsfragen ab:

- Wie muss die Betreuung der Studierenden umgesetzt werden, um sie bestmöglich bei der Bearbeitung des Praktikums zu unterstützen?
- Welche Lernhindernisse treten bei den Studierenden bei der Bearbeitung der Praktika im Blended-Learning-Format auf?

Die aus der hier vorgestellten Forschung abgeleiteten Gestaltungsrichtlinien können anderen Lehrenden als Leitfaden bzw. Grundlage

zur Entwicklung eigener Praktika im Blended-Learning-Format dienen. Sie liefern wichtige Hinweise zur Strukturierung von Selbstlern- und Präsenzphasen, den Einsatz von digitalen Medien und der Gestaltung von Praktikumsaufgaben. Insgesamt trägt die Beantwortung der Forschungsfragen dazu bei, die Hochschulbildung in den Ingenieurwissenschaften zu verbessern, indem evidenzbasierte Einblicke in Design und Umsetzung von Praktika im Blended-Learning-Format geliefert werden.

4. Methodik

Die in diesem Paper vorgestellte Studie wurde entsprechend dem Design-Based-Research-Ansatz durchgeführt. Dabei werden Entwicklung und Evaluation innovativer Lehr-Lernansätze kombiniert, um praxisorientierte Lösungen für reale Probleme zu generieren. Ein wesentlicher Aspekt ist die enge Zusammenarbeit zwischen Forschenden und Umsetzenden. Die Studie erfolgt in mehreren Iterationszyklen, die jeweils die folgenden Phasen beinhalten [6]:

1. Design bzw. Redesign
2. Evaluation
3. Analyse

Die Evaluation wurde mittels eines Fragebogens durchgeführt, der geschlossene Fragen und eine offene Frage enthält. Die geschlossenen Fragen wurden quantitativ mithilfe deskriptiver Statistik ausgewertet. Für die Auswertung der freien Kommentare wurde die qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring [7] verwendet. Darüber hinaus wurden Interviews mit den Betreuungspersonen durchgeführt und stichpunktartig protokolliert.

5. Laborpraktikum (bis 2020)

Bis zu den massiven Einschränkungen des Universitätsbetriebs während der Corona-Pandemie, wurden die Praktika im Modul Mess- und Automatisierungstechnik als klassische Laborpraktika durchgeführt.

Dabei bereiteten sich die Studierenden selbstständig inhaltlich auf das Praktikum vor. Nach einer kurzen fachlichen Einführung wurde mittels eines Antestats die Eignung der Studierenden überprüft am Versuch teilzunehmen.

Nach bestandem Test wurde das Experiment in einem Zeitraum von drei Stunden durchgeführt, ausgewertet und protokolliert. Das Protokoll stellte hierbei die bewertete Prüfungsleistung dar.

Der Vorteil des Laborpraktikums besteht vor allem im verwendbaren hochwertigen Equipment, das präzise Messungen ermöglicht. So können die Studierenden zuverlässige und reproduzierbare Ergebnisse aufnehmen. In Abbildung 1 ist der Aufbau für das Laborpraktikum „Dehnungsmessung“ zu sehen. Die Last kann über einen Drehregler aufgebracht und über die Kraftmessuhr exakt kontrolliert werden.



Abbildung 1: Aufbau des Laborpraktikums "Dehnungsmessung". Die Positionen der Dehnungsmessstreifen sind durch Pfeile markiert.

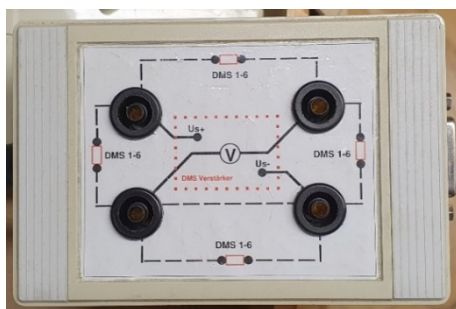


Abbildung 2: Steckplätze für die Verschaltung der Dehnungsmessstreifen zur Wheatstone'schen Messbrücke

Die Dehnungsmessstreifen können an den in Abbildung 2 zu erkennenden Steckplätzen zu einer Wheatstone'schen Messbrücke zusammengeschaltet werden. Der Nachteil dieses Aufbaus ist, dass die tatsächliche Verschaltung

der Dehnungsmessstreifen nicht sichtbar ist und somit abstrakt bleibt.

Die Aufgabenstellung der Studierenden besteht darin, die richtigen Dehnungsmessstreifen auszuwählen, diese korrekt in der Wheatstone'schen Messbrücke zu platzieren und so die verschiedenen Anteile durch Zug bzw. Druck, Torsion oder Dehnung isoliert zu bestimmen.

6. Startdesign (SoSe2022)

Aufgrund der unterschiedlichen Voraussetzungen und Rahmenbedingungen kann der Praktikumsversuch nicht unverändert für das Blended-Learning-Format adaptiert werden.

Um allen Studierenden die benötigten Materialien zur Verfügung stellen zu können, müssen ca. 300 Sätze des Versuchsaufbaus beschafft werden. Aus Kostengründen soll der Aufbau deshalb so einfach wie möglich gehalten werden. Darüber hinaus sind die Einschränkungen zu berücksichtigen, die sich aus der Durchführung in Heimarbeit ergeben. So ist beispielsweise das Einbringen von definierten Lasten für bestimmte Lastarten nur schwer umsetzbar. Im Laborpraktikum kamen verschiedene Aufbauten mit überlagerten Belastungen (Torsion/Biegung und Zug/Biegung) zum Einsatz. Torsion sowie Zug bzw. Druck sind jedoch nicht mit einfachen Mitteln präzise umsetzbar. Die am besten umzusetzende Belastung ist die einfache Biegung.

Biegung kann auf verschiedene Arten erzeugt werden. Zwei Varianten, die bei der Konzeptionierung betrachtet wurden waren (a) Biegung durch Auslenkung um eine bestimmte Strecke und (b) Biegung durch Einbringen einer definierten Last. Die Auslenkung um eine bestimmte Strecke könnte z. B. mit einer Stellschraube vorgenommen werden. Dieser Aufbau erfordert jedoch eine vergleichsweise komplexe Versuchsgeometrie.

