



Vom Präsenzpraktikum zum Blended Learning-Format

J. Knöbel*, S. Odenbach

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

Abstract

Dieser Beitrag dokumentiert die iterative Entwicklung und Evaluierung des Praktikums im Modul Mess- und Automatisierungstechnik in den Studiengängen Maschinenbau sowie Verfahrens- und Naturstofftechnik der Fakultät Maschinenwesen der Technischen Universität Dresden. Als Reaktion auf die Corona-Pandemie wurde das klassische Laborpraktikum über die Zwischenstufe Praktika@home in ein Blended Learning-Format überführt, dessen Kernelement ein mobiler Experimentierkoffer auf Arduino-Basis bildet. Im Rahmen von begleitenden Evaluierungen hat sich gezeigt, dass der Wechsel hin zu einem Blended Learning-Konzept das Engagement der Studierenden signifikant steigern konnte. Allerdings zeigte die fortlaufende Analyse auch Herausforderungen, deren Behandlung für eine erfolgreiche Entwicklung des Lehr-/Lernkonzepts wichtig war. Im Fazit hat sich gezeigt, dass eine systematische, evaluierende Begleitung für die Entwicklung neuer Lehr-/Lernkonzepte zwingend erforderlich ist. Zukünftige Entwicklungsziele umfassen die Integration eines digitalen Zwillings zur multimedialen Aufbereitung sowie die Dissemination des Formats auf andere ingenieurwissenschaftliche Disziplinen wie die Elektrotechnik.

This article documents the iterative development and evaluation of the internship in the Measurement and Automation Technology module in the Mechanical Engineering and Process and Natural Materials Engineering degree programs at the Faculty of Mechanical Engineering at Dresden University of Technology.

In response to the coronavirus pandemic, the traditional laboratory internship was converted into a blended learning format via Praktika@home, the core element of which is a mobile experiment kit based on Arduino. Accompanying evaluations have shown that this shift to a blended learning concept has significantly increased student engagement. However, ongoing analysis also revealed challenges that needed to be addressed for the successful development of the teaching/learning concept. In conclusion, it has become clear that systematic, evaluative support is essential for the development of new teaching/learning concepts. Future development goals include the integration of a digital twin for multimedia processing and the dissemination of the format to other engineering disciplines such as electrical engineering.

*Corresponding author: jette.schwick@tu-dresden.de

1. Einleitung

Die Lehrveranstaltung Mess- und Automatisierungstechnik (MAT) ist ein zweisemestriges Modul mit Start im Wintersemester. Das Modul setzt sich aus zwei Semesterwochenstunden (SWS) Vorlesung, einer SWS Rechenübung und einer SWS Praktikum zusammen und ist Bestandteil der Studiengänge Maschinenbau sowie Verfahrens- und Naturstofftechnik an der Fakultät Maschinenwesen an der TU-Dresden. Es wird jährlich von ca. 350 Studierenden (Stand Wintersemester 2025/26) besucht.

Ein zentrales Element dieser Veranstaltung und Gegenstand dieses Beitrags ist das Praktikum, das den Studierenden im 5. und 6. Semester die experimentelle Arbeit in der Messtechnik nahebringen soll. Diese Erfahrung benötigen sie in der praktischen Ausbildung, die sich im 7. Semester in Form des Fachpraktikums anschließt.

In der klassischen Gestaltung des Moduls wurde das Praktikum aufgrund der großen Studierendenzahlen, die in den 2010er Jahren bis zu 800 Teilnehmenden im Semester betragen, als Praktikum mit großen Gruppen an vorgefertigten Versuchsständen, an denen die Studierenden in einer dreistündigen Präsenzphase eine Reihe von Experimenten durchgeführt und ausgewertet haben, gestaltet (Abb. 1).

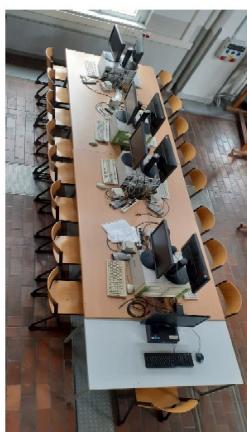


Abbildung 1: Typische Anordnung des klassischen Präsenzpraktikums (hier Messdynamik) für 16 Teilnehmer und einen Betreuer vor der Pandemiephase

Derartige Massenpraktika haben den großen Nachteil, dass sie die eigene, aktive Beteiligung der Studierenden nicht fördern und damit nur

geringen Lerneffekt zeigen. Gleichzeitig ist die Veränderung solcher Praktika bei großen Studierendenzahlen mit erheblichen Risiken verbunden, was in der Regel dazu führt, dass die Praktika in der bestehenden Form, trotz der bekannten Defizite fortgeführt werden.

Als zu Beginn des Sommersemesters (SoSem) 2020 durch die Corona-Pandemie die etablierten Massenpraktika aus hygienerechtlichen Gründen nicht mehr durchgeführt werden konnten, entstand eine Zwangssituation zur Veränderung der Praktika (Kap. 2), da die Studierenden die entsprechende Prüfungsleistung zur Fortführung ihres Studiums trotz der Pandemiebeschränkungen erbringen mussten. Von großem Vorteil war in dieser Situation, dass die Studierenden bereits im Wintersemester (WiSem) 2019/20 im ersten Teil der MAT-Veranstaltung am Lehrstuhl unterrichtet wurden. Damit konnte auf bereits vermittelten Stoff zurückgegriffen werden, um erste Versuche zu gestalten, die die Studierenden mit im Haushalt verfügbaren Mitteln durchführen konnten. Für die Versuche zu Hause wurde die Bezeichnung Praktika@home eingeführt (Kap. 2).

Die Betreuung der ersten Praktika@home über verfügbare Chat-Dienste erwies sich als wenig effizient und extrem problembehaftet. Ungeachtet dieser Schwierigkeiten in der Betreuung zeigte sich im Ergebnis der ersten Protokolle, dass die Studierenden mit hohem Engagement umfangreiche Untersuchungen durchgeführt und ausgewertet hatten; oft über das gefragte Maß hinaus.

