



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.

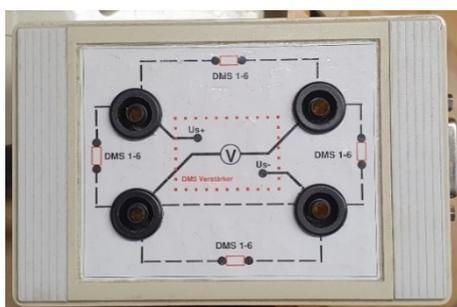


Abbildung 2: Steckplätze für die Verschaltung der Dehnungsmessstreifen zur Wheatstone'schen Messbrücke

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.

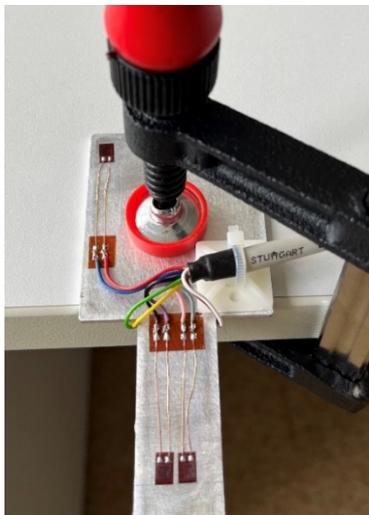


Abbildung 3: Anordnung der Dehnungsmessstreifen auf dem Biegebalken

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.

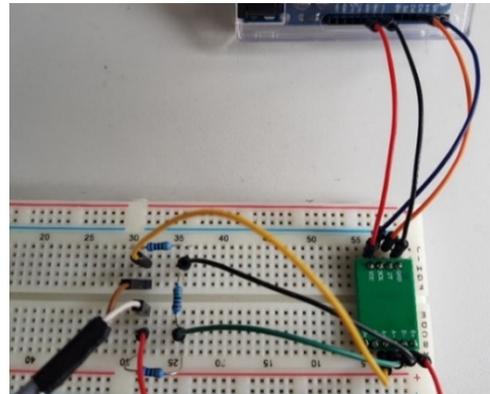


Abbildung 4: Elektrische Schaltung für den Versuch "Dehnungsmessung"

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.

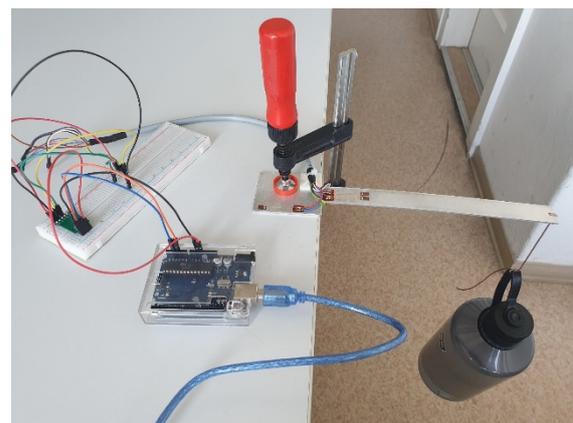


Abbildung 5: Gesamtaufbau des Versuchs "Dehnungsmessung"

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 abzusehen 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 Vollmessbrücke 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

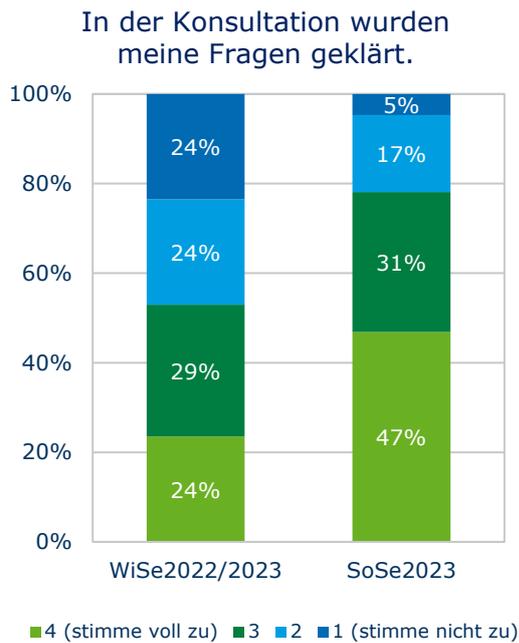


Abbildung 7: Vergleich der Ergebnisse zum Item „In der Konsultation wurden meine Fragen geklärt“, zwischen der Konsultation im WiSe2022/2023 und der Konsultation im SoSe2023.

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.

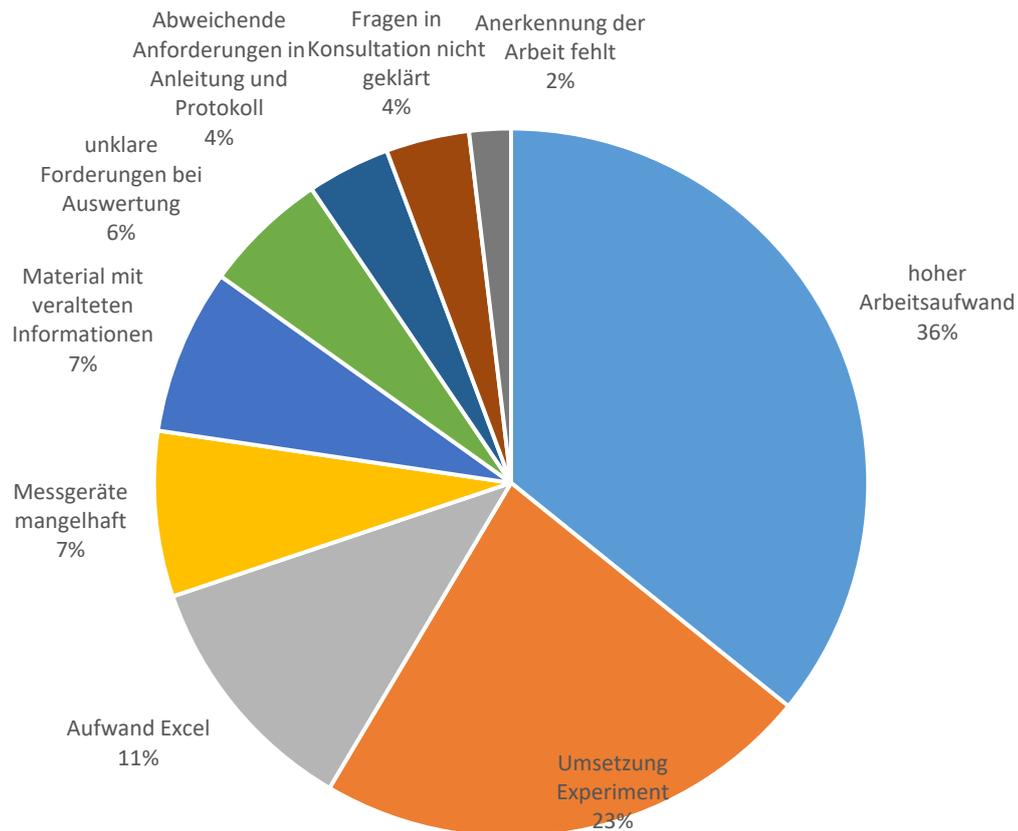


Abbildung 8: Lernhindernisse der Studierenden bei der Bearbeitung des Praktikums "Dehnungsmessung"

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/oeecd-lernkompass-2030-all> (abgerufen am 05.07.2023)