

Re-Design eines Laborpraktikums im Lehramtsstudium – Didaktische Optimierung mittels Design-Based Research

SILKE FRYE, CLAUDIUS TERKOWSKY, TOBIAS HAERTEL, JUDYTA FRANUSZKIEWICZ, SABRINA HEIX

Abstract

Neben ihrer Fachkompetenz zeichnet gute Techniklehrer*innen die Begeisterung für ihr Unterrichtsfach aus. Um diese Begeisterung im Studium zu wecken und zu unterstützen, eignen sich insbesondere praktische Lern- und Lehrformate wie das Labor. Hier haben Studierende die Möglichkeit, technische und naturwissenschaftliche Phänomene hands-on zu untersuchen. Häufig stützen sich Laborpraktika in den Hochschulen jedoch auf stark strukturierte und instruktive Konzepte, die Studierenden wenig Raum für die Entwicklung von Kompetenzen zur Selbstorganisation geben. Dieser Beitrag zeigt an einem konkreten Beispiel, wie in einem Laborpraktikum für Lehramtsstudierende im Fach Technik gemeinsam von Lehrenden und Hochschuldidaktiker*innen verfestigte Handlungsroutinen aufgebrochen werden konnten und das didaktische und methodische Konzept mit dem Ansatz des Design-Based Research optimiert wurde. Dabei konnten als Schlüsselemente für das erfolgreiche Re-Design die Formulierung und Kommunikation der verfolgten Lernziele, die konsequente Umsetzung der Handlungsorientierung sowie die Stärkung der Selbstorganisation der Studierenden identifiziert werden. Darüber hinaus zeigt der Beitrag, wie eine Kooperation von Hochschuldidaktiker*innen und Lehrenden auf Augenhöhe aussehen kann und wie in dieser partizipativen Optimierung beide Seiten voneinander profitieren.

Schlüsselwörter: Lernziele, Design-Based Research, Selbstorganisation, Handlungsorientierung, Lehramtsausbildung

1 Einleitung

Neben ihrer Fachkompetenz zeichnet gute Techniklehrer*innen auch die besondere Begeisterungsfähigkeit für das eigene Fach aus. Um bei Schüler*innen Begeisterung für Technik wecken zu können, müssen Lehramtsstudierende eben diese Begeisterung in ihrem Studium selbst entdecken und erleben. Dafür ist in der Regel der Anwendungsbezug in der hochschulischen Ausbildung maßgeblich. Zur Umset-

zung einer praxisorientierten technischen Bildung steht dabei das „Handeln lernen“ und somit die Handlungsregulation (vgl. Volpert, 1971; Hacker, 1989) im Mittelpunkt. Realisiert werden kann dies bspw., indem die Studierenden selbstständig „vollständige Handlungen“ ausführen – sich also über technische Prozesse informieren, diese Prozesse planen, Entscheidungen treffen, die Planung ausführen, kontrollieren und abschließend auch bewerten. Neben der Fachkompetenz muss dabei insbesondere die Selbstorganisation der Studierenden gefördert werden. Sie steht für die Fähigkeit, den eigenen Lernprozess autonom zu organisieren und zu reflektieren (vgl. Savin-Baden & Tombs, 2018). Diese Verknüpfung von Fachkompetenz und Selbstorganisation ist Grundlage für die Entwicklung einer Methodenkompetenz, die es den Studierenden ermöglicht, technische Innovationen zu verstehen und später in ihren eigenen Unterricht einzubringen (Hein & Schulte, 2009).

Ein in technischen Studiengängen verbreitetes didaktisches Format, das praxis- und fachbezogenes sowie selbstorganisiertes Lernen ermöglicht, ist das Laborpraktikum. Aufbauend auf theorieorientierten Vorlesungen und Seminaren, wird anhand von ausgearbeiteten und geplanten Experimenten praktisches, wissenschaftliches und technisches Arbeiten trainiert. Studierende wenden fachspezifische Methoden an, während sie technische Experimente und Messungen durchführen, auswerten und interpretieren. Ein solches Laborpraktikum ist auch Teil des Curriculums des Lehramtsstudiums im Fach Technik für Haupt-, Real-, Sekundar- und Gesamtschulen an der Technischen Universität (TU) Dortmund.

2 Laborpraktikum für angehende Lehrer*innen im Fach Technik – Ausgangssituation

Das sogenannte Technische Praktikum (TPR) ist an der TU Dortmund Teil der Ausbildung von Lehramtsstudierenden im Fach Technik. Dieses Laborpraktikum umfasst zwei aufeinander aufbauende Kurse, das TPR 1 und das TPR 2. Insgesamt erstrecken sich diese Kurse über das dritte bis fünfte Bachelorsemester.

Das TPR kann als klassisches Grundlagenlabor charakterisiert werden, in dem die Studierenden im Wesentlichen fundamentale wissenschaftliche Erkenntnisse empirisch nachvollziehen (vgl. Bruchmüller & Haug, 2001). Ziel ist die Verzahnung von Theorie und Praxis. Die Studierenden untersuchen, dokumentieren und analysieren in Kleingruppen von zwei bis drei Personen grundlegende technische und naturwissenschaftliche Phänomene. Die Kurse stützten sich in ihrer ursprünglichen Form auf ein stark strukturiertes und instruktives Konzept. Die Studierenden führten dabei anhand von Versuchsanleitungen insgesamt 18 vorstrukturierte Experimente durch. Durch diese Anleitungen sollte sichergestellt werden, dass die Versuche innerhalb des vorgegebenen Zeitrahmens von allen Studierenden vollständig abgeschlossen werden (vgl. Bruchmüller & Haug, 2001). Alle Versuche folgten dem in Abbildung 1 dargestellten Ablauf.