Biegung mittels Last kann erzeugt werden, indem eine definierte Masse an der Messgeometrie angebracht wird. Dies ist mit sehr einfachen Geometrien, wie dem Biegebalken, realisierbar. Die Biegebeanspruchung kann dann mittels Hebelarm, der Erdbeschleunigung und der verwendeten Masse ermittelt werden. Um

die Masse zu bestimmen ist nur eine Küchenwaage notwendig, die auch in den meisten studentischen Haushalten zu finden ist.

Der Vorteil beim Biegebalken besteht zudem darin, dass die Berechnung des Spannungszustands im Grundstudium extensiv geübt wurde und den Studierenden somit bekannt ist.

Eine weitere Voraussetzung für die Gestaltung des Versuchs ergab sich aus den bestehenden Praktika. Da bei diesen bereits der Arduino-Microcontroller eingesetzt wird, sollte dieser auch im Praktikum „Dehnungsmessung“ zur Aufnahme der Messwerte verwendet werden.

Es wurde ein Aufbau gewählt, mit dem alle Wheatstone'schen Messbrücken umgesetzt werden können und der am wenigsten Dehnungsmessstreifen erfordert. Somit wurden auf dem Biegebalken insgesamt fünf Dehnungsmessstreifen aufgebracht. Zwei befinden sich auf der Oberseite, analog dazu zwei auf der Unterseite und ein passiver Dehnungsmessstreifen auf der Befestigungsplatte. Die Anordnung der Dehnungsmessstreifen ist in Abbildung 3 zu erkennen.

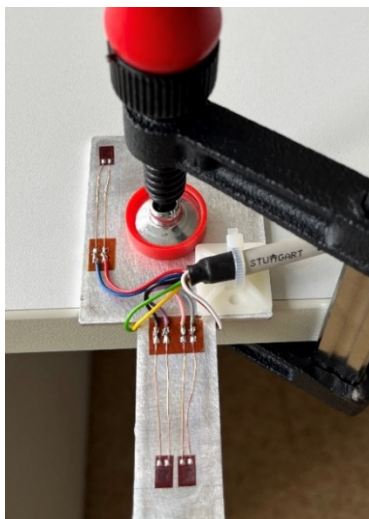


Abbildung 3: Anordnung der Dehnungsmessstreifen auf dem Biegebalken

Im neugestalteten Versuchsaufbau sollte außerdem das Prinzip und die tatsächliche Verschaltung der Wheatstone'schen Messbrücke direkt sichtbar gemacht werden. Dies ist mithilfe des Arduinos leicht umzusetzen. Auf dem Breadboard können die Studierenden, je nach Aufgabe, die passende Wheatstone'sche Messbrücke zusammenstecken. In Abbildung 4 ist

zu sehen, wie drei Festwiderstände mit einem aktiven Dehnungsmessstreifen zu einer Viertelmessbrücke verschaltet werden.

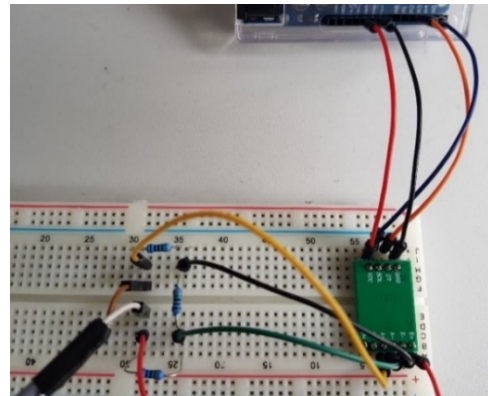


Abbildung 4: Elektrische Schaltung für den Versuch "Dehnungsmessung"

In Abbildung 5 ist der Gesamtaufbau des Versuchs zu sehen. Der Biegebalken ist mit einer Zwingklemme an der Tischplatte befestigt. An der Bohrung ist eine Wasserflasche mit Hilfe eines Fadens als Gewicht angebracht. Eine Flasche ist von Vorteil, da diese zunehmend mit Wasser gefüllt werden kann, um die Last zu erhöhen. Der Analog-Digital-Wandler konvertiert das analoge Messsignal und verstärkt gleichzeitig die Diagonalspannung der Viertel-Messbrücke. Die Werte werden mittels eines Arduino-Skripts aufgenommen und über den Seriellen Monitor ausgegeben.

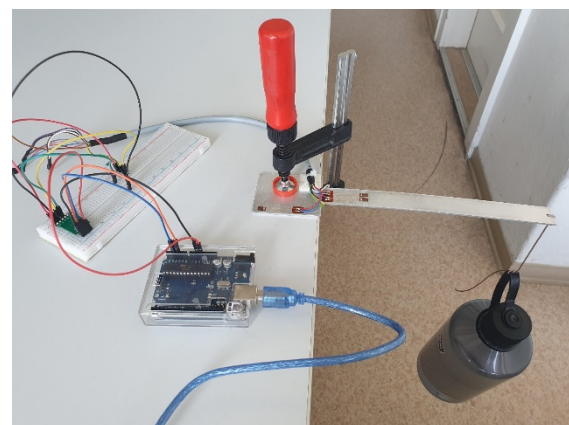


Abbildung 5: Gesamtaufbau des Versuchs "Dehnungsmessung"

Ablauf

Der größte Unterschied im Vergleich zum Laborpraktikum besteht darin, dass das Praktikum zuhause in Partnerarbeit mithilfe der be-

reitgestellten Bauteile und digitalen Materialien bearbeitet wird. Dafür leihen sich die Studierenden die Versuchsmaterialien zu Beginn des Semesters am Lehrstuhl aus.

Um die Studierenden bei der Bearbeitung zu unterstützen werden zwei Präsenztermine angeboten. Einer davon während der Bearbeitungszeit (Zwischenbesprechung), der andere nach der Protokollabgabe (Nachbesprechung). In der Zwischenbesprechung lösen die Teilnehmenden Teilprobleme, die dazu dienen, die Studierenden in den Austausch zu bringen und Hürden bei der Bearbeitung im Vorhinein abzufangen.

Die Studierenden haben jeweils nur einen Zwischenbesprechungs-Termin, wobei nicht abzu-sehen ist, welche Arbeits- und Kenntnisstände sie mitbringen. Die Aufgaben sollen sie auf Probleme aufmerksam machen, auf die sie ggf. noch nicht gestoßen sind.