Da in den nachfolgenden Semestern die Beschränkungen des Präsenzbetriebs nur langsam zurückgingen und die Studierenden bei den zu Hause durchführbaren Praktika wesentlich intensiver in die praktische Arbeit eingeführt werden konnten, als es die Massenpraktika früherer Semester erlaubten, wurde eine Weiterentwicklung des Konzepts vorgenommen (Kap. 2).

Maßgeblich für diese Weiterentwicklung war die Einführung von Experimentierkoffern, die auf Basis von Arduino-Microkontrollern experimentelles Arbeiten mit realer Messtechnik erlauben.

Mittlerweile ist der Präsenzbetrieb seit knapp 2,5 Jahren wiederhergestellt, das Konzept der

Praktika@home wird aufgrund seines Erfolgs aber weitergeführt. Das gesamte Praktikum ist aktuell vollständig in ein Blended Learning-Format (Kombination der Vorteile von Präsenzstudium mit den Vorteilen des Studiums zu Hause) überführt. Die verschiedenen Stufen dieser Entwicklung und ihre Konzeption im Rahmen eines evaluationsbasierten Entwicklungskonzepts sollen im Weiteren dargestellt werden, wobei besonderer Fokus auf der Evaluationsanalyse liegt, die im 3. Kapitel im Detail diskutiert wird.

Im Ausblick soll gezeigt werden, wie ein solches Konzept durch den Einsatz moderner Technologien aktuell gehalten werden kann und welche Möglichkeiten, aber auch Schwierigkeiten bei der Dissemination entsprechender Konzepte in andere Fächer auftreten können (Kap. 4).

2. Entwicklungsschritte

Vor der Pandemie wurden die MAT-Praktika als klassische Laborpraktika durchgeführt. Die Studierenden bereiteten sich selbstständig vor und nach einer kurzen Einführung wurde das Experiment innerhalb eines dreistündigen Zeitraums durchgeführt, ausgewertet und protokolliert.

Der Vorteil lag in der Nutzung hochwertigen Equipments, das präzise und reproduzierbare Messungen ermöglichte. Nachteile waren die sehr begrenzte Präsenzzeit und der geringe Lerneffekt bei unzureichender Vorbereitung, da die Motivation zum Selbststudium oft gering war. Ein weiteres didaktisches Problem war, dass die tatsächliche Verschaltung der Bauteile, wie beispielsweise beim Versuch zur Dehnungsmessung (DM), über Steckplätze erfolgte und dadurch abstrakt und nicht erfahrbar blieb [1].

Phase 1 – vom Labor in das häusliche Umfeld

Die erste Phase stellte die unmittelbare Reaktion auf die auferlegten Kontaktbeschränkungen während der Pandemie ab dem Sommersemester 2020 dar.

Während die Vorlesung auf Youtube und die Übung über den Matrixchat online realisiert werden konnten, stellten die Praktika eine größere Hürde dar [1].

Im Präsenzpraktikum arbeiteten damals 16 Studierende jeweils in Zweier-Gruppen zusammen, was bei 600 Studierenden insgesamt etwa 110 Praktikumseinheiten ergab. Jede davon wurde von einem Tutor geleitet. Wegen der Abstandsregeln durften im SoSem 2020 nur drei bis vier Teilnehmer gleichzeitig in den Praktikumsräumen anwesend sein, was theoretisch zu mindestens 450 Praktikumseinheiten geführt hätte. Dies war räumlich und personell nicht zu organisieren. Dennoch war und ist das Praktikum für die Wissensaneignung und die praktische Erfahrung essentiell. Eine Streichung von curricular verankerten Praktika war zudem nicht möglich, auch eine Verschiebung in höhere Semester war aufgrund der Unvorhersehbarkeit der weiteren Entwicklung und der damit verbundenen Mehrbelastung für die Studierenden unvermeidbar [1].

Deswegen wurde ein großer Teil der Praktika digitalisiert und an das häusliche Umfeld angepasst - mit dem Hintergedanken, das wichtige praktische Arbeiten für die Studierenden zu erhalten. Dabei gleichzeitig die Motivation der Studierenden zu einer intensiven Beschäftigung mit den Inhalten zu stärken, war von Anfang an ein wichtiger Aspekt der auch in den weiteren Phasen von Bedeutung geblieben ist.

Die drei Versuche, die regulär im Sommersemester durchgeführt wurden, sind jene zur Messdynamik (MD), zum Regelkreis (RK) und zur speicherprogrammierbaren Steuerung (SPS). Bei der Überführung in das Praktika@home-Konzept musste darauf geachtet werden, dass bei softwaregestützten Versuchen jedes Betriebssystem zur Umsetzung der Inhalte in der Lage sein musste und dass die Materialien für gegenständliche Versuche in der häuslichen Umgebung frei verfügbar sein mussten. Auf den Versuch zum Regelkreis wurde daher im ersten Umsetzungsverlauf, aufgrund der Komplexität der Überführung ins häusliche Umfeld, verzichtet. Der fehlende Versuch wurde durch ein Experiment zur digitalen Bildverarbeitung ersetzt, bei dem die Charakterisierung einer Kamera hinsichtlich ihrer Auflösung erfolgte (Abb. 2). Dabei konnte die Kamera eines Handys, Tablets oder Laptops verwendet werden. Außerdem wurden eine Rasierklinge oder alternativ eine Messerklinge benötigt, also Gegenstände, von denen

anzunehmen war, dass zumindest einer jedem Studierenden zugänglich sein sollte.



Abbildung 2: Studierende im leeren Studentenwohnheim bei der Durchführung des Versuchs zur Kameracharakterisierung [1]

Für jeden Versuch gab es anstelle einer Einführung durch den Tutor ein Einführungsvideo [V1-V4]. Je Versuch standen den Studierenden ca. drei Wochen zur Bearbeitung zur Verfügung, nach der Hälfte der Zeit konnten über einen Matrix-Chatraum der TU-Dresden, mit je 60 Studierenden gleichzeitig, Fragen und Probleme angesprochen werden. Die entstehenden Protokolle wurden ebenfalls digital auf der Lehr-/Lernplattform OPAL hochgeladen.