Abbildung 1: Ablauf der Versuche im Technischen Praktikum vor dem Re-Design

Die fachlichen Inhalte und Grundlagen eines Versuchs, die jeweils in einem bereitgestellten Skript zusammengefasst waren, wurden vorab in einem Kolloquium abgeprüft. Konnten die Studierenden in dieser ersten Prüfung alle Fragen der Lehrenden zu den fachlichen Inhalten beantworten, führten sie im Anschluss den jeweiligen Versuch anhand einer strukturierten Schritt-für-Schritt-Anleitung durch. Danach wurden die aufgenommenen Daten und Messwerte von ihnen dokumentiert, ausgewertet und ein Bericht erstellt. Auf Basis dieses Berichtes fand ein zweites Prüfungsgespräch statt, mit dem der Versuch abgeschlossen wurde.

Dieser seit Jahren übliche Ablauf und die damit verbundenen Handlungsrountinen führten zunehmend zu Unzufriedenheit bei Lehrenden und Studierenden. Die Lehrenden kritisierten, dass die Studierenden von Semester zu Semester schwächere Leistungen zeigten und es ihnen immer mehr an grundlegendem Fachwissen fehle. Um dies auszugleichen, wurden die Skripte und Versuchsanleitungen durch die Lehrenden immer umfangreicher und detaillierter ausgearbeitet. Die Lehrenden wandten also zunächst die Strategie des „mehr desselben“ (Watzlawick, 2009) an, um zu einer Lösung für das von ihnen erkannte Problem zu gelangen. In den Lehr-evaluationen kritisierten die Studierenden jedoch den dadurch zunehmenden Aufwand für die Vorbereitung und Auswertung der Versuche sowie die engen Vorgaben und restriktiven Anleitungen. Daraus folgte der Eindruck der Lehrenden, die Studierenden seien unmotiviert und würden im Rahmen des Laborpraktikums nur im begrenzten Maße die gewünschten praktischen Erfahrungen sammeln.

Auch mit der vorhandenen fachdidaktischen Expertise der Lehrenden schienen die Bemühungen zur Verbesserung des Laborpraktikums allein aus der fach- und professionsgebundenen Perspektive nicht ausreichend. Je mehr Druck die Lehrenden auszuüben versuchten, um die Studierenden zum Lernen zu motivieren, desto weniger Motivation und Zufriedenheit zeigten diese. Dies wiederum steigerte die Unzufriedenheit der Lehrenden, worauf sie erneut versuchten, den Zwang zu erhöhen. Ergebnis war dann wieder ein größerer Widerstand der Studierenden. Watzlawick et al. (2017) nennen diese Spirale eine diskrepante Interpunktion von Ereignisfolgen. Die Lösung solcher Problemtypen besteht daher nicht darin, nach Ursache und Wirkung zu suchen bzw. wechselseitig nach den dafür verantwortlichen Personen und sie ggf. mit Sanktionen dazu zu zwingen, ihr Verhalten zu ändern, sondern allen Teilnehmenden der Interaktion die Möglichkeit zu eröffnen, aus diesem Zirkelschluss auszusteigen und gemeinsam bessere Lösungen zu finden (vgl. Watzlawick et al., 2017).

Um einen unabhängigen, objektiven Blick von außen zu erhalten, wurde von den Lehrenden daher eine Kooperation mit hochschuldidaktischen Expert*innen des Zentrums für Hochschulbildung (zhb) der TU Dortmund initiiert. Aus der Zusammenarbeit von Fachdidaktiker*innen und fachbezogen arbeitenden Hochschuldidaktiker*innen aus dem Bereich der Labordidaktik entstand auf Grundlage des Design-Based Research eine partizipative Optimierung (vgl. Schlick et al., 2018) der methodisch-didaktischen Konzeption des Technischen Praktikums.

3 Design-Based Research als gestaltungsorientierter Forschungsansatz

Der Ansatz des Design-Based Research (DBR) stammt aus der amerikanischen Bildungsforschung (Brown, 1992). Ausgangspunkt für seine Entwicklung war die Unzufriedenheit darüber, dass wissenschaftliche Erkenntnisse nicht ausreichend in der Praxis des Lehrens und Lernens berücksichtigt wurden (vgl. Reinmann, 2005). Ziel des Ansatzes ist es, Lernumgebungen zu gestalten und dabei gleichzeitig Lerntheorien in konkreten Kontexten zu überprüfen und weiterzuentwickeln. Somit werden Wissenschaft und Praxis miteinander verknüpft, um Lernsettings „erforschend zu gestalten und gestaltungsorientiert zu beforschen“ (Jahnke et. al., 2009).

Gess, Rueß und Deicke (2014) charakterisieren DBR mit sechs zentralen Merkmalen:

1. Die Entwicklung und der Test einer didaktischen Verbesserung (Intervention) stehen im Zentrum des (Forschungs-)Prozesses des DBR.
2. DBR findet in einem realen Bildungskontext, also in einer konkreten, komplexen und praktischen Lern- und Lehrsituation, statt.
3. Unterschiedliche Forschungsmethoden werden im DBR entsprechend der Ziele und Perspektiven kombiniert.
4. DBR verläuft in einem iterativen Prozess, in dem das Design und Re-Design der Intervention ständig weiterentwickelt werden.
5. Praxisexpertise wird durch die Beteiligung der Lehrenden in den Forschungsprozess einbezogen.
6. DBR leistet einen Beitrag zur Theorieentwicklung, indem theoretisch fundierte Interventionen überprüft und weiterentwickelt werden.