Die Nachbesprechung dient dazu, offen gebliebene Fragen zu klären und so die fachliche Richtigkeit zu sichern. Darüber hinaus soll hier die Protokollrückgabe erfolgen bei der gleichzeitig individuelles Feedback gegeben wird.

Der Bearbeitungszeitraum erstreckt sich über drei Wochen und startet mit dem Upload der Praktikumsmaterialien. Nach einer Woche beginnen die Zwischenbesprechungen, die über den Zeitraum von sieben Tagen angeboten werden. Anschließend haben die Studierenden erneut eine Woche Zeit, ihre Arbeit zu finalisieren und das Protokoll abzugeben. In der Woche nach der Protokollabgabe finden die Nachbesprechungen statt.

Aufgabenstellung

Das Leitziel der Praktika besteht darin, die Studierenden dazu zu befähigen, eigenständig wissenschaftlich zu experimentieren. Deshalb wurden die Aufgaben so gestaltet, dass sie dem Vorgehen bei der Bearbeitung einer Forschungsarbeit ähneln. In Zweiergruppen sollen die folgenden Aufgaben bearbeitet werden:

1. Berechnung des theoretischen Modells
2. Charakterisierung des Systems im unbelasteten Zustand
3. Vergleich von Viertel- und Vollmessbrücke

4. Untersuchung von Störeinflüssen
5. Entwurf einer eigenen Schaltung zur Temperaturkompensation

Zuerst sollen die Studierenden ein Modell zur theoretischen Beschreibung des Versuchsobjekts finden, um ihre Messergebnisse später validieren zu können.

Da die Dehnungsmessstreifen alle händisch auf die Beigebalken geklebt wurden und sich somit unterschiedlich verhalten, folgt anschließend die Charakterisierung des Systems im unbelasteten Zustand.

In der dritten Aufgabe wird der Biegebalken schrittweise belastet. Die Messung wird nacheinander mit einer Viertel- und einer Voll-Messbrücke durchgeführt. Die experimentell ermittelten Daten werden untereinander und mit den theoretisch zu erwartenden Werten verglichen.

Bei der Durchführung von Experimenten ist außerdem zu berücksichtigen, welche Faktoren die Messergebnisse beeinflussen können. Nur so ist es möglich diese zu vermeiden. Deshalb sollen die Studierenden in der vierten Aufgabe überlegen, was für Störeinflüsse existieren und die Auswirkungen von drei Einflüssen näher untersuchen.

In Aufgabe 5 nutzen die Studierenden ihre gesammelten Erkenntnisse, um einen Versuchsaufbau zur Temperaturkompensation zu planen und die korrekte Funktionsweise ihrer Schaltung zu demonstrieren.

Entsprechend der Modulbeschreibung sollen die Studierenden insgesamt elf Stunden auf das Praktikum verwenden, wobei vier Stunden für die Versuchsdurchführung und sieben Stunden für Vorbereitung, Auswertung und Schreiben des Protokolls vorgesehen sind.

Ergebnisse der Evaluation

Die Evaluation des Startdesigns fokussierte sich vor allem auf die Umsetzung und Bewertung des Betreuungsangebots. In der Evaluation gaben 53 % der Studierenden an, dass ihre Fragen in den Betreuungsangeboten nicht beantwortet wurden. Gleichzeitig bemängelten die Betreuungspersonen, dass sie bei der derzeitigen Konzeption der Zwischenbesprechung stark gefordert seien, spontan richtige Antworten auf nicht absehbare Fragen zu liefern.

Die Rückmeldungen zeigten außerdem auf, dass die Nachbesprechung nicht wie angedacht funktioniert. Die Kontrolle der Protokolle kann in dem kurzen Zeitraum zwischen Abgabe und Nachbesprechung nicht realisiert werden. Dadurch entfällt die Grundlage für das Feedbackgespräch mit den Studierenden. Darüber hinaus wird dieses Betreuungsangebot von den Studierenden nur in geringem Maß nachgefragt.

Das Feedback von Studierenden als auch Betreuungspersonen zeigt auf, dass das Betreuungskonzept für den nächsten Durchlauf angepasst werden muss. Die Fragen der Studierenden müssen zuverlässiger beantwortet werden. Gleichzeitig muss den Betreuungspersonen eine angemessene Vorbereitung ermöglicht werden.

Aus den freien Kommentaren konnte ein weiterer großer Kritikpunkt identifiziert werden. 40 % aller Kommentare bezogen sich auf den Zeitaufwand für die Bearbeitung des Praktikums, welcher nach Einschätzung der Studierenden zu hoch sei („Durchführung war viel zu zeitintensiv“). Um dies zu überprüfen wird die Evaluation für das Redesign angepasst. Zukünftig können die Studierenden ihre Bearbeitungszeit angeben, damit diese mit dem vorgesehenen Arbeitsaufwand abgeglichen werden kann.

7. Redesign (WiSe2022/2023)

In der nächsten Iteration wurden mehrere Maßnahmen ergriffen, um die Betreuung zu verbessern. Dazu gehören die Einführung eines Logbuchs zur Begleitung und Strukturierung der Selbstlernphase und das Einreichen studentischer Fragen vor dem Präsenztermin, um den Betreuungspersonen eine gezielte Vorbereitung zu ermöglichen.

Die Logbücher, in denen die Studierenden ihre Fragen zum Praktikum notieren, müssen vor dem Konsultationstermin auf die Lernplattform OPAL hochgeladen werden. So kann sich die Gruppe der Betreuungspersonen im Vorfeld mit den Fragen auseinandersetzen und kollaborativ einen Fragen-Antwort-Katalog erarbeiten. Damit soll die Vorbereitungszeit und die Belastung der Verantwortlichen reduziert, sowie ein einheitlicher Qualitätsstandard für

die Betreuung geschaffen werden. Die Fragen bilden darüber hinaus die Grundlage der studentenzentrierten Konsultation. Entsprechend dem Prinzip des Just-In-Time-Teachings werden die Fragen eins zu eins aus den Logbüchern übernommen und auf Karten gedruckt ausgelegt. Dies sichert die Authentizität der Veranstaltung, da die Teilnehmenden ihre eigenen Fragen wiederfinden können und somit erkennen, dass es in der Konsultation um die Lösung tatsächlich auftretender aktueller studentischer Probleme geht.