Es gab eine hundertprozentige Beteiligung an den Praktikumsversuchen. Außerdem waren die Studierenden gut auf die Konsultation in den Matrix-Chaträumen vorbereitet und stellten sehr zielgerichtete Fragen. Im Anschluss wurden die abzugebenden Protokolle mit weit mehr Inhalt gefüllt, als die Anforderungen es verlangten [1].

Die Evaluation im Kapitel 3 zeigt aber, dass die Umsetzung der Konsultationen mit größeren Schwierigkeiten verbunden war.

Phase 2 – Konzeption und Etablierung des Arduino-Koffers

Da das Pandemiegeschehen auch nach dem SoSem 2020 den Lehrbetrieb weiter massiv beeinträchtigte, mussten auch die Versuche für das anschließende WiSem 2020/21 ohne Präsenz geplant werden. In diese Planung ging bereits zu diesem Zeitpunkt der Gedanke ein, die Praktika@home langfristig als neues Lehr-/Lernmodell zu etablieren, da im ersten Pandemiestemester eine ungewöhnlich intensive Be-

schäftigung der Studierenden mit den Praktikumsinhalten festgestellt werden konnte, was zu besseren Lernerfolgen führte [1].

Sowohl aus Kapazitätsgründen als auch aufgrund schwerwiegender Lieferprobleme bei Elektronikkomponenten, die durch die Blockade des Suez-Kanals im März 2021 entstanden, musste das Versuchsprogramm bis zum Studienjahr 2022/23 regelmäßig umgestellt und an die Verfügbarkeit der Versuche angepasst werden. Eine begleitende Evaluation (Kap. 3) unterstützt diesen Entwicklungsprozess seit 2022.

Eine Übersicht zur Entwicklung der Versuchszusammenstellung ist in Tabelle 1 abgebildet.

Tab. 1: Übersicht über die Entwicklung der MAT Praktikumsversuche.

Semester	Versuch
SoSem 20	MD
	DBV
	SPS
WiSem 20/21	DBV
	MD
	VPF
SoSem 21	MK
	RK
	SPS
WiSem 21/22	MD
	MK
	VPF
SoSem 22	DM
	RK
	SPS
WiSem 22/23	Ab hier Versuche wie WiSem 21/22 – Besprechungen in Präsenz
SoSem 23	
WiSem 23/24	Einführung der Thementage

Legende:

MD - Messdynamik

DBV - digitale Bildbearbeitung

SPS - speicherprogrammierbaren Steuerung

MK - Messkette

RK - Regelkreis

DM - Dehnungsmessung

Farbwechsel – je ein Studienjahr/Modul MAT

Im WiSem 2020/21 mussten aufgrund der genannten Vorlaufzeiten die beiden aus dem SoSem 2020 bereits etablierten Versuche zur digitalen Bildverarbeitung und zur Messdynamik erneut eingesetzt werden, was bedingte, dass entsprechende Vorlesungsinhalte zwischen den beiden Semestern verschoben werden mussten. Hinzu kam ein Versuch zur Versuchsplanung und Fehlerrechnung (VPF), in dem Studierende ein Pendel aufbauen und damit die Erdbeschleunigung bestimmen sollten [1].

Mit Finanzmitteln aus dem FOSTER (Funds for Student Research)-Programm der TU-Dresden wurde mit Blick auf das kommende SoSem die zweite Phase der Praktikumsentwicklung realisiert. Das FOSTER-Programm ist eine finanzielle Förderung von Forschungsprojekten, die von Studierenden durchgeführt oder von Lehrenden initiiert werden, mit dem Ziel, Studierende frühzeitig an wissenschaftliche Forschung heranzuführen, ihre Interdisziplinarität zu stärken und damit den wissenschaftlichen Nachwuchs zu fördern.



Abbildung 3: Experimentierkoffer mit dem Arduino, Sensoren, Stellgliedern und Kabeln (aktueller Inhalt)

Aufbauend auf den Erfahrungen der 1. Phase erfolgte die Konzeption eines didaktisch nachhaltigeren und skalierbaren Systems zur Umsetzung verschiedener Experimente auf einer gemeinsamen Hardware-Basis. Herzstück des entwickelten Experimentierkoffers (Abb. 3) ist der Mikrokontroller Arduino UNO. Außerdem beinhaltet der Koffer zusätzlich verschiedene

Sensoren und Stellglieder [5]. Das reale Experimentieren ist damit weiterhin gesichert und durch die Arbeit mit dem Arduino lernen die Studierenden, neben den eigentlichen Lernzielen der Versuche, auch den Aufbau elektrotechnischer Schaltkreise sowie deren Steuerung und Programmierung mittels Computer [1].

Um den Arduino kennenzulernen wurden Einführungsexperimente entwickelt und an den Anfang der Praktikumsversuche gestellt. Dabei werden einfache Schaltkreise aufgebaut, in denen LED's als zentrale Komponenten dienen. Die Teilnehmenden lernen, diese mithilfe des Arduino anzusteuern sowie Leuchtdauer und Leuchtfrequenz zu programmieren.

Beispielhaft soll im Folgenden vor allem die Entwicklung der Versuche zum Regelkreis und zur Dehnungsmessung im SoSem 2022 dargestellt werden, um zu zeigen, welchen Aufwand die Entwicklung von Versuchen bedeutet, die Studierende mit bereitgestelltem Material zu Hause durchführen können.