In der Durchführung sind iterative Phasen von Analyse und Aktion Kern des DBR (vgl. Plomp, 2013; Euler, 2014). In der Literatur finden sich dazu verschiedene Zyklusmodelle, die alle, abgesehen von einigen Unterschieden in Details, wie in Abbildung 2 dargestellt, ausgehend von der Identifikation des Handlungsbedarfs die Phasen Analyse, Entwicklung und Gestaltung, Erprobung, Analyse durch Evaluation sowie Revision und Modifikation umfassen (Jahn, 2014).

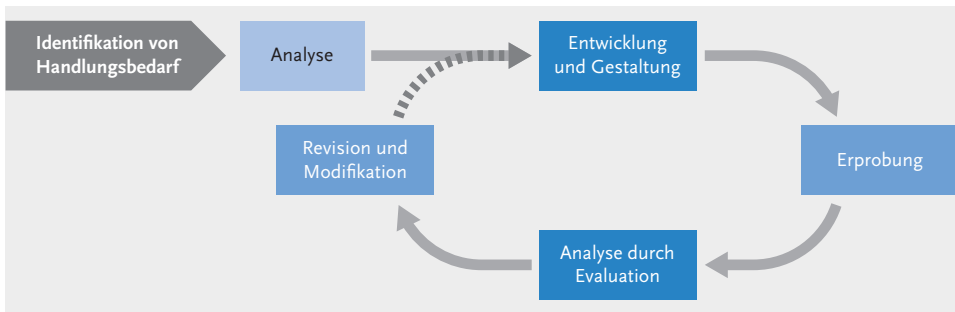


Abbildung 2: Zyklusmodell des Design-Based Research (in Anlehnung an Euler & Sloan, 2014)

Aus der labordidaktischen Perspektive wurden methodische Vorgehensweisen und Ergebnisse des acatech-Projekts „Das Labor in der Ingenieurausbildung – Zukunftsorientierte Ansätze aus dem Projekt IngLab“ (Tekkaya et al., 2016) sowie aus der Arbeit von May (2017) zur Internationalisierung der Ausbildung von Ingenieur*innen für den Design-Based Research Ansatz fruchtbar gemacht.

Wie das angesprochene Laborpraktikum gemeinsam von Hochschuldidaktiker*innen und Lehrenden mit dem Ansatz des DBR optimiert wurde, wird im Folgenden dargestellt.

4 Optimierung des Technischen Praktikums mittels Design-Based Research

Eine besondere Herausforderung bei der Optimierung des TPR waren eingefahrene Routinen und die zum Teil starke Skepsis gegenüber Veränderungen sowie die sich daraus ergebende, beschriebene Abwärtsspirale von Unzufriedenheit. Aus diesem Grund erfolgte jeder Schritt im DBR unter dem Anspruch, alle Beteiligten bei der Entwicklung mitzunehmen und auf Bestehendem aufzubauen, um auf die vorhandene Skepsis einzugehen und so eine möglichst hohe Offenheit für Veränderungen zu erzeugen und in der Folge auch zu erhalten. Darüber hinaus wurde konsequent das Ziel der Praktikabilität verfolgt, um konkrete, handhabbare und nützliche Ergebnisse für Lehrende und Studierende zu erreichen.

Phase 1 – Analyse

Die Analyse der Ausgangssituation ist der erste Schritt im DBR. Da eine kontextsensitive Optimierung des Laborpraktikums erfolgen sollte, war es wichtig, eben diesen Kontext zu erfassen und dabei auch mögliche Restriktionen für die Optimierung und Umsetzung des didaktischen und methodischen Designs zu identifizieren. Die Situationsanalyse des bestehenden Laborkonzeptes des TPR wurde durch die Hochschuldidaktiker*innen als außenstehende Instanz durchgeführt und setzte sich aus drei methodisch aufeinander aufbauenden Elementen zusammen:

1. Dokumentenanalyse

Zur Einordnung des Laborpraktikums im Studiengang und zur Klärung der formalen Vorgaben und Anforderungen erfolgte zunächst eine Auswertung der Modulbeschreibungen. Die ausgewiesenen Inhalte und Lernziele stellten Fixpunkte bzw. Rahmenbedingungen für eine mögliche didaktische und methodische Neugestaltung des Labors dar. Anschließend wurden die Skripte untersucht, die als fachliche Grundlage für die Versuche genutzt wurden. Ausgehend davon erfolgte eine Analyse der Versuchsanleitungen, insbesondere der methodischen Vorgaben und des instruktiven Aufbaus.

Ergebnis der Dokumentenanalyse war eine verbindliche Klärung der Rahmenbedingungen und Restriktionen für das Laborpraktikum in Bezug auf den zeitlichen Umfang, die zugeordneten Leistungspunkte und Prüfungsleistungen sowie ein erster, rein formaler Eindruck zu den Inhalten in den Bereichen Maschinenbau, Elektro- und Informationstechnik sowie zum didaktischen und methodischen Konzept des TPR.