Aufgrund der geringen Nachfrage und um die Betreuungspersonen zu entlasten, wird die Nachbesprechung beim Redesign weggelassen, sodass die Zwischenbesprechung der einzige Konsultationstermin für die Studierenden ist.

Zur Unterstützung des Zeitmanagements während der Selbstlernphasen wurde die sogenannte „Semesterübersicht“ neu eingeführt. Diese wird zu Beginn jeder Vorlesung gezeigt und ordnet die Veranstaltung in den Kontext des gesamten Semesters ein. Das Prinzip wird in Abbildung 6 exemplarisch verdeutlicht.

April	
1Sa	
2So	
3Mo	14
4Di	Vorlesung 1
5Mi	
6Do	
7Fr	
8Sa	
9So	
10Mo	15
11Di	Vorlesung 2 + Kofferausgabe
12Mi	
13Do	
14Fr	
15Sa	
16So	Abgabe Logbücher MD
17Mo	16
18Di	Vorlesung 3 + Konsultationen
19Mi	
20Do	
21Fr	
22Sa	
23So	
24Mo	17
25Di	Vorlesung 4
26Mi	
27Do	
28Fr	
29Sa	
30So	Abgabe Protokoll MD

To dos für die Woche:

- Zeitplan für die Durchführung des Praktikums MD überlegen (Umfang von ca. 6h)
- **Logbuch ausfüllen**
 - Praktikumsanleitung lesen
 - Software ausprobieren
 - Auswertung überlegen
 - Fragen in LG diskutieren
- **Logbuch hochladen**

Abbildung 6: Semesterablauf mit den zu erledigenden Aufgaben der jeweiligen Woche. Die Abkürzung MD bezeichnet das Praktikum Messdynamik. LG steht für Lerngruppe.

Damit wird auf wichtige anstehende Ereignisse wie Konsultationstermine oder Abgabefristen aufmerksam gemacht. Darüber hinaus sind to-dos für die jeweilige Woche aufgeführt, die zwar nicht verpflichtend sind, den Studierenden

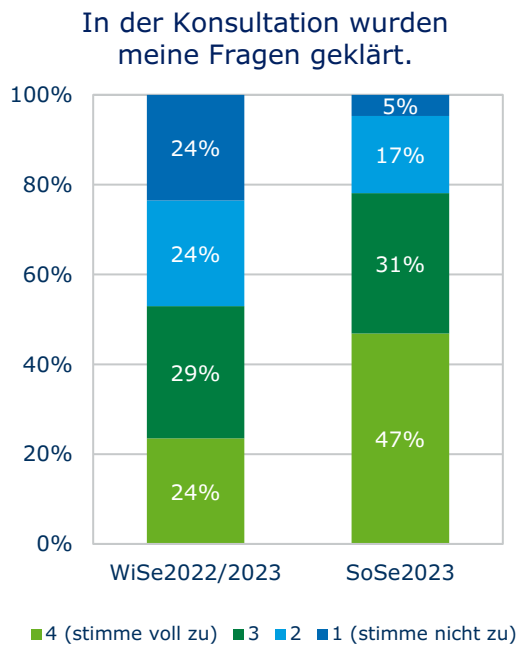


Abbildung 7: Vergleich der Ergebnisse zum Item „In der Konsultation wurden meine Fragen geklärt“, zwischen der Konsultation im WiSe2022/2023 und der Konsultation im SoSe2023.

den jedoch einen Anhaltspunkt für die zu bearbeitenden Aufgaben und deren Aufwand geben.

Ablauf

Im Gegensatz zum Startdesign werden die Praktikumsmaterialien im Wintersemester 2022/2023 bereits zu Beginn der Vorlesungszeit zur Verfügung gestellt. Die Studierenden könnten sich so bereits ab Semesterstart mit den Praktikumsinhalten beschäftigen. Praktisch ist der Startzeitpunkt jedoch dadurch festgesetzt, wann das Praktikumsthema in der Vorlesung behandelt wird.

Neu dazugekommen ist die Bearbeitung des Logbuchs, das am Wochenende vor Konsultationsbeginn abgegeben werden muss.

Durch die Anpassung der Betreuung gibt es nur noch eine Runde Konsultationstermine, die sich über eine Woche erstrecken.

Aufgabenstellung

Da die Studierenden im ersten Durchlauf die für die Bearbeitung des Praktikums notwendige Zeit kritisiert haben, wurde für das Redesign die Aufgabe „Untersuchung von Störeinflüssen“ gekürzt. Nun sollen nur noch zwei statt drei Störeinflüsse untersucht werden.

Auch ist den Studierenden die Wahl der Brückenschaltung freigestellt, sodass der Vergleich zwischen Viertel- und Vollmessbrücke entfällt.

Ergebnisse der Evaluation

Ausgangspunkt für die beschriebenen Veränderungen an der Betreuung war das Ergebnis der ersten Evaluation, in der nur 53 % der Studierenden zustimmten, dass ihre Fragen geklärt wurden. Dies wurde mit dem Item „In der Konsultation wurden meine Fragen geklärt“ erhoben, zu dem die Studierenden ihre Einschätzung auf einer Likert-Skala von 1 (stimme nicht zu) bis 4 (stimme voll zu) angeben konnten. Als Zustimmung werden die Ausprägungen 3 und 4 gewertet, während Ausprägungen 1 und 2 als Ablehnung interpretiert werden.

Anschließend wurde die Konsultation entsprechend des vorangehend beschriebenen Konzepts angepasst. Wird das Ergebnis mit den Angaben aus der Evaluation im Sommersemester 2023 verglichen, nachdem das neue Konsultationskonzept implementiert wurde, so ist ein deutlicher Anstieg der Zustimmung auf 78 % zu erkennen. Dabei ist besonders hervorzuheben, dass der größte Zuwachs bei der Ausprägung 4 (stimme voll zu) zu Lasten der niedrigsten Ausprägung 1 (stimme nicht zu) stattfindet (Vgl. Abbildung 7). Die Items wurden von $n_{alt} = 68$ bzw. $n_{neu} = 64$ Studierenden beantwortet.