Der Versuch zum **Regelkreis** bestand in der vor-pandemischen Zeit aus einem Plexiglasrohr in dem Wasser mit einer Pumpe bewegt und über einen Drucksensor der Wasserstand bestimmt wurde (Abb. 4 I.). Die Entwicklung des Praktika@home-Versuchs war mit erheblichen technischen und methodischen Herausforderungen verbunden. Der erste Prototyp bestand aus einem Hochtemperaturrohr und dem Gebläse eines Föhns, mit dem ein Styroporball bewegt wurde. Mit einem Ultraschallsensor sollte seine Position erfasst werden. Die Solldistanz konnte mit einem Potentiometer gesteuert werden [5]. Durch Löcher in dem Rohr wurden Druckverluste erzeugt, die dem nicht-linearen Zusammenhang zwischen Balldistanz und Motorleistung entgegenwirkten. Es resultiert ein linearer Zusammenhang zwischen Motorleistung und Ballhöhe, die mit einem PID Regler geregelt werden kann. Dies entspricht dem Lernziel des ursprünglichen Versuchs mit der Wasserpumpe.

Im nächsten Schritt wurde der Styroporball, unter Verwendung einer Arduino-Steuerung mit Hilfe eines PC-Lüfters mit passender Halterung in einem Plexiglasrohr, statt einem Hoch-

temperaturrohr, bewegt (Abb. 4 r.). Die Abstandsmessung mit einem Ultraschallsensor wie bei dem Prototypen wurde übernommen und in die Steuerung mit dem Arduino integriert. Bis auf das Rohr waren die Materialien im ausgeliehenen Koffer enthalten. Die Plexiglasrohre wurden an die in Dresden anwesenden Studierenden gesondert ausgegeben. Alternativ gab es eine Eigenbauvariante für jene, denen aufgrund der Reise-Einschränkungen eine Rückkehr nach Dresden aus der Heimat beispielsweise verwehrt blieb [5]. Auch hier sind im Eigenbau wieder herausragende studentische Varianten entstanden (Abb. 5).



Abbildung 4: Ursprünglicher Regelkreisversuch (Tauchpumpe) (l.) und Komponenten des ersten Prototyps Regelkreis für das Praktika@Home (r.) [5]



Abbildung 5: Studentischer Eigenbau des Versuchs Regelkreis [5]

Im WiSem 21/22 wurde eine erneute Umstellung der Versuche vorgenommen, um erneut auf bereits entwickelte Versuche zurückgreifen zu können. Um das ursprüngliche didaktische Konzept der Vorlesung wiederherstellen zu können, wurde parallel ein Versuch zur **Dehnungsmessung** für das SoSem 2022 konzipiert.

Für die Umsetzung in den Koffern wurden Biegebalken entwickelt, die jeweils fünf Dehnmessstreifen (DMS) tragen, die in unterschiedlicher Form in Wheatstone'schen Brückenschaltungen verschaltet werden können (Abb. 6). Damit können zusätzlich die Vorteile der Nutzung von Brückenschaltungen für die Verbesserung von Messsignalen und die Unterdrückung von Querwirkungen erfahrbar gemacht werden.

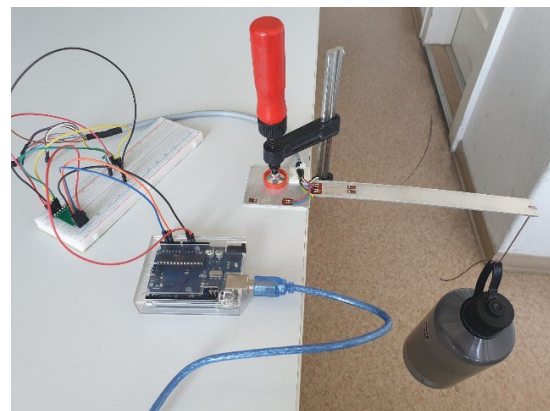


Abbildung 6: Gesamtaufbau des Versuchs Dehnungsmessung für zu Hause

Für alle Arduino-Versuche wurden grundlegende Programme für den Mikrokontroller zur Verfügung gestellt, um die Programmieranforderungen gering zu halten.

Neben der Konzeption umfasste diese Phase die logistische Herausforderung der Zusammenstellung, Verpackung und sicheren Verteilung der Koffer sowie die Organisation des Rückgabeprozesses.

Die Umstellung auf die Praktika@home-Versuche hatte ein deutlich höheres Engagement der Studierenden und eine positivere Wahrnehmung des Praktikumsstoffs zur Folge, wie in Kapitel 3 zur Evaluierung genau dargestellt wird. Die Studierenden nutzten die verfügbare Zeit zu Hause, um sich intensiver als üblich mit

den Experimentierinhalten auseinander zu setzen [1].

Ein positiver Effekt war die Einsparung des personellen und zeitlichen Tutorenaufwands vor Ort.

Phase 3 – Zurück zur Präsenz

Mit Beginn der Lockerungen der Kontaktbeschränkungen wurde die Beratung der Studierenden aus den Matrix-Chaträumen zurück in die Präsenz geholt. Wie schon erwähnt, ist das didaktische Konzept der Praktika@home-Versuche mit dem Koffer erhalten geblieben, womit die Herausforderung bestand, den Studierenden geeignete Lehr-/Lernformen für die praktikumsbegleitenden Konsultationen zur Verfügung zu stellen. Dabei war ein maßgeblicher Aspekt, dass die Studierenden nach zwei Jahren Isolationszeit motiviert werden mussten, Veranstaltungen in Präsenz wieder wahrzunehmen.

Diese Entwicklung ist über mehrere Stufen erfolgt, die hier nicht alle im Detail ausgeführt werden sollen. Als Endergebnis steht aktuell das Konzept der sogenannten Thementage im Fokus, bei dem nicht nur direkte Fragen zu den Versuchen, sondern darüber hinaus auch Vorlesungsinhalte von den Studierenden in Eigenarbeit erarbeitet werden.

Es finden insgesamt drei Thementage pro Semester statt. Je ein Thementag deckt ein Praktikumsthema (MD, MK, VPF, DMS,RK, SPS) ab (vgl. Tabelle 1).