2. Teilnehmende Beobachtung

Im Anschluss fanden teilnehmende Beobachtungen in allen Phasen des TPR statt. Diese umfassten sowohl das einführende und abschließende Kolloquium als auch die eigentliche Versuchsdurchführung. Dabei wurden neben dem organisatorischen Ablauf insbesondere das Verhalten der Studierenden und Lehrenden, die zur Verfügung stehenden Materialien sowie die erfolgten Hilfestellungen durch technische Mitarbeiter*innen, welche die praktische Arbeit der Studierenden im Labor begleiteten, dokumentiert.

Ergebnis waren dokumentierte individuelle Handlungsabläufe und -routinen der beteiligten Lehrenden und Verhaltensweisen der Studierenden in den verschiedenen Phasen des Versuchs sowie Beschreibungen der Prozessabläufe.

3. Strukturierte Interviews

Zur Validierung und Vertiefung wurden die Beobachtungen durch kurze strukturierte Interviews ergänzt. Hierbei wurden die Studierende dazu befragt, ob ihnen die Versuchsdurchführung Freude bereitet habe, Probleme aufgetreten seien und welche Vorschläge zur Veränderung der Versuche sie einbringen würden. Die Lehrenden wurden dazu befragt, ob ihre individuellen Ziele erreicht wurden, ob es positive oder negative Auffälligkeiten im jeweiligen Versuch gab und wie sie den Ablauf insgesamt bewerteten. Zusätzlich wurden von Studierenden und Lehrenden die Zielsetzungen, Stärken und Schwächen des Versuchs sowie Veränderungswünsche für das gesamte Laborpraktikum erfragt.

Ergebnis der strukturierten Interviews waren individuelle Bewertungen und Reflexionen aus der subjektiven Perspektive der beteiligten Personen. Die Studierenden gaben beispielsweise an, dass sie die praktische Arbeit in den Versuchen generell schätzten, die ständigen Prüfungssituationen im Kolloquium und beim Abschluss des Versuchs ihnen aber die Freude daran nähmen. Außerdem wurde häufig

darauf verwiesen, dass die eingesetzten Skripte nicht hilfreich seien für die Versuchsdurchführung – zu umfangreich, gleichzeitig unvollständig oder auch fehlerhaft. Bei der Befragung der Lehrenden wurde deutlich, dass kein einheitliches Verständnis über die Lernziele des Laborpraktikums und der einzelnen Versuche vorherrschte. Die Kurse waren stark geprägt von individualisierten und vor allem impliziten Zielsetzungen der Lehrenden, die für die Studierenden nicht transparent und nachvollziehbar waren.

Phase 2 – Entwicklung und Gestaltung

Zentrale Aussagen aus den Interviews und die Eindrücke der Hochschuldidaktiker*innen aus den Beobachtungen wurden dazu genutzt, die Lehrenden für die didaktischen und methodischen Aufgaben- und Problemstellungen im TPR zu sensibilisieren und lieferten den Impuls dazu, das gesamte Laborkonzept zu verändern. Ausgehend von der Erkenntnis des mangelnden gemeinsamen Zielverständnisses und der fehlenden Kommunikation der Lernziele an die Studierenden wurde durch die Hochschuldidaktiker*innen in Workshops zunächst das Constructive Alignment (Biggs, 1996) als das in der Hochschuldidaktik auch im Bereich von Laborpraktika und -übungen etablierte didaktische Analyseverfahren eingeführt und ausgehend davon die Definition gemeinsamer Ziele der Lehrenden für das Laborpraktikum initiiert.

Mit Bezug auf die Inhaltsfelder, in denen das Fach Technik in Kernlehrplänen des Landes Nordrhein-Westfalen strukturiert ist, erfolgte eine thematische Ausrichtung und Auswahl der Versuche. Da diese Inhaltsfelder das gesamte Spektrum des Unterrichtsfachs Technik und damit das Arbeitsfeld der zukünftigen Lehrer*innen darstellen, war es ein Ziel der Lehrenden, mit den Versuchen im TPR diese Inhaltsfelder zu adressieren. Dabei wurde die Anzahl der Versuche deutlich verringert (acht statt zwölf Versuche im TPR 1 und drei statt sechs im TPR 2) und den Lernzielen für jeden einzelnen Versuch eine größere Bedeutung gegeben. Mittels Moderation durch die hochschuldidaktischen Expert*innen wurden danach die methodische Ausgestaltung und die Lernzielkontrolle von den Lehrenden in den Versuchen konsequent auf diese Lernziele ausgerichtet. Dabei entschieden sich die Lehrenden auch dazu, die instruktiven Elemente zu reduzieren, um die Selbstorganisation der Studierenden zu fördern. Skripte und Anleitungen wurden durch initiiierende Problemstellungen und explizit formulierte Lernziele ersetzt, um selbstorganisiertes Lernen zu ermöglichen und zu fördern.

Die Studierenden sollen nach dem neuen Konzept in Kleingruppen relevante fachliche Inhalte selbstständig recherchieren und die Versuchsdurchführung individuell planen. Während sie sich bislang ohne räumliche und zeitliche Vorgaben durch die vorgegebenen Skripte und Anleitungen jedoch inhaltlich und methodisch streng instruiert auf die Versuche vorbereitet hatten, wurde dieses Konzept nun umgekehrt: Ort und Zeit der Vorbereitung wurden durch eine tutorielle Begleitung der Vorbereitung bewusst vorgegeben, während die Steuerung des Lernprozesses in den Elementen Inhalt, Methode und Medien den Studierenden nun selbst übertragen

wurde (vgl. Franaszkiewicz et al., 2019a). Das erste Kolloquium wurde durch ein sog. Vorbereitungsgespräch ersetzt, in dem die Studierenden ein individuelles, konstruktives Feedback der Lehrenden zur Vorbereitung und Planung des Versuchs erhalten. Nach der Durchführung des Versuchs entsprechend der eigenen Planung erfolgen dann die eigenständige Auswertung und eine abschließende Präsentation der Ergebnisse. Dabei sollen Studierende und Lehrende gemeinsam beurteilen, inwieweit die kommunizierten Lernziele erreicht wurden und ob damit ein ausreichender Lernerfolg besteht. Abbildung 3 zeigt die neue Struktur der Versuche.