Dieser Trend kann auch in den freien Kommentaren festgestellt werden. In der ersten Evaluation haben 31 Teilnehmende die Feedbackfunktion genutzt. Dabei wurde in sechs Äußerungen bemängelt, dass Fragen in der Konsultation nicht beantwortet wurden. In vier weiteren Kommentaren wurde die Notwendigkeit betont, auch außerhalb der Konsultation offene Fragen zu klären: „Da uns keine Fragen per E-Mail beantwortet wurden, fühlten wir uns sehr allein gelassen.“

In der zweiten Evaluation haben ebenfalls 31 Teilnehmende die freien Kommentare genutzt. Allerdings wurde in nur zwei Kommentaren angegeben, dass Fragen in der Konsultation nicht beantwortet wurden. Dabei wird einmal Zeitmangel als Grund aufgeführt: „In der Konsultation Fragen nicht geklärt wegen Zeitmangel.“ Im Gegensatz zur ersten Evaluation gibt es auch eine positive Rückmeldung, in der die

Konsultation gelobt wird („Konsultation ist super“).

Bei der Evaluation des Redesigns wurden auch Lernhindernisse bei der Vorbereitung, Durchführung und Auswertung des Praktikums erfasst. Dabei war besonders auffällig, dass die Studierenden von Fehlern bei der Durchführung und Abweichungen der Messwerte stark verunsichert waren. Dazu kamen große

Schwierigkeiten bei der Auswertung im Umgang mit Excel. Die identifizierten Lernhindernisse sind in Abbildung 8 aufgeführt.

Bei der Erhebung der Bearbeitungszeit gaben die Studierenden außerdem an, durchschnittlich 21,6 Stunden für das Praktikum „Dehnungsmessung“ zu benötigen. Dies ist signifikant mehr, als angedacht.

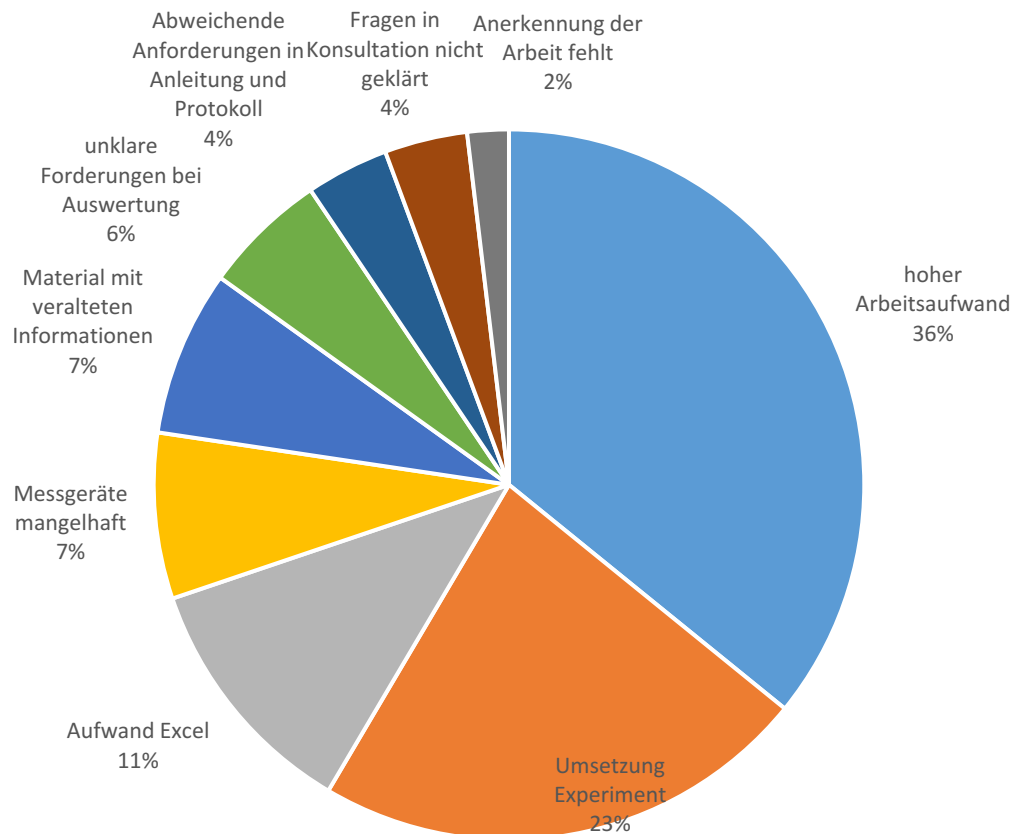


Abbildung 8: Lernhindernisse der Studierenden bei der Bearbeitung des Praktikums "Dehnungsmessung"

8. Zusammenfassung

Die Ergebnisse der Evaluation zeigen, dass die Betreuung durch das Redesign deutlich verbessert werden konnte. Besonders erfolgreich war der Einsatz von Logbüchern, durch die nicht nur die Betreuungspersonen entlastet werden konnten, sondern auch die Konsultation studierendenzentriert gestaltet wurde.

Auch konnten erste Lernhindernisse von Studierenden bei der Bearbeitung des Praktikums identifiziert werden, die in folgenden Iterationen berücksichtigt werden können. Der größte Kritikpunkt durch die Studierenden stellt mo-

mentan der hohe Arbeitsaufwand dar. Ein weiterer Aspekt ist, dass viele Studierende Probleme bei der Umsetzung des Praktikumsversuchs haben. Es besteht eine große Unsicherheit wenn Fehler auftreten bzw. Ergebnisse nicht den Erwartungen entsprechen. Darüber hinaus stellt der Umgang mit Excel, das für die Auswertung und Protokollierung verwendet wird, eine Herausforderung dar, da viele Studierende noch ungeübt im Umgang mit diesem Programm sind.

Die mithilfe der Evaluation erhobenen Lernhindernisse deuten darauf hin, dass das Praktikum im Blended-Learning-Format mehr Pla-

nung und Organisation der eigenen Arbeitsprozesse und der Koordination der Partnerarbeit erfordert. Auch das Zeitmanagement unterscheidet sich von dem der herkömmlichen Laborpraktika, die einen eindeutigen Start- und Endzeitpunkt haben. Allein aufgrund des geänderten Praktikumsformats verschieben sich die bei der Bearbeitung geforderten Fähigkeiten und Fertigkeiten. Dabei ist nicht mehr der reine Wissenserwerb die größte Herausforderung des Praktikums. Stattdessen fordert das geänderte Praktikumsformat den Erwerb und Einsatz sogenannter 21st Century Skills. Dazu zählen Selbstständigkeit, Teamfähigkeit,

Eigeninitiative, Kreativität beim Lösen von Problemen, Kompetenz im Umgang mit Medien, Daten, Informationen und Technologien sowie starke Kommunikationsskills, wobei diese auch die Fähigkeit, das eigene Denken verständlich zu vermitteln beinhalten [8, 9]. Die Kompetenzverschiebung in Richtung der 21st Century Skills ist eine positive Entwicklung, die eine nachhaltige Ingenieurausbildung unterstützt. Der Kompetenzerwerb, den die Blended Labs ermöglichen, sollte durch weitergehende Anpassung der Arbeitsaufgaben gefördert und durch eine geeignete digitale Darbietung gestützt werden.

