

Didaktik der Physik Frühjahrstagung – Würzburg 2018

Kompetenzorientierte, universitäre Laborpraktika

- Das Paderborner Physik Praktikum (3P) -

Anna B. Bauer*, Marc D. Sacher*

*Universität Paderborn, Department Physik, Physikalisches Grundpraktikum, Warburger Str. 100, 33098 Paderborn

anna.bauer@uni-paderborn.de, marc.sacher@uni-paderborn.de

Kurzfassung

Mit dem Paderborner Physik Praktikum (3P) ist seit Wintersemester 2011 eine kompetenzorientierte Neukonzeptionierung eines viersemestrigen Laborpraktikums (Anfängerpraktikum) auf Basis des Cognitive Apprenticeship Ansatzes mit dem Ziel eines systematischen Erwerbs der experimentellen Kompetenz entstanden. In diesem Beitrag werden am Beispiel des Praktikumssteils B (zweites Semester) die didaktische Struktur mit Fokus auf die Aufgabenstellungen und dem damit angestrebten Kompetenzerwerb vorgestellt. Dazu wird exemplarisch ein Experiment detailliert betrachtet.

1. Einleitung

Der Erwerb experimenteller Kompetenz stellt ein zentrales Ziel naturwissenschaftlicher Studiengänge an Universitäten dar [1]. Typischerweise erlernen die Studierenden im Rahmen von Laborpraktika systematisch das strukturierte und reflektierte Experimentieren im jeweiligen Fachkontext.

Verschiedene Erhebungen zur Wirksamkeit experimenteller Lehr-Lernsituationen [u.a. 1;2] zeigen allerdings, dass in den typischen organisatorischen Strukturen eine deutliche Diskrepanz zwischen den Zielen von Laborpraktika und dem Lernzuwachs der Lernenden besteht [3].

Das Konzept des 3P [4] begegnet dieser Diskrepanz durch eine kompetenzorientierte Neukonzeptionierung des Anfängerlaborpraktikums auf Basis des Cognitive Apprenticeship Ansatzes [5]. Die Studierenden werden systematisch beim Erwerb der experimentellen Kompetenz durch umfangreiche Betreuungs-, Scaffolding- und Feedbackstrukturen unterstützt, um sie auf ihre erste Qualifikationsarbeit, der Bachelorarbeit, sowie auf ihre weitere Berufstätigkeit vorzubereiten.

2. Ziele von Laborpraktika

Im Physikstudium sollen Studierende mittels Anfängerpraktika an einfacheren physikalischen Zusammenhängen experimentelle Kompetenz erwerben. Dazu erlernen sie Fähigkeiten und Fertigkeiten, die für die Planung, den Aufbau und die Durchführung von Experimenten, sowie für das Auswerten experimentell gewonnener Daten und Interpretieren der Ergebnisse notwendig sind [6].

Darüber hinaus stellt auch das Heranführen an den Erkenntnisprozess ihrer Wissenschaftsdisziplin, der Erwerb eines fundierten, fachmethodischen Wissens sowie die Verknüpfung und Vertiefung dieses mit dem in Vorlesungen und Übungen erworbenen Wissens Ziele von Laborpraktika dar [6].

3. Rahmenbedingungen von 3P

Die Studierenden des Bachelor-Studienganges Physik durchlaufen das Paderborner Physik Praktikum in den ersten vier Semestern. Das Praktikum gliedert sich in ein dreisemestriges Modul mit 15 Leistungspunkten und ein einsemestriges Modul mit 5 LP im vierten Semester. Beide Module werden mit einem Abschlussportfolio und einem dazugehörigen Reflexionssgespräch abgeschlossen. Lehramtsstudierende für Gymnasien und Gesamtschulen nehmen nur an den ersten drei Semestern des Praktikums teil. Das Gesamtkonzept des Paderborner Physik Praktikums ist in den vergangenen Jahren kontinuierlich weiterentwickelt worden. Es sind bisher die ersten zwei Semester, Praktikum A und B, in den Regelbetrieb überführt worden.

4. Didaktisches Konzept

Das 3P stellt die erste Lehrveranstaltung im Studienverlauf dar, in der die Studierenden die Fachmethodik des Experimentierens anhand unterschiedlicher, praktischer Situationen erlernen. Es ist neben dem Erwerb grundlegender experimenteller Fähigkeiten und Fertigkeiten daher die zentrale Idee, dass die Studierenden von Beginn an ihre Handlungen und Denkprozesse im Hinblick auf den Gesamtprozess des Experimentierens reflektieren und beurteilen, um eine tiefergehende Auseinandersetzung und damit die Entwicklung elaborierter Kompetenzen zu gewährleisten.