Abbildung 3: Ablauf der Versuche im Technischen Praktikum nach dem Re-Design

Nachdem alle Versuche in diese Struktur umgesetzt wurden, startete das Technische Praktikum im Wintersemester 2017/18 fünf Monate nach Beginn der Situationsanalyse mit dem neuen Konzept.

Phase 3 – Erprobung

Da sich das TPR 1 über zwei Semester erstreckt und das TPR 2 nur in jedem zweiten Semester angeboten wird, umfasste die geplante Erprobungsphase zwei Semester. Dies ermöglichte den Lehrenden trotz geringer Teilnehmendenzahlen eine Eingewöhnung in das neue Konzept und eine umfassende Erprobung der erarbeiteten Optimierung. Bereits in diesem Erprobungszeitraum wurde das didaktische Design von ihnen in Details progressiv angepasst. So wurde u. a. nach Rückmeldungen von Studierenden die Formulierung bzw. Detaillierung der Lernziele in einzelnen Versuchen verändert. Ein Beispiel ist das folgende Lernziel zu einem Versuch aus dem Themenbereich Elektrotechnik. Nach der Neugestaltung des TPR war das Lernziel zunächst wie folgt formuliert:

„Du kannst den Zusammenhang zwischen der Dimensionierung der Bauteile und den Schaltzeiten sowie der Frequenz einer instabilen Kippstufe herstellen.“

In der Erprobung meldeten die Studierenden zurück, dass ihnen dieses Lernziel aufgrund seiner Formulierung und inhaltlichen Komplexität nicht ausreichend Orientierung für den Lernprozess biete. In dieser Situation zeigte sich zunächst ein Rückfall der Lehrenden in alte Handlungsmuster: Sie versuchten, Hilfestellung zu geben, indem sie zusätzliche Materialien und ergänzende Informationen zur Verfügung stellten. Die darauf folgende Frage von Studierenden, warum zu diesem Versuch ein Skript wie in der alten Version des Praktikums genutzt werden solle, führte bei den Lehrenden zu einer Reflexion der Situation und einem Rückbezug auf die Bedeu-

tung klar kommunizierter Lernziele. Das genannte Ziel wurde daraufhin heruntergebrochen in vier detailliertere Lernziele:

1. *Du kannst den Aufbau einer astabilen Kippstufe und die Funktion der Gesamtschaltung beschreiben.*
2. *Du kannst erklären, welchen Einfluss die Dimensionierung der Widerstände auf das Verhalten der LEDs hat.*
3. *Du kannst erklären, welchen Einfluss die Dimensionierung der Kondensatoren auf das Verhalten der LEDs hat.*
4. *Du kannst den Zusammenhang zwischen der Dimensionierung der Bauteile und den Schaltzeiten sowie der Frequenz einer astabilen Kippstufe ableiten.*

Die ersten drei dieser Lernziele sind logische Schritte zum Erreichen des vierten Lernziels. Sie wurden jedoch zunächst nicht explizit von den Lehrenden formuliert. Die Studierenden gaben aber an, dass diese vorgelagerten Lernziele sie dabei unterstützten, sich dem vierten Lernziel in kleineren Schritten zu nähern und die fachlichen Inhalte zu strukturieren. Ergänzende Arbeitsmaterialien und Informationen waren dazu nun nicht mehr erforderlich.

Die in der Erprobung gesammelten Erfahrungen wurden am Ende des Sommersemesters 2018 aus Perspektive der beteiligten Lehrenden und Studierenden evaluiert, um eine detaillierte Darstellung der Funktion des neuen Konzeptes im TPR zu erhalten und zu analysieren, inwieweit die Optimierung ihren Zweck erfüllt hatte.

Phase 4 – Analyse durch Evaluation

Ziel der Evaluation war es, die Wirksamkeit des didaktischen und methodischen Re-Designs sowohl aus Perspektive der Lehrenden als auch der Studierenden zu erheben. Dazu wurde ein qualitativer Ansatz gewählt, da so die subjektiven Perspektiven der beteiligten Personen und ihre individuellen Handlungsweisen umfassender berücksichtigt und die Reflexion der hochschuldidaktischen Expert*innen als Forschende, die in die Interpretation einfließen, erfasst, dokumentiert und ausgewertet werden können (Franuszkiewicz et al., 2019a).

Collins et al. (2004) empfehlen, bei der Analyse eines didaktischen und methodischen Re-Designs mindestens drei Gruppen abhängiger Merkmale zu untersuchen und zu beschreiben:

1. *Lernmerkmale*,
z. B. Lernerfolg bzw. Wissenszuwachs, Fertigkeiten und Lernstrategien;
2. *Klimamerkmale*,
z. B. Engagement und Motivation der Lernenden, Kooperation und Übernahme von Verantwortung;
3. *systemische Merkmale*,
z. B. Effizienz, Nachhaltigkeit und Aufwand für die Adaption.