9. Ausblick

Die Änderung der Anforderungen durch das Format der Blended Labs wurde bei der initialen Gestaltung des Praktikums nicht berücksichtigt. Aus diesem Grund müssen im nächsten Schritt der Kompetenzbegriff im Fachbereich Ingenieurwissenschaften einheitlich definiert und die Praktikumsinhalte, Prüfungsleistung sowie kompetenzorientierte Lernziele entsprechend des Constructive Alignments erneut auf Kohärenz geprüft werden.

Darüber hinaus sollte geklärt werden, ob der Erwerb bestimmter Kompetenzen vorgezogen werden kann. Der Umgang mit Excel könnte beispielsweise bereits in den Rechenübungen trainiert werden, wodurch sich der Aufwand während des Praktikums reduziert. Eine Möglichkeit mit der Unsicherheit der Studierenden bei abweichenden Messwerten umzugehen wäre, bestimmte Fehlertypen und deren Ursachen in einem FAQ aufzuführen. Dies könnte die Fehlereinschätzung und -Behebung durch die Studierenden erleichtern.

Literatur

- [1] Göbel, G. und Sonntag, R. (2017). Experiences and acceptance of immersive learning arrangements in higher education. *ICT Management for Global Competiveness and Economic Growth in Emerging Economies (ICTM)*, S. 47-58
- [2] Bunse, C., Kennes, L. und Kuht, J.-C. (2021). Distanzlabor in der ingenieurwissenschaftlichen Ausbildung. *INFORMATIK 2021*, Bonn.
- [3] Cuiliu, L. und Suhazlan, B. S. (2022). The Implementation of the Pocket Lab Tool (PLT) in Online Practical Teaching and Learning. *In Advances in Educational Technology and Psychology* 6 (12), S. 72-77
- [4] Klinger, T. und Kreiter, C. (2018). Experiences with the use of pocket labs in engineering education. In *Teaching and Learning in a Digital World: Proceedings of the 20th International Conference on Interactive Collaborative Learning 2*, S. 665-670, Springer International Publishing
- [5] Alves, G. R., Fidalgo, A., Marques, A., Viegas, C., Felgueiras, M. C., Costa, R., Lima, N., Castro, M., Díaz-Orueta, G., Ruiz, E. S. C., García-Loro, F., García-Zubía, J., Hernández-Jayo, U., Kulesza, W., Gustavsson, I., Pester, A., Zutin, D., Schlichting, L., Ferreira, G., Bona, D. d., Silva, J. B. d., Alves, J. B., Biléssimo, S., Pavani, A., Lima, D., Temporao, G., Marchisio, S., Concari, S., Lerro, F., Fernández, R., Paz, H., Soria, F., Almeida, N., Oliveira, V. d., Pozzo, M. I., & Dobboletta, E. (2016). Spreading remote lab usage a system – A community – A Federation. In *2nd International Conference of the Portuguese Society for Engineering Education (CISPEE)*. <https://doi.org/10.1109/CISPEE.2016.7777722>
- [6] McKenney, S. und Reeves, T. (2012). *Conducting Educational Design Research*. Routledge.
- [7] Mayring, P. (2022). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung, Grundlagentexte, Methoden* (5. Aufl.). Beltz Juventa.
- [8] Partnership for 21st Century Learning – A Network of Battelle for Kids (2019). *Framework for 21st Century Learning. A unified vision for learning to ensure student success in a world where change is constant and learning never stops*. <https://www.battelleforkids.org/networks/p21/frameworks-resources> (abgerufen am 05.07.2023)
- [9] Bertelsmann Stiftung (2020). OECD Lernkompass 2023. *OECD-Projekt Future of Education and Skills 2030 Rahmenkonzept des Lernens*. <https://www.bertelsmann-stiftung.de/de/publikationen/publikation/did/oecd-lernkompass-2030-all> (abgerufen am 05.07.2023)



Projektintegration Studierender durch offene Problemaufgaben in kompetenzorientierten Lehrveranstaltungen

F. Kunzelmann, N. Sadretdinova, Y. Kyosev

Professur für Entwicklung und Montage von textilen Produkten, ITM, Maschinenwesen, TU Dresden

Abstract

Der Alltag wissenschaftlicher Mitarbeiter:innen wird durch die Dualität zwischen Lehre und Projektarbeit geprägt. Module bestehen meist aus Vorlesungs- und Praxisteilen. Diese werden oft über mehrere Semester wiederholt und sind für alle Studierenden gleich. Wissenschaftliche Mitarbeiter:innen oder Studierende höheren Semesters betreuen diese, ohne direkten Mehrwert in Projekten. Im Rahmen des Masterstudiengangs Textil wird die Möglichkeit evaluiert, vorgefertigte Praktika durch, im Vorfeld an aktuelle Forschungsprojekte angepasste, wechselnde Aufgabenstellungen zu ersetzen. Diese werden in Form einer offenen Problemaufgabe am Anfang des Semesters präsentiert. Die Studierenden bearbeiten ihre persönliche Aufgabenstellung im Zuge der Lehrveranstaltung. Die Vorlesungsinhalte befähigen zur selbstständigen Nutzung industrierelevanter Softwarepakete. Die didaktische Analyse nach Klafki erfolgt nach Abschluss der Lehrveranstaltung [1, 2]. Alle teilnehmenden Studierenden konnten ihre Aufgabenstellung erfolgreich bearbeiten. Die wissenschaftlichen Mitarbeiter:innen erhielten qualitativ hochwertige Ergebnisse, welche in laufenden Projekten verwendet werden konnten. Die praktische Klausuraufgabe wurde von allen Studierenden erfolgreich und mit individuellen Ansätzen bearbeitet. Die Ergebnisse dieses ersten Versuches zeigen, dass individuelle und projektbezogene Aufgabenstellungen zu gesteigerten Kompetenzgewinnen führen und gleichzeitig verwertbare Ergebnisse für die Dozenten liefern. Die Mitarbeit an Forschungsprojekten gibt den Studierenden praktische Einblicke in die aktuelle Forschung.