Der Erwerb der experimentellen Kompetenz wird im 3P auf Basis des didaktischen Prinzips des Cognitive Apprenticeship realisiert. Dieser Ansatz stellt eine situierte Lehr-Lernmethode dar und basiert auf dem Meister-Lehrlingsprinzip: Den Lernenden sollen beim Erwerb neuer Fähigkeiten die kognitiven Prozesse der einzelnen Arbeitsschritte und deren Bedeutung für das Endprodukt sichtbar gemacht werden. Zu

Beginn des Lernprozesses werden durch den „Meister“ die für das Erreichen des Endprodukts notwendigen Arbeitsschritte anhand von Handlungsmustern modelliert (Modeling). Der Lernende versucht die Handlungsschritte selbstständig anzuwenden und erhält dabei Unterstützung (Scaffolding). Im weiteren Verlauf des Lernprozesses tritt der „Meister“ und die Unterstützungen bei komplexer werdenden Aufgabenstellungen weiter in den Hintergrund (Fading), sodass der „Lehrling“ schrittweise selbstständiger arbeitet. Ziel ist eine Generalisierung der erworbenen Kompetenzen.

Konzeptionell ist im 3P dieser Lernprozess gestreckt über vier Semester angelegt (siehe Abb.1) und lässt sich in die didaktischen Dimensionen Betreuung, Scaffolding und Physikalische Inhalte gliedern. Die Rolle des Meisters übernehmen im Laborpraktikum speziell geschulte Betreuende. Ergänzend erhalten die Studierenden Hilfestellungen z.B. in Form von klar gegliederten Aufgabenstellungen. Während die Betreuung und das Materialangebot über die Semester schrittweise „ausgeschlichen“ werden, bleibt kooperatives Arbeiten als Unterstützung weiterbestehen und wird darüber hinaus gefördert.

Jeder Praktikumstag ist in abwechselnde Diskussions- und Experimentierphasen gegliedert. In den Diskussionsphasen arbeiten drei Zweiertteams, also sechs Studierende, zusammen. In den Experimentierphasen arbeiten die Studierenden in Experimentierteams zusammen und können sich bei Fragen oder Unklarheiten mit den anderen Teams austauschen. Die Phasen sind grob dem idealtypischen Prozess des Experimentierens nachempfunden: Planen, Aufbauen, Durchführen und Auswerten. Die Betreuenden strukturieren

jede Phase mit Hilfe kompetenzorientierter Aufgaben, die die Studierenden zu experimentelle oder sprachliche Handlungen aufgeforderen, um so die Ausbildung experimenteller Handlungsmuster zu unterstützen. Die Handlungsmuster verfestigen sich im Laufe der Experimente, da die Studierenden diese auf vielfältige Situationen anwenden und reflektieren.

Darüber hinaus ist für die Unterstützung des Lernprozesses eine umfangreiche Feedback-Struktur implementiert worden. Die Studierenden erhalten von ihren Betreuenden individuelles, differenziertes Feedback zu den an den Praktikumstagen gezeigten Leistungen und den Entwürfen der Praktikumsberichte. Weiterhin wird ab dem ersten Semester die Methode des Peer-Feedbacks [7] angelegt. Die Studierenden entwerfen ihre Berichte, geben diese an ihre Gruppenmitglieder weiter und erhalten ein erstes Feedback. Zu dem abgegebenen Feedback wiederum erhalten die jeweiligen Feedbackgeber eine Rückmeldung durch ihre Betreuenden. Das Feedback durch die Betreuenden sowie das durch die Peers wird durch regelmäßige Selbstreflexionsaufgaben ergänzt. Die Studierenden gleichen dabei ihre Selbstwahrnehmung ihres Leistungsstandes mit dem erhaltenen Feedback durch die Betreuenden und Peers ab. Sie können so ihren eigenen Lernprozess reflektieren und Ansatzpunkte für mögliche Weiterentwicklungen identifizieren. Das Reflexionsgespräch am Ende des Moduls rundet die Feedback-Struktur ab.