Diese Merkmale wurden in teilstrukturierten Interviews erhoben, in denen die hochschuldidaktischen Expert*innen zehn Studierende befragten, die einen Teil der Versuche des TPR in der alten Form und einen anderen Teil in der neugestalteten Form

absolviert hatten. Da das Laborpraktikum sich über drei Semester erstreckte und die Studierenden individuell wählen konnten, welche Versuche sie in welchem Semester belegten, bestanden personenindividuelle Kombinationen aus Versuchen in der alten und in der neuen Form, über welche die Studierenden befragt werden konnten. Zusätzlich wurden Interviews mit vier Lehrenden geführt, die das Laborpraktikum ebenfalls sowohl vor als auch nach der Neugestaltung betreuten (vgl. Franuszkiewicz et al., 2019a sowie Franuszkiewicz et al., 2019b).

Als ausgewähltes Merkmal für die Gruppe der *Lernmerkmale* wurde in den Interviews der *Lernerfolg* der Studierenden thematisiert, da die Lehrenden diesen in der alten Version explizit als Problem benannt hatten. Die Studierenden betonten in ihren Antworten, dass das (Auswendig-)Lernen der Skripte in der alten Version des Laborpraktikums für sie keinen nachhaltigen Lernerfolg mit sich gebracht habe. Dies habe sich, so gaben acht von zehn von ihnen in der Befragung an, im neuen Konzept verändert: Hier seien die fachlichen Inhalte stets auch mit konkreten Handlungen und einer unmittelbaren Anwendung verbunden, was zu einer – subjektiv erlebten – Steigerung des eigenen Lernerfolgs geführt habe. Von drei der vier Lehrenden wurden die fachlichen Lernergebnisse der Studierenden im Vergleich zur alten Version als gleichwertig oder besser eingeschätzt. Ebenfalls drei der vier Lehrenden bewerteten zudem die Leistungen hinsichtlich der überfachlichen Kompetenzen sowie das methodische Vorgehen der Studierenden besser als in der alten Version.

Die mangelnde *Motivation* der Studierenden war ein wesentlicher Ausgangspunkt für den Optimierungsprozess des TPR. Daher wurde auch dieser Aspekt als eines der *Klimamerkmale* in der Befragung untersucht. Eine Steigerung der Motivation und des Interesses sowie der Kreativität der Studierenden bei der Bearbeitung der Problemstellungen der Versuche bestätigten in den Interviews alle vier befragten Lehrenden. Drei der zehn Studierenden verwiesen u. a. explizit darauf, dass sich die reduzierte Anzahl an Prüfungssituationen durch das Ersetzen des ersten Kolloquiums durch das konstruktive Feedback der Lehrenden positiv auf ihre Motivation ausgewirkt habe.

Stellvertretend für die *systemischen Merkmale* wurde in den Interviews ein Vergleich der *zeitlichen, inhaltlichen und organisatorischen Aufwände* erfragt, da diese von den Studierenden im alten Konzept besonders kritisiert wurden und zugleich für die dauerhafte Umsetzung des neuen Konzeptes durch die Lehrenden wesentlich sind. Die Lehrenden wiesen hier auf den hohen inhaltlichen Aufwand für die Umgestaltung der Versuche hin, stellten ansonsten aber einstimmig fest, dass sich der organisatorische und zeitliche Aufwand für die Durchführung des TPR selbst reduziert oder nicht verändert habe. Die Interviews der Studierenden zeigten, dass sie den zeitlichen Aufwand für das TPR sehr unterschiedlich bewerteten. Vier von ihnen gaben an, der zeitliche Aufwand habe sich durch die Umgestaltung reduziert oder sei unverändert geblieben; sechs hingegen erklärten, durch das neue Konzept sei ein erhöhter Zeitaufwand entstanden. Als Grund dafür nannten sie die festen Präsenzzeiten für die tutoriell begleitete Vorbereitung und die Durchführung der Versuche.

Phase 5 – Revision und Modifikation

Insgesamt zeigte die Evaluation einen Erfolg der Optimierung des didaktischen und methodischen Konzeptes des Laborpraktikums. Als Schlüsselemente des Designs konnten hierbei die klare Formulierung *und Kommunikation der Lernziele*, die *Umsetzung der Handlungsorientierung* durch die Abbildung der vollständigen Handlung in jedem Versuch sowie die *Stärkung der Selbstorganisation der Studierenden* identifiziert werden.

Insbesondere anhand der Befragung der Studierenden wurden aber auch einige Schwachstellen des neuen Konzeptes erkannt. Beispielsweise wurde von ihnen auf die nicht ausreichende fachliche Vorbereitung und versäumte hochschuldidaktische Qualifizierung der Tutor*innen hingewiesen. Zudem war der Wunsch nach mehr zeitlicher und räumlicher Flexibilität aufseiten der Studierenden groß. Aus diesem Grund sollten in beiden Kursen des Technischen Praktikums weitere Anpassungen erfolgen.

Ausblick auf weiteres Entwicklungs- und Gestaltungspotential

Um dem Wunsch der Studierenden nach größerer räumlicher und zeitlicher Flexibilität entgegenzukommen, wird im TPR 1 aktuell testweise in einem Versuch VISIR (Virtual Instruments Systems In Reality; siehe Beitrag zu VISIR in diesem Band), eine fernzugängliche Online-Experimentiereinrichtung (Alves et al., 2016), eingesetzt. Dieses System ermöglicht es, Experimente von einem beliebigen Ort aus und in einem frei gewählten Zeitfenster durchzuführen.