Abbildung 7: Studierende beim Visualisieren ihrer Gruppenarbeit an einer Pinnwand

Für den jeweiligen Thementag erhalten die Studierenden verschiedene Aufgaben, die in

Heimarbeit mit dem Arduino-Koffer bearbeitet werden müssen. Insgesamt werden fünf Aufgabenkomplexe rund um das jeweilige Praktikumsthema verteilt. Jeder dieser fünf Aufgabenkomplexe wird von vier unabhängigen Zweier-Gruppen bearbeitet. In den Präsenztagen werden diese vier Gruppen zu Diskussionsrunden zusammengefasst. Sie vergleichen ihre Antworten, visualisieren diese an Pinnwänden (Abb. 7) und präsentieren sie im Plenum (Abb. 8). Auf diese Weise lernen im Plenum alle Studierenden alle fünf Aufgabenkomplexe kennen. Es können mit diesem System bis zu 40 Studierende an einem Thementag teilnehmen.



Abbildung 8: Studierende in der Gruppenarbeit; Experiment Regelkreis

In diesen Präsenzveranstaltungen erwerben die Studierenden neben den fachlichen Kompetenzen auch überfachliche Fähigkeiten die den Austausch innerhalb einer Gruppe sowie das Visualisieren und Präsentieren der Ergebnisse betreffen. Damit integrieren die Thementage die sogenannten 21st Century Skills [9] direkt in eine fachliche Lehrveranstaltung.



Abbildung 9: Präsenzveranstaltung Thementag

In einer zweiten Aufgabenrunde werden den Diskussionsrunden weiterführende Aufgaben

zugeteilt, welche die bisher erarbeiteten Ergebnisse aufgreifen und gezielt potentielle Probleme im Praktikum adressieren. Diese Aufgaben werden wie in der ersten Runde bearbeitet und präsentiert (Abb. 9).

3. Evaluation

Die beschriebenen drastischen Änderungen der Lehre vom klassischen Laborpraktikum in das Blended Learning-Format wurden ab dem SoSem 2022 mit einer Evaluation im Sinne des Design-Based-Research-Ansatzes begleitet. Dieser Ansatz kombiniert die Entwicklung und Evaluation innovativer Lehr-/Lernansätze und erfolgt in mehreren Iterationszyklen, wie in Abbildung 10 dargestellt [6].

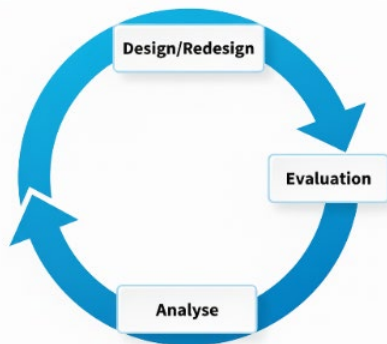


Abbildung 10: Iterationsschritte des Design-Based-Research-Ansatzes

Die primäre Zielsetzung der Evaluation war es, aus studentischer Perspektive die grundsätzliche Akzeptanz des neuen Lehr-/Lernkonzepts, die von den Studierenden aufgewendeten Zeiten und den Lernerfolg durch die Praktika zu ermitteln, um Hinweise zur Weiterentwicklung der Lehr-/Lernkonzepte zu gewinnen. Die Erhebung erfolgte mittels eines Fragebogens, der geschlossene Fragen und Freitexte enthielt und mit dem Programm limesurvey erstellt wurde [8]. Die Befragung wurde in der Regel am Ende des jeweiligen Praktikumsdurchlaufs durchgeführt und hatte damit sowohl summarischen als auch formativen Charakter [4].

Evaluierung des Praktikums DMS (SoSem 2022)

Der erste Durchlauf des Blended Learning-Praktikumsversuchs zum Thema Dehnungsmessung (DM) im Sommersemester 2022

diente als Startdesign für den Design-Based-Research-Ansatz und fokussierte die Evaluation auf das Betreuungsangebot. Dieses beinhaltete zu diesem Zeitpunkt die digitale Konsultation (Zwischenbesprechung), die Kontrolle der Protokolle die nach der Zwischenbesprechung abgegeben wurden und eine Nachbesprechung.

Die Ergebnisse der Evaluation zeigten dringenden Überarbeitungsbedarf im Betreuungskonzept. Nur 53% der Studierenden stimmten zu, dass ihre Fragen in der Konsultation geklärt wurden. Die Betreuungspersonen gaben ihrerseits an, dass sie bei der damaligen Konzeption der Zwischenbesprechung stark gefordert waren, spontan und adäquat auf unvorhersehbare Fragen zu antworten [4].

Darüber hinaus zeigte sich, dass die vorgesehene Nachbesprechung nicht wie beabsichtigt gelang. Die notwendige Kontrolle der Protokolle konnte im kurzen Zeitrahmen zwischen Abgabe und Nachbesprechung nicht realisiert werden, wodurch die Grundlage für ein individuelles Feedback entfiel. Zudem wurde dieses Betreuungsangebot von den Studierenden nur in geringem Maße nachgefragt.

Ein weiterer Kritikpunkt, der aus 40% aller freien Kommentare hervorging, war der nach Einschätzung der Studierenden zu hohe Zeitaufwand für die Bearbeitung des Praktikums. Die Studierenden gaben an, durchschnittlich 18 Stunden für den DM-Versuch zu benötigen, was signifikant über den in der Modulbeschreibung vorgesehenen elf Stunden lag.

Dieser hohe Zeitaufwand hing eng mit technischen und strukturellen Problemen zusammen. 52% der Studierenden berichteten, große Schwierigkeiten bei der Umsetzung der Praktikumsaufgaben gehabt zu haben. Ursachen waren unter anderem die schwierige Reproduzierbarkeit der Ergebnisse aufgrund eines instabilen Messsystems, was zu mehrfachen Wiederholungen ganzer Versuchsreihen führte. Ein Fehler im bereitgestellten Arduino-Programm verursachte Abweichungen zwischen Messdaten und theoretischen Werten, was viel Zeit in die Fehlersuche erforderte. Hinsichtlich der Prüfungsleistung wurde die analoge Form des Protokolls von den Studierenden abgelehnt. Trotz der Schwierigkeiten wurde die Gruppenarbeit positiv bewertet.