Inhaltlich sollen die Studierenden sowohl fachmethodische Fähigkeiten als auch experimentelle Fertigkeiten anhand exemplarischer Situationen erwerben. Im ersten Semester bilden an jedem Praktikumstag einzelne Facetten experimenteller Kompetenz, wie z.B. das Erstellen und Beurteilen von Messplänen, das

	Methodische Komplexität	Kooperatives Lernen	Betreuung	Materialien	Schwerpunkt	Typische Experimente	
Schrittweise Erhöhung der Komplexität & Selbstständigkeit	Praktikum A Mechanik (1. Semester)	Erwerb einzelner experimenteller Fähigkeiten	Einführung Gruppenarbeit und Peer-Feedback	Detaillierte Anleitung und Strukturierung aller Arbeitsphasen	Detaillierte Vorbereitungshinweise & klar gegliederte Aufgabenstellungen mit vollständiger Literatur	Verschiedene Aufbauten zu gleicher Aufgabenstellung	Trägheitsmomente
	Praktikum B Elektrodynamik (2. Semester)	Verknüpfung einzelner experimenteller Fähigkeiten	Selbstständige Organisation der Vorbereitung in Teams & Peer-Feedback zu einem Bericht	Anleitung und Strukturierung längerer Arbeitsphasen	Klar gegliederte Aufgabenstellung für die Vorbereitung mit vorgegebener Einstiegsliteratur	Grundlegende Messmethoden mit steigender Anzahl zu beachtender Komponenten	Brückengleichrichter
	Praktikum C Schwingungen, Optik, Atomphysik (3. Semester)	Verknüpfung aller experimenteller Fähigkeiten	Selbstständige Organisation der Gruppenarbeit am Experimentiertag & des Peer-Feedbacks	Grobstrukturierung der Praktikumstage und Hilfe nach Bedarf	Komplexe Aufgabenstellung mit Bearbeitungshinweisen & selbstständige Literaturrecherche	Fortgeschrittene Messmethoden & komplexere Aufbauten	Gedämpfte Schwingungen
	Praktikum D Freie Inhaltswahl (4. Semester)	Nutzung komplexer experimenteller Fähigkeiten	Selbstständige Organisation eines Projektes	Nach Bedarf & während der Präsentationsphasen	Selbstständige Wahl gemäß Projektthema	Freie Wahl mit angemessener Komplexität	Selbstgewähltes Projektthema

Abb. 1: Didaktisches Konzept des viersemestrigen Paderborner Physik Praktikums inkl. der Darstellung Konzeptionierungsdimensionen: Betreuung (blau), Physikalischen Inhalte (grün) und Scaffolding (rot).

hervorgehobene Lernziel. Die Betreuenden leiten die Studierenden durch kompetenzorientierte, experimentelle Aufgabenstellungen aus dem Inhaltsbereich der Mechanik an, indem sie z.B. die experimentellen Handlungsmuster (Arbeitsschritte) für das Erstellen von Messplänen modellieren. Im Anschluss erproben die Studierenden das gelernte Handlungsmuster und werden im Anschluss zur Reflexion ihrer Vorgehensweise und der Ergebnisse auf Basis des Gesamtprozesses des Experimentierens angeregt. Im Verlauf der Experimente sammeln die Studierenden so vielfältige Handlungsmuster, die sie in neuen Situationen anwenden und so weiterentwickeln können.

Im zweiten Semester wenden die Studierenden die separat erworbenen Kompetenzfacetten miteinander verknüpft auf komplexere Situationen im Inhaltsbereich der Elektrodynamik an. Der Betreuende leitet die Verknüpfung der Fähigkeiten in den einzelnen Phasen der Praktikumstage an, indem die Studierenden mehrere fachmethodische Aspekte bei der Reflexion des jeweiligen experimentellen Vorgehens und der Ergebnisse nutzen.

Im dritten Semester absolvieren die Studierenden in unterschiedlichen, physikalischen Inhaltsgebieten größtenteils selbstständig komplexe Projekte, deren Bearbeitung eine Verknüpfung aller experimentellen Kompetenzfacetten miteinander erfordert. Der Betreuende hat nur noch beratende Funktion. Im vierten Semester bearbeiten die Studierenden eigenständig ein komplexes Projekt vom Finden eines Themas bis

zum Präsentieren ihres Projektes in Form eines hochschulöffentlichen Vortrags.

5. Weiterentwicklung des Konzeptes

Das Konzept wird seit der Einführung regelmäßig weiterentwickelt. Für die Identifikation möglicher Optimierungsansätze werden Fragebögen eingesetzt, die Zufriedenheitswerte der Studierenden in Form geschlossener Fragen zu den einzelnen Aspekten des Konzeptes, wie der Organisation des Praktikums, der Vorbereitung der Praktika, der Diskussions- und Experimentierphasen und der Betreuung mittels einer vierstufigen Likertskala („trifft gar nicht zu“ bis „trifft voll zu“) erheben. Darüber hinaus bieten offene Fragen den Studierenden die Möglichkeit anonym ihre Meinung zu dem Konzept zu äußern. Der Fragebogen wird nach jeder Weiterentwicklung der Konzeptbestandteile angepasst und am Ende jedes Semesters eingesetzt. Für die Weiterentwicklung des Konzeptes werden Aspekte mit geringen Zufriedenheitswerten mit den Studierenden und Betreuenden diskutiert, reflektiert und neue Ideen entwickelt.