Im TPR 2 wird außerdem, aufbauend auf die im TPR 1 erworbenen Kompetenzen zur Selbstorganisation, die bislang durch die Lehrenden vorgegebene zeitliche Planung des Versuchsablaufs in allen Versuchen vollständig flexibilisiert. Die Studierenden vereinbaren individuelle Termine mit Lehrenden und Tutor*innen sowie mit den technischen Mitarbeiter*innen, die die praktische Arbeit im Labor begleiten. Dabei bleiben die grundsätzlichen Phasen des Versuchsablaufs, wie in Abbildung 3 dargestellt, weiterhin als Grundstruktur erhalten.

Diese Anpassungen zur weiteren zeitlichen und räumlichen Flexibilisierung des Laborpraktikums befinden sich aktuell in der Einführung bzw. ersten Erprobung. Aufgrund geringer Studierendenzahlen, personellen Veränderungen bei den beteiligten Lehrenden und den besonderen Herausforderungen der Hochschullehre in Zeiten der COVID-19-Pandemie konnte bislang keine Analyse dieser zweiten Intervention erfolgen. Im Sinne des DBR soll sich dies aber zeitnah anschließen. Die Ergebnisse werden dann auch weiter als Ausgangspunkt für einen kontinuierlichen Verbesserungsprozess im beschriebenen Laborpraktikum genutzt.

5 Resümee

Der Beitrag zeigt, wie mit dem Ansatz des Design-Based Research ein langjährig eingefahrenes Laborkonzept didaktisch und methodisch optimiert wurde. Dabei wurden durch die Kooperation von Lehrenden und Hochschuldidaktiker*innen sowohl die Praktikabilität als Dimension der Praxis als auch die wissenschaftliche Methodik als Dimension der Forschung gleichwertig im Optimierungsprozess berücksichtigt.

Es wird deutlich, dass die enge Zusammenarbeit von Hochschuldidaktiker*innen und Lehrenden in den Fachwissenschaften gewinnbringend für beide Seiten ist. Lehrenden in den Fachwissenschaften und, wie in diesem Beispiel gezeigt, auch in den Fachdidaktiken fehlt häufig die hochschuldidaktische Expertise zur Konzeption kompetenzorientierter Lehr- und Lernsituationen für Studierende. Im Gegenzug fehlt Hochschuldidaktiker*innen oft das praktische Anwendungs- und Bezugsfeld zur Erprobung und Evaluierung ihrer Konzepte und Theorien. Ist es die Absicht der Hochschuldidaktik, theoretische und praktische Ziele in der Hochschulbildung zu verzahnen und Bildungsprobleme zu lösen, erfordert dies eben eine solche Kooperationen in der (Lehr-)Praxis. Hier zeigen sich insbesondere auch Vorteile einer fachbezogenen oder disziplinentorientierten Hochschuldidaktik (z. B. Ingenieurdidaktik bzw. Labordidaktik), die in Beratung, Weiterbildung und Forschung eine Kooperation „auf Augenhöhe“ und im Sinne des *Scholarship of Teaching and Learning* erleichtert und unterstützt.

Aus Perspektive der Lehrenden wurde in diesem Optimierungsprozess zudem deutlich, dass eine kritische Auseinandersetzung mit dem eigenen Lehrkonzept erforderlich ist, um eingeschliffene Handlungsrountinen zu erkennen und zu brechen und Veränderungen umzusetzen. Hierbei können der „Blick von außen“ sowie die Beratung und Moderation des Prozesses durch Hochschuldidaktiker*innen helfen, Hürden zu überwinden. Für die Bereitschaft zur Debatte und Akzeptanz war es in diesem konkreten Optimierungsprozess wesentlich, nicht nur alles von Grund auf zu verändern, sondern auch auf Bestehendem aufzubauen und traditionelle Lösungen weiterzuentwickeln. Die deutlichen Erfolge bestärken den Mut zur Veränderung und regen zu weiteren Schritten in einem kontinuierlichen Verbesserungsprozess an.

Auch wenn die Ergebnisse der Evaluation einen deutlichen Erfolg des didaktischen und methodischen Re-Designs des Laborkonzeptes zeigen, ist die Übertragung der identifizierten Schlüsselemente (Formulierung und Kommunikation der Lernziele, Umsetzung der Handlungsorientierung und Stärkung der Selbstorganisation der Studierenden) auf andere Labore nur bedingt möglich bzw. sinnvoll. Selbst wenn sich die Kontexte in der Lehr- und Lernumgebung Labor ähneln, sind sie doch nie völlig gleich. Die Ergebnisse sollten daher nicht an Stelle eines eigenen „didaktischen Denkens“ übertragen werden, können aber ein Impuls für die Auseinandersetzung mit eigenen Handlungsrountinen in der Lehre sein.