85% der Studierenden gaben an, dass es ihnen leichtfiel, sich in die Gruppenarbeit einzubringen, und 77% stimmten zu, dass sie sich durch die Gruppenarbeit intensiv mit den Inhalten auseinandergesetzt hatten.

Redesign und dessen Evaluierung (WiSem 2022/23)

Die kritischen Ergebnisse des Startdesigns führten zu gezielten Anpassungen im Rahmen der nächsten Iteration. Um die Betreuung zu verbessern, wurde die Einführung von Logbüchern (basierend auf dem Konzept der reading logs [6]) als zentrales Element zur Begleitung und Strukturierung der Selbstlernphase umgesetzt. Studierende wurden aufgefordert, ihre Fragen im Logbuch zu notieren und vor dem Konsultationstermin hochzuladen. Dies ermöglichte es den Betreuungspersonen, sich gezielt vorzubereiten und kollaborativ einen Fragen-Antwort-Katalog zu erstellen. Ziel war die Entlastung der Verantwortlichen und die Schaffung eines einheitlichen Qualitätsstandards. Die Konsultation wurde studierendenzentriert gestaltet, indem die tatsächlich gestellten Fragen der Studierenden aus den Logbüchern zur Grundlage der Präsenzveranstaltung gemacht wurden. Die Nachbesprechung wurde aufgrund der geringen Nachfrage und zur Entlastung der Betreuungspersonen komplett weggelassen.

Zur Reduzierung des kritisierten Zeitaufwands wurde die Aufgabe „Untersuchung von Störeinflüssen“ von drei auf nur noch zwei Störeinflüsse gekürzt. Zudem wurde den Studierenden die freie Wahl der Brückenschaltung gestattet, wodurch der aufwändige Vergleich zwischen Viertel- und Vollmessbrücke entfiel. Zur Unterstützung des Zeitmanagements wurde die „Semesterübersicht“ neu eingeführt, um wichtige Termine und empfohlene Aufgaben (to-dos) für die jeweilige Woche aufzuzeigen. Diese hat bis heute festen Bestand in der Vorlesung (Abb. 11).

Die Anpassungen im Betreuungskonzept zeigten eine deutliche Verbesserung. Die Zustimmung der Studierenden zur Aussage „In der Konsultation wurden meine Fragen geklärt“ stieg von 53% auf 78%. Dieser Trend spiegelte sich auch in den Freitextkommentaren wieder, wobei die Kritik, dass Fragen in der Konsultation nicht beantwortet wurden, deutlich zu-

rückging. Der Einsatz von Logbüchern war besonders erfolgreich für die Verbesserung der Betreuung und die Gestaltung der Konsultation [4].

November	Dezember	To-do für die Woche:
1So	13Mo	– Beginn Themastage DM 49
2So	2Di	– Praktikum VPF fertigstellen
3Mo	3Mi	– Protokoll VPF hochladen
4Di	4Do	
5Mi	5Fr	
6Do	6Sa	
7Fr	7So	
8Sa	8Mo	50
9So	9Di	Vorlesung 8
10Mo	10Mi	
11Di	11Do	
12Mi	12Fr	
13Do	13Sa	
14Fr	14So	
15Sa	15Mo	50
16So	16Di	Vorlesung 9
17Mo	17Mi	
18Di	18Do	
19Mi	19Fr	
20Do	20Sa	
21Fr	21So	Abgabe Protokolle DM
22Sa	22Mo	vorlesungsfreie Zeit 52
23So	23Di	
24Mo	24Mi	
25Di	25Do	
26Mi	26Fr	
27Do	27Sa	
28Fr	28So	
29Sa	29Mo	
30So	30Di	

Abbildung 11: Semesterablauf mit den zu erledigenden Aufgaben der jeweiligen Woche

Obwohl die Betreuung verbessert wurde, blieb der hohe Arbeitsaufwand (von 21,6 Stunden im Durchschnitt) der größte Kritikpunkt. Weitere identifizierte Lernhindernisse waren: hoher Arbeitsaufwand (36% der Nennungen), Umsetzung des Experiments (23% der Nennungen), Aufwand/Umgang mit Excel (11% der Nennungen), da viele Studierende ungeübt im Umgang mit dem Programm sind und Unsicherheit bei Fehlern oder abweichenden Ergebnissen haben. Die Analyse dieser Herausforderungen führte zur Erkenntnis, dass das Blended Learning-Format neue Anforderungen an die Studierenden stellt. Es erfordert mehr Planung und Organisation der eigenen Arbeitsprozesse sowie die Koordination der Partnerarbeit im Vergleich zu herkömmlichen Laborpraktika mit festgelegten Zeitfenstern. Eine große Herausforderung liegt neben dem reinen Wissenserwerb nun auch im Erwerb und Einsatz sogenannter 21st Century Skills [9] wie Selbstständigkeit, Teamfähigkeit, Eigeninitiative, Kreativität bei der Problemlösung, Kompetenz im Umgang mit Medien und Technologien sowie Kommunikationsfähigkeiten.

Evaluation Studienjahr 2023/24

Es finden weiterhin sechs Praktika, drei je Semester, statt. Im WiSem bearbeiten die Studierenden die Themen Versuchsplanung und Fehlerrechnung (VPF), Dehnungsmessung

(DM) und Messkette (MK) und im SoSem finden Messdynamik (MD), Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) und Regelkreis (RK) statt (vgl. Tab. 1). Die Evaluierung bezieht sich in den folgenden Kapiteln nur auf die Praktika im WiSem, also VPF, DMS und MK.

Es wurden viele positive Einschätzungen abgegeben aber auch Schwachpunkte sichtbar, die Überarbeitung benötigen. Insgesamt wurde der zu hohe Zeitaufwand bemängelt und das die Versuche aufwendig und schwierig sind. Vor allem beim Versuch DM wurde die instabile Schaltung kritisiert.