6. Konzept des Praktikums B

Im Folgenden wird die didaktischen Struktur des Praktikums B entlang der Dimensionen Physikalische Inhalte, Betreuung und Scaffolding beschrieben.

6.1. Physikalische Inhalte

Im Praktikum B durchlaufen die Studierenden vier Experimente zu Inhalten aus der Elektrodynamik und belegen einen Workshop, in dem sie die Fertigkeit des

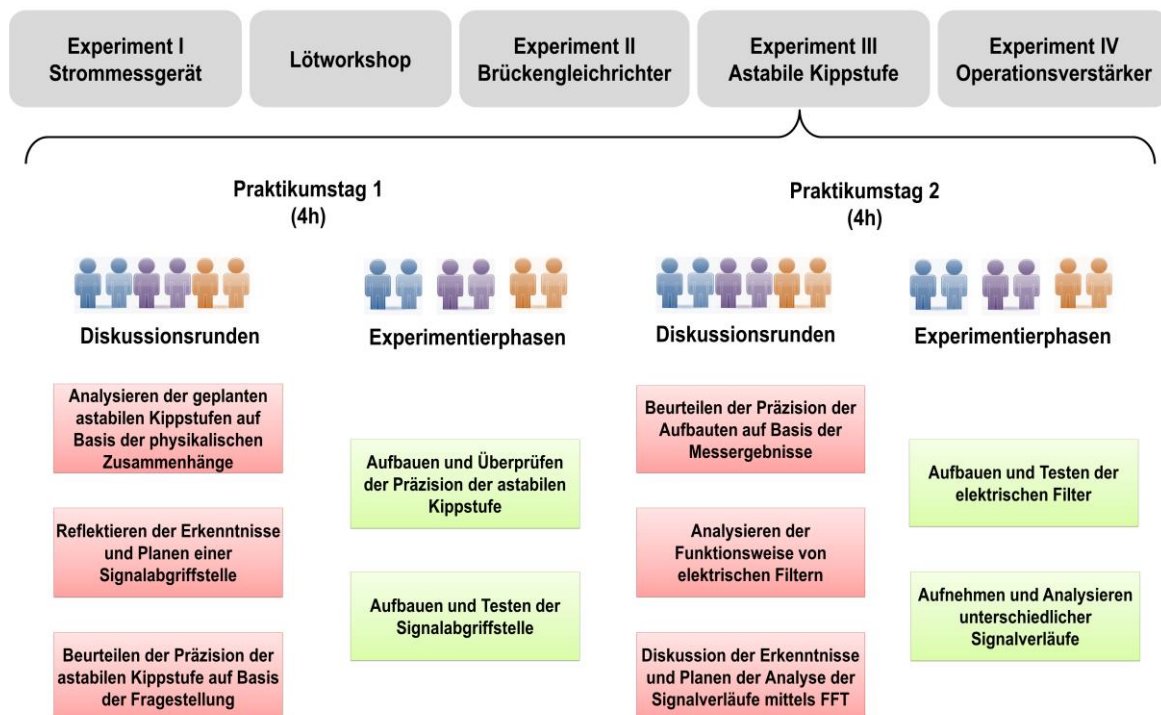


Abb. 2: Inhaltlicher Ablauf des Praktikums B (oben) und didaktische Struktur des Experiments „Astabile Kippstufe“ (unten)

Lötens erlernen (siehe Abb.2). Ziel des Praktikums B ist, dass die Studierenden das Anwenden und Beurteilen elementarer Messmethoden und Messgeräte der Elektrodynamik erlernen und ihre im Praktikum A erworbenen experimentellen Fähigkeiten und Fertigkeiten auf einen weiteren physikalischen Inhaltsbereich übertragen und so weiterentwickeln. Im Verlauf des Semesters nutzen die Studierenden an den Praktikumstagen verschiedene Messgeräte und Messmethoden wiederholt in komplexer werdenden Aufbauten und Experimentieraufgaben (siehe Tab.1). Alle Aufbauten des B-Praktikums werden von den Studierenden selbstständig gelötet. Die Studierenden sollen nach dem Praktikum B in der Lage sein, Messgeräte und elektronische Bauteile, wie z.B. Transistoren, selbstständig hinsichtlich ihrer Funktionsweise und Wirkung auf Schaltkreise zu analysieren und deren Eignung zu beurteilen.