Literaturverzeichnis

- Alves, G. R.; Fidalgo, A.; Marques, A.; Viegas, C.; Felgueiras, M. C.; Costa, R.; Lima, N.; Castro, M.; Diaz-Orueta, G.; Ruiz, E. S. C.; Garcia-Loro, F.; Garcia-Zubia, J.; Hernandez-Jayo, U.; Kulesza, W.; Gustavsson, I.; Pester, A. & Zutin, D. (2016). *Spreading remote lab usage a system — A community — A Federation* (S. 1–7) 2nd International Conference of the Portuguese Society for Engineering Education: UTAD, Vila Real, Portugal: proceedings. Vila Real, Portugal, 2016.
- Battaglia, S. (2010). Quo vadis, hochschuldidaktische (Hochschul)Forschung? *Journal Hochschuldidaktik* 1/2010, 28–32.
- Brown, A. (1992). Design Experiments: Theoretical and Methodological Challenges in Creating Complex Interventions in Classroom Settings, *Journal of the Learning Sciences* 2(2), 141–178.
- Biggs, J. (1996). Enhancing teaching through constructive alignment. *Higher Education*, 32(3), 347–364.
- Bruchmüller, H.-G. & Haug, A. (2001). *Labordidaktik für Hochschulen. Eine Hinführung zum praxisorientierten Projekt-Labor*. Alsbach/Bergstrasse: Leuchtturm-Verlag.
- Collins, A.; Joseph, D. & Bielaczyc, K. (2004). Design Research: Theoretical and Methodological Issues, *Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 15–42.
- Euler, D. (2014). Design-Research – a paradigm under development. In D. Euler & P. Sloane (Hrsg.). *Design-Based Research* (S. 15–44). Stuttgart: Franz Steiner Verlag.
- Euler, D. & Sloane, P. F. E. (2014). Design-Based Research. *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik*, Bd. 27. Stuttgart: Franz Steiner.
- Franuszkiewicz, J.; Frye, S.; Terkowsky, C. & Heix, S. (2019a). Flexibles und selbstorganisiertes Lernen im Labor – Remote-Labore in der Hochschullehre. *Zeitschrift für Hochschulentwicklung (ZfHE)* 14(3), 273–285.
- Franuszkiewicz, J.; Heix, S.; Frye, S.; Haertel, T. & Terkowsky, C. (2019b). From laboratory education to laboratory edu-action: evaluation of a redesigned lab course for prospective technology teachers and resulting demands for cyber-physical ‘remotification’. In *Proceedings of the 5th Experiment@ International Conference (exp.at'19), June 11–14 2019*, University of Madeira, Funchal, Madeira Island, Portugal, IEEE Conference Publications.
- Gess, C.; Rueß, J. & Deicke, W. (2014). Design-based Research als Ansatz zur Verbesserung der Lehre an Hochschulen – Einführung und Praxisbeispiel. *Qualität in der Wissenschaft* 1/2014, 10–16.
- Hacker, W. (1989). Vollständige vs. unvollständige Arbeitstätigkeiten. In S. Greif, H. Holling und N. Nicholson (Hrsg.), *Arbeits- und Organisationspsychologie. Internationales Handbuch in Schlüsselbegriffen* (S. 463–466). Weinheim: Beltz Psychologie-Verlags-Union.
- Hein, C. & Schulte, H. (2009). Position zu ländergemeinsamen Inhalten in der Techniklehrerbildung. In Deutsche Gesellschaft für Technische Bildung e. V. (Hrsg.), *Inhaltsfelder und Themen zeitgemäßen Technikunterrichts*, 87–96. Freiburg: Deutsche Gesellschaft für Technische Bildung.

- Jahn, D. (2014). Durch das praktische Gestalten von didaktischen Designs nützliche Erkenntnisse gewinnen: Eine Einführung in die Gestaltungsforschung. *W & E* 66(1), 3–15.
- Jahnke, I.; Terkowsky, C.; Burkhardt, C.; Dirksen, U.; Heiner, M.; Wildt, J. & Tekkaya, A. E. (2009). Experimentierendes Lernen entwerfen – E-Learning mit Design-Based Research. In N. Apostolopoulos, H. Hoffmann, V. Mansmann & A. Schwill (Hrsg.), *E-Learning 2009. Lernen im digitalen Zeitalter* (S. 279–290). Münster, New York, München, Berlin: Waxmann.
- May, D. (2017). *Globally competent engineers – Internationalisierung der Ingenieurausbildung am Beispiel der Produktionstechnik*. Aachen: Shaker Verlag.
- Plomp, T. (2013). Educational Design Research: An Introduction. In T. Plomp & N. Nieveen (Hrsg.), *Educational Design Research, Part A* (S. 10–51). Enschede: SLO.
- Reinmann, G. (2005). Innovation ohne Forschung? Ein Plädoyer für den Design-Based Research-Ansatz in der Lehr-Lernforschung. *Unterrichtswissenschaft*, 33(1), 52–69.
- Savin-Baden, M. & Tombs, G. (Hrsg.). (2018). *Threshold concepts in problem-based learning*. Leiden, Boston: Brill Sense.
- Schlick, C.; Bruder, R. & Luczak, H. (2018). *Arbeitswissenschaft*. Berlin: Springer Vieweg.
- Tekkaya, A. E., Wilkesmann, U., Terkowsky, C., Pleul, C., Radtke, M. & Maevus, F. (2016). *Das Labor in der ingenieurwissenschaftlichen Ausbildung. Zukunftsorientierte Ansätze aus dem Projekt IngLab* (acatech Studie). München: Herbert Utz Verlag GmbH.
- Volpert, W. (1971). *Sensumotorisches Lernen – Zur Theorie des Trainings in Industrie und Sport*. Frankfurt am Main: Limpert.
- Watzlawick, P. (2009). *Anleitung zum Unglücklichsein*. München: Piper Taschenbuch.
- Watzlawick, P. (2017). *Menschliche Kommunikation: Formen, Störungen, Paradoxien*. Bern, Hogrefe Verlag.

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1	Ablauf der Versuche im Technischen Praktikum vor dem Re-Design	97
Abb. 2	Zyklusmodell des Design-Based Research	99
Abb. 3	Ablauf der Versuche im Technischen Praktikum nach dem Re-Design	102