Handlungsempfehlungen zum Praktikum Messkette insbesondere zu Formulierungen im Logbuch und im Protokoll wurden aufgestellt und umgesetzt.

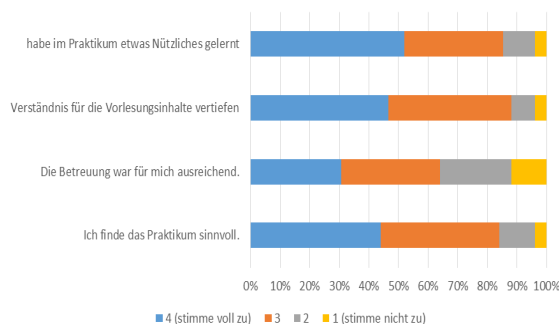


Abbildung 12: Einschätzungen der Studierenden zum Praktikum DM 2023/24

Über 70% der Beteiligten fanden das Praktikum sinnvoll und haben dabei etwas Nützliches gelernt (Abb. 12). Die Konsultation wurde vor allem in den freien Kommentaren kritisiert, da die Fragen, nach Aussage der Studierenden, nicht ausreichend beantwortet wurden. Die Konsultation wurde im nächsten Jahr abgeschafft, stattdessen wurden die Thementage (vgl. Kap. 2 Phase 3) eingeführt. Die Studierenden wissen die vielen verschiedene Angebote (Konsultation, Übung, Videos, Anleitungen, ...) zu schätzen und können von der Mischung profitieren [3].

Evaluation der Thementage (Studienjahr 2024/25)

In den Ergebnissen der jüngsten Evaluierung, vom Studienjahr 24/25, ist erkennbar, dass die Thementage als neues Betreuungselement im Rahmen der Praktika von den Studierenden

sehr positiv angenommen wurden und Spaß gemacht haben (Abb. 13).

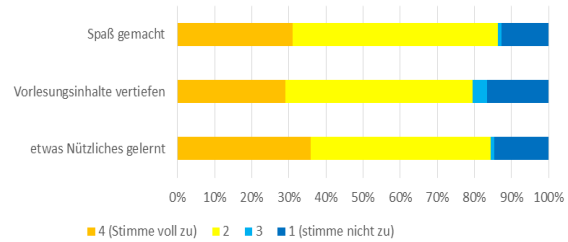


Abbildung 13: Einschätzungen der Studierenden zum Thementag VPF

Dennoch sollten einige Punkte zur Überarbeitung aufgegriffen werden. Während sich die Bewertung des Protokolls und des Logbuchs im Vergleich zum Vorjahr verbessert hat, nahm die Bewertung von Protokoll und Logbuch vom ersten zum dritten Praktikum ab. In den freien Kommentaren wurde klar, dass die Aufgabenstellung genauer formuliert werden sollte.

Den Bezug zur Berufspraxis konnten die Studierenden weiterhin nicht ausreichend knüpfen.

Der Zeitaufwand nahm vom ersten Praktikum (Mittelwert=6,4h) über das zweite Praktikum (MW=9,8h) bis hin zum dritten Praktikum (MW=17h) deutlich zu. Der Modulaufwand beträgt insgesamt 33,2h.

Die Erreichung der Lernziele wird von den Studierenden ebenfalls als abnehmend vom ersten bis hin zum dritten Praktikum bewertet.

Etwa 40% der Studierenden nutzten die Einführungsvideos. Die Anleitung für den Arduino wurde stark genutzt, insbesondere beim zweiten Praktikum (über 80%). Trotzdem wünschen sich die Studierenden eine bessere Einführung in den Umgang mit dem Arduino. Die Nutzung des Excel-Datenstreamers stieg von ca. 25% während des ersten Praktikums auf über 60% in den Praktika zwei und drei.

Das Empfinden von Spaß und die Vertiefung der Vorlesungsinhalte nahmen von Thementag eins zu Thementag drei ebenfalls ab.

Das Protokoll erhielt weiterhin einige negative Kritik in den freien Kommentaren. Studierende bemängelten, dass die Praktikumsanleitung viel präziser gestaltet werden müsste.

Ebenfalls positiv zu beobachten war, dass während sich im Studienjahr 23/24 über 50% der Teilnehmer zusätzliche Betreuung gewünscht

hätten, dieser Anspruch im Studienjahr 24/25 auf unter 20% abnahm.

Im Vergleich zum Vorjahr wurden die Einführungsvideos nicht mehr so viel geschaut.

Durch eine Veränderung der Aufgabenstellungen für das Praktikum konnte eine verbesserte Einführung zum Arduino bereits im WiSem 2025/26 erreicht werden und es fiel in den fortlaufenden Praktika positiv auf, dass die Studierenden wesentlich besser mit Fragestellungen umgehen konnten, die die Nutzung des Arduino erforderten.

4. Ausblick

Dissemination in die Elektrotechnik

Ein Ziel der gesamten Entwicklung eines neuen, und gemäß Evaluation erfolgreichen Lehr-/Lernkonzepts für modern gestaltete naturwissenschaftlich/technische Praktika ist die Dissemination des Blended Learning-Formats in Form der Kombination aus Praktika@home und Thementagen auf ingenieurwissenschaftliche Nachbardisziplinen. Aktuell wurden in Zusammenarbeit mit studentischen Hilfskräften neue, auf die Elektrotechnik spezialisierte Arduino-Experimente entwickelt, um ein verändertes Praktikum in der Elektrotechnik zu etablieren.

Obleich die neuen Methoden offensichtlich bessere Lernerfolge und moderne Technologien verfolgen, erfordert die tatsächliche Einführung des Blended Learning-Formats in der Elektrotechnik eine umfangreiche Umstrukturierung aktueller eingesetzter Praktika und die damit einhergehende Schulung von Dozenten und Professoren.