Im Praktikum B werden die Studierenden als Vorbereitung auf das Praktikum C an allen Praktikumstagen an das Formulieren von experimentellen Fragestellungen herangeführt. Dazu leiten sie aus der Aufgabenstellung des Experimentes, die ihnen zusammen mit den Vorbereitungsaufgaben gegeben werden, experimentelle Fragestellungen für die einzelnen Praktikumstage ab, die dann am Ende des zweiten Praktikumstages zu einer Fragestellung für das Experiment zusammengeführt und als roter Faden für die anzufertigen Berichte genutzt wird. Dieses Vorgehen ist angelegt worden, weil es den Studierenden schwer fällt hypothesengeleitet zu experimentieren und somit die einzelnen Phasen der Praktikumstage nicht als Teile eines gesamten Experimentierprozesses angesehen werden. Dies zeigt sich darin, dass die einzelnen Arbeitsschritte für das Absolvieren der Aufgabe nicht zielgerichtet durchlaufen werden und die Reflexion der Arbeitsschritte nicht auf Basis des gesamten Experimentierprozesses erfolgt.

6.2. Betreuung

Die Betreuenden leiten die Studierenden durch die Arbeitsschritte der Praktikumstage und erhalten dafür einen detaillierten Ablaufplan, der neben den Zielsetzungen der einzelnen Phasen auch die jeweiligen Aufgabestellungen und weitere Hinweise zum Ablauf enthalten. Sie leiten jede Phase ein, indem sie den Studierenden das Ziel der Phase und die dafür abzuarbeitenden Arbeitsschritte nennen. Es wird ihnen dabei keine Reihenfolge für die Bearbeitung vorgegeben. Die Studierenden dürfen den Weg zum Erreichen des Ziels der Phase selbstständig bestimmen. Die Betreuenden greifen in die Diskussionen oder Experimentierhandlungen ein, sobald falsche oder umständliche Vorgehensweisen gewählt werden. Dazu setzen sie Impulse, die die Studierenden zur Reflexion ihrer Vorgehensweise animieren und entwickeln dann mit ihnen alternative Vorgehensweisen und unterstützen so das Bilden von Handlungsmustern.

6.3. Scaffolding

Die Studierenden bereiten sich auf die Experimente im Praktikum B mit Hilfe von Fachliteratur (z.B. Fachbücher, Paper) und bereitgestellten Videos vor. Bei den Fachinhalten wird dabei zwischen Allgemein- und Expertenwissen unterschieden. Ersteres bereiten alle sechs Studierenden vor, da es sich um die elementaren Fachinhalte für das erfolgreiche Absolvieren der Experimente handelt. Weiterhin werden für jeden Praktikumstag drei Expertenthemen genannt. Die Themen werden von den Studierenden selbstständig auf die Praktikumsteams aufgeteilt und vorbereitet. An den Praktikumstagen gelten die Teams z.B. für die Funktionsweise von Peltier-Elementen als Experten und erklären diese den anderen Teams. Diese Aufteilung der Fachinhalte sorgt dafür, dass der Umfang der Vorbereitung gesenkt und die Selbstständigkeit der Studierenden erhöht werden konnte. Darüber hinaus werden die Expertenthemen so tiefergehend vorbereitet, weil die Studierenden wissen, dass sich die anderen Praktikumsteams auf sie verlassen.

Die Evaluation der letzten Durchgänge hat u.a. aufgezeigt, dass den Studierenden die Vorbereitung auf die Praktikumstage schwerfällt. Sie wünschen sich für die Vorbereitung strukturierende und anleitende Aufgabenstellungen. Dies ist darauf zurück zu führen, dass die zu verwendenden Bauteile und Messgeräte für fast alle Studierenden unbekannt sind und die aufzubauenden Schaltungen aus einer wachsenden Anzahl von Bauteilen bestehen. Die Studierenden sind somit sowohl während der Vorbereitung als auch an den Praktikumstagen kognitiv stark belastet. Nach der Cognitive-Load-Theory [8] kann die kognitive Belastung der Lernenden durch angeleitete Übungsgelegenheiten gesenkt werden, die schrittweise an den Lerninhalt heranführen.

Es sind deswegen Simulationsaufgaben für alle Experimentiertage im Praktikum B entwickelt und getestet worden, die von den Studierenden