The everyday life of academic staff is characterised by the duality between teaching and project work. Modules usually consist of lecture and practical components. These are often repeated over several semesters and are the same for all students. Research assistants or students in higher semesters supervise these without direct added value in projects. As part of the Master's degree programme in Textiles, the possibility of replacing prefabricated internships with changing assignments adapted in advance to current research projects is being evaluated. These are presented in the form of an open problem assignment at the beginning of the semester. The students work on their personal assignment during the course. The lecture content enables students to use industry-relevant software packages independently. The didactic analysis according to Klafki takes place at the end of the course [1, 2]. All participating students were able to successfully complete their assignments. The academic staff received high-quality results that could be used in ongoing projects. The practical exam assignment was successfully completed by all students with individual approaches. The results of this first experiment show that individual and project-related tasks lead to increased competence and at the same time provide valuable results for the lecturers. Working on research projects gives students practical insights into current research.

*Corresponding author: felix.kunzelmann@tu-dresden.de

1. Vorbereitung

Vor Semesterbeginn trifft sich die Arbeitsgruppe zu einem gemeinsamen Brainstorming. Es wird zunächst der Modulinhalt besprochen und welche Kenntnisse den Studierenden vermittelt werden sollen. Im nächsten Schritt stellen die wissenschaftlichen Mitarbeiter:innen ihre Projekte mit Arbeitspaketen und Teilaufgaben vor. Die Gruppe identifiziert Aufgabenpakete, welche mit den in der Vorlesung vermittelten Inhalten bearbeitbar sind. Anschließend werden entsprechende Aufgabenstellungen erarbeitet. Es gibt jeweils mehr Aufgabenstellungen als Studierende erwartet werden. Ziel soll es sein die Erwartungen der wissenschaftlichen Mitarbeitenden und der Studierenden bezüglich der Lehrveranstaltung zu erfüllen und einem Mehrwert für alle Parteien zu generieren, wie in Abbildung 1 dargestellt.

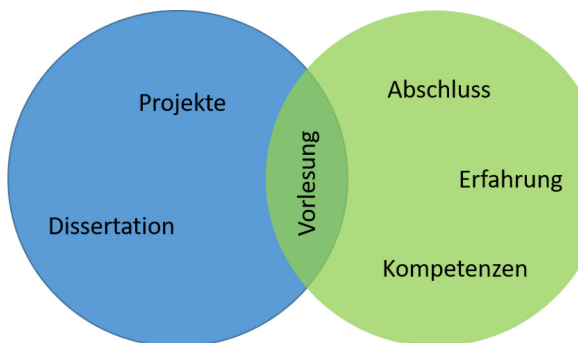


Abbildung 1: Venn-Diagramm der wissenschaftlichen Mitarbeiter:innen, gegenüber Studierenden

Tabelle 1: Aufgaben für die Studierenden und korrespondierende Projekte

Teilaufgabe	Projekt
Konstruktion einer partikelfilternden Halbmaske	Projekt zu medizinischer Schutzausrüstung
Konstruktion eines Sport-BHs	Projekt zu Weichteilsimulation
Konstruktion eines OP-Kittels	Projekt zu medizinischer Schutzausrüstung
Konstruktion einer Hose mit integrierten Protektoren	Projekt zu Schutzausrüstung im Sportbereich
Konstruktion einer Jacke mit integrierten Protektoren	Projekt zu Schutzausrüstung im Sportbereich

Die gewählte Lehrveranstaltung behandelt die Konstruktion von Bekleidung unter Verwendung von 3D CAE-Software. Entsprechend steht die Bekleidungskonstruktion im Fokus der Aufgabenstellungen, wie in Tabelle 1 dargestellt.

2. Ablauf der Lehrveranstaltungen

In der ersten Lehrveranstaltung wird den Studierenden das Konzept erläutert. Sie wählen eins der zuvor vorgestellten Themen aus.

Die Lehrveranstaltung vermittelt die Inhalte, um die Aufgabenstellung zu bearbeiten. Die Studierenden erarbeiten selbstständig die an ihrem Produkt bestehenden Anforderungen, wie z.B., existierende Normen bei partikelfilternden Halbmasken. In der Vorlesung wird die digitale Konstruktion von u.A. körpernaher und körperferner Bekleidung gelehrt.

3. Lernstudio

Sowohl die Vorlesungsunterlagen, als auch Einführungen zu den vorgestellten Programmen, zur digitalen Bekleidungskonstruktion stehen in einem sogenannten Lernstudio zur Verfügung. Bei dem Lernstudio handelt es sich um ein internes Wiki mit allen Vorlesungsunterlagen, zusätzlichen Erläuterungen und Beispielen zum Gebrauch der für die Bearbeitung, notwendigen Softwarepakete. Die Studierenden können selbstständig abseits der Lehrveranstaltung ihre Aufgabenstellung bearbeiten. Das Zusammenspiel von Vorlesung und Lernstudio ist in Abbildung 2 dargestellt.

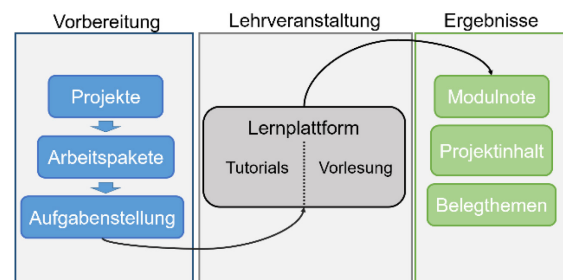


Abbildung 2: Veranstaltungsablauf

4. Didaktische Analyse

Das Unterrichtsthema der Vorlesungsveranstaltung besteht darin, den Studierenden beizubringen, wie sie individuelle Aufgabenstellungen aus aktuellen Forschungsprojekten selbständig lösen können. Das Hauptziel besteht darin, den Studierenden die erforderlichen Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten zu vermitteln, um selbstständig an ihren Aufgaben arbeiten zu können. Dabei werden sie durch individuelle Konsultationen unterstützt. Die Didaktikanalyse nach Klafki legt besonderen Wert auf die Bildung von Schlüsselqualifikationen und die Vermittlung von Werterziehung im Unterricht. Klafki betont die Bedeutung von Allgemeinbildung und die Entwicklung von Urteilskraft bei Lernenden. Angewendet auf diese Lehrveranstaltungen ergeben sich folgende Kategorien:

Fachliche Kompetenz: Die Studierenden sollen die erforderlichen fachlichen Kenntnisse und Fertigkeiten entwickeln, um ihre individuellen Aufgabenstellungen aus aktuellen Forschungsprojekten zu verstehen und erfolgreich zu bearbeiten.