Digitaler Zwilling

Nach dem Vorbild des Projekts „DigitalHerrenhut“ [10] von Prof. Lasch wird derzeit ein physischer Arduino-Lernraum durch die Erstellung eines digitalen Zwillings mittels 360°-Kamera digital abgebildet. Dieses virtuelle Abbild ermöglicht die browserbasierte, navigierbare Erkundung des Lernraums und der Arduino-Versuche (ähnlich Google-Street-View) von zu Hause aus (Abb. 14). Innerhalb des Raumes sind die Experimente des Kofferpraktikums visualisiert und multimedial aufbereitet.

Studierende können jedes Experiment einzeln betrachten (Abb. 15) und auf zugehörige Doku-

mente (Protokoll, Logbuch, detaillierte PDF-Beschreibungen) sowie Youtube-Video-Anleitungen [V1-V4] zugreifen. Eine zentrale technische Herausforderung ist die sichere technische Lösung der Authentifizierung, wie es bis jetzt bei den Materialien auf der Lehr-/Lernplattform Opal gegeben ist. Die optimale und sichere technische Einbindung wird derzeit erarbeitet. Ein aktueller Stand des Zwillings kann online betrachtet werden [11].

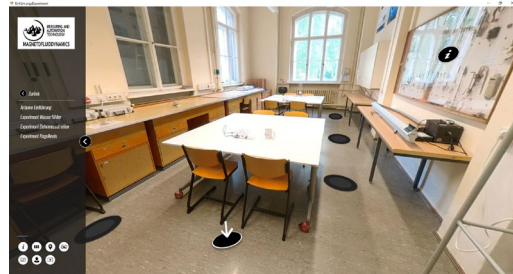


Abbildung 14: Screenshot: digitaler Zwilling MAT-Praktikum. Das 'Durchlaufen' und Erkunden erfolgt mittels Punkten am Boden. Navigationsleiste am linken Rand.

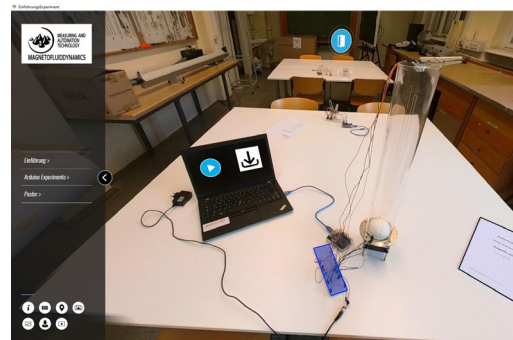


Abbildung 15: Screenshot: Experiment Regelkreis - Möglichkeiten zum Download der Materialien (PDF, Excel), Anschauen von Foto- und Videodetails des Versuchsaufbaus und Youtube-Video

Die Evaluierung bleibt weiterhin Bestandteil des Moduls MAT – besonders für das Praktikum, aber auch für die Vorlesung und Übung. Somit können Elemente verbessert und die neuen Elemente überprüft werden um den Lernerfolg für die Studierenden zu maximieren.

Danksagung

Danke an alle Studierenden des Moduls Mess- und Automatisierungstechnik, die an der Umfrage teilgenommen haben.

Wir danken dem FOSTER - Programm der TUD (Exzellenzförderung) für die finanzielle Unterstützung zur Entwicklung der Experimentierkoffer und dem virTUos-Projekt der Stiftung Innovation in der Hochschullehre, in dem sich die Praktika und ihre Betreuungsformate entwickeln konnten.

Außerdem danken wir der Fakultät Maschinenwesen, die das nötige Equipment für die Aufnahme des digitalen Zwillings realisiert hat.

Literatur

- [1] S. Odenbach, J. Morich, L. Selzer (2021): Praktikum ohne Präsenz - geht das?, Lessons Learned Bd. 1, 1/2
- [2] B. Schlegel, M. Ludwig (2022): Erkenntnisse aus der Tutorienarbeit unter pandemischen Bedingungen
- [3] B. Schlegel, C. Wermann, S. Odenbach (2022): Evaluation zur Wirksamkeit der Lehre im Modul Mess- und Automatisierungstechnik, Lessons Learned; Bd. 2 Nr. 2
- [4] C. Wermann, B. Schlegel, S. Odenbach (2022): Entwicklung und Auswertung der Evaluation von Praktika@home, Lessons Learned; Bd. 2 Nr. 2
- [5] L. Selzer, B. Bust, J. Morich, S. Odenbach (2022): Regelkreisversuch- „vom Prototyp zur Massenwahr“, Lessons Learned Bd. 2, Nr. 1
- [6] C. Wermann, S. Odenbach (2023): Blended Labs in den Ingenieurwissenschaften – die Entwicklung einer Alternative zu Laborpraktika nach dem Design-Based-Research-Ansatz, Lessons Learned; Bd. 3 Nr. 2
- [7] B. Schlegel, B. Watzka (2023): Wie gut ist meine Lehre (wirklich)? Studentisches Feedback konstruktiv nutzen, Lessons Learned; Bd. 3 Nr. 2
- [8] Limesurvey-Umfragetool <https://bildungsportal.sachsen.de/umfragen/>
- [9] Partnership for 21st Century Learning – A Network of Battelle for Kids (2019). <https://www.battelleforkids.org/net-works/p21/frameworks-resources> (20.11.2025)
- [10] <https://tu-dresden.de/bereichsuebergreifendes/virtuos/einzelvorhaben/digitalherrnhut> (09.12.2025)
- [11] <https://my.matterport.com/models/44Sy5jsjCC7?section=media> (09.12.2025)

Youtube-Videos:

- [V1] Versuch „Digitale Bildverarbeitung“: <https://youtu.be/LHhgr0nVBQI>
- [V2] Versuch „SPS“: <https://youtu.be/59xzLzSkIWw>
- [V3] Versuch „Messdynamik“: <https://youtu.be/mv4U2nx25Q>
- [V4] Versuch „Versuchsplanung und Fehlerrechnung“: <https://youtu.be/GzEDpFrs7tU>