Selbstständiges Arbeiten: Die Studierenden sollen lernen, eigenständig an ihren Aufgabenstellungen zu arbeiten und Probleme zu identifizieren sowie Lösungsstrategien zu entwickeln.

Kommunikative Kompetenz: Durch die Nutzung des Lernstudios und die individuelle Betreuung sollen die Studierenden lernen, ihre Arbeitsergebnisse zu präsentieren, Feedback zu geben und zu erhalten sowie ihre Ideen zu kommunizieren.

Im Folgenden werden die getroffenen didaktischen Entscheidungen benannt und begründet.

Individuelle und offene Problemaufgaben: Jeder Studierende erhält eine individuelle Aufgabenstellung aus aktuellen Forschungsprojekten. Dadurch wird die Relevanz und Praxisnähe des Lerninhalts betont und die Motivation der Studierenden gesteigert.

Individuelle Betreuung: Die Studierenden erhalten während des Semesters individuelle Betreuung, um ihnen bei der Lösung ihrer Aufgabenstellungen zu helfen. Dadurch wird gewährleistet, dass jeder Studierende die Unterstützung erhält, die er benötigt, und dass auf individuelle Schwierigkeiten und Fragen eingegangen werden kann.

Tutorials im Wiki: Die Studierenden haben Zugang zu Tutorials in einem Wiki, die ihnen helfen, an ihrer Aufgabenstellung zu arbeiten. Diese Tutorials bieten Schritt-für-Schritt-Anleitungen, praktische Beispiele und Ressourcen, um den Studierenden bei der Umsetzung ihrer Lösungsstrategien zu unterstützen.

Prüfungsaufgabe: Die Prüfung besteht darin, dass die Studierenden das Gelernte anhand einer vergleichbaren Aufgabenstellung anwenden. Dadurch wird sichergestellt, dass die Studierenden das erworbene Wissen und die erlernten Fähigkeiten tatsächlich anwenden und nutzen können.

5. Ergebnisse

Die von den Studierenden entwickelten Produktkonzepte, konnten für insgesamt drei verschiedene Produkte genutzt werden. Zwei der insgesamt fünf Studierenden, die an der Lehrveranstaltung teilnahmen, haben anschließend an der Professur die Bearbeitung einer Belegaufgabe in den entsprechenden Projekten begonnen. Die entwickelten Produkte sind in Abbildung 3 zu sehen.

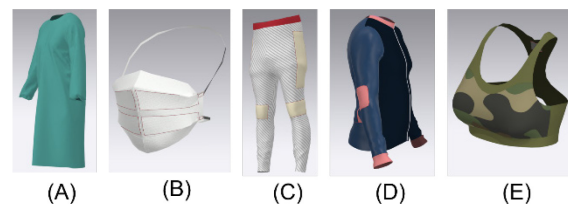


Abbildung 3: Ergebnisse der Projektarbeiten: (A) OP-Kittel; (B) partikelfilternde Halbmaske; (C) Radhose mit Protektoren; (D) Radsportjacke mit Protektoren; (E) Sport-BH

Der praktische Teil der Modulprüfung bestand in der Konstruktion einer Armmanschette. Dabei waren Materialparameter und optische Eckpunkte, wie ein Ellenbogenpatch vorgegeben. Die Studierenden konnten alle diese Aufgabe mit individuellen Ansätzen, aber mit sehr guten Ergebnissen lösen.

[2] Alfter, Georg: Didaktische Analyse. URL https://stsg-hrf-ruessels-heim.bildung.hessen.de/modul/unterrichtsplanung_einfue/material/Didaktische_Analyse.pdf – Überprüfungsdatum 2023-06-28

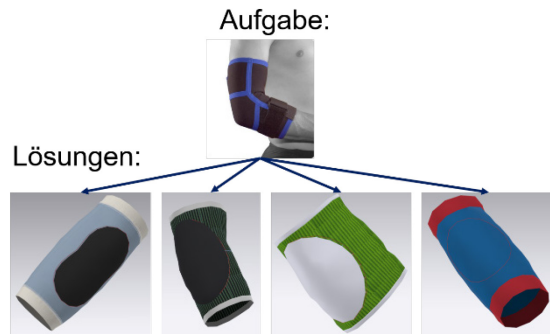


Abbildung 4: Ergebnisse der praktischen Prüfungsaufgabe

Die didaktische Analyse nach Klafki zeigt, dass die Vorlesungsveranstaltung durch ihre Ausrichtung auf individuelle Aufgabenstellungen, unterstützende Betreuung, Tutorials im Wiki und die Anwendung des Gelernten in einer Prüfungsaufgabe die Ziele einer fachlichen Kompetenz, selbstständigen Arbeit und kommunikativen Kompetenz der Studierenden anspricht. Durch diese Vorgehensweise wird ein praxisnahes und motivierendes Lernumfeld geschaffen, in dem die Studierenden ihre Aufgabenstellungen erfolgreich bewältigen können.

Der hier vorgestellte Ansatz zur Integration von Studierenden in Projektarbeiten kann auf jedes Modul mit praktisch orientierten Teil übertragen werden. Die Lehrveranstaltung muss Kenntnisse vermitteln die direkt angewendet bzw. geübt werden. Ebenfalls muss der Rahmen für aufgabenspezifische Konsultationen gegeben sein, d.h. Lehrveranstaltungen mit großen Studierendenzahlen werden für dieses Konzept nicht funktionieren.

Literatur

[1] Klafki, Wolfgang: Didactic analysis as the core of preparation of instruction (Didaktische Analyse als Kern der Unterrichtsvorbereitung). In: Journal of Curriculum Studies 27 (1995), Nr. 1, S. 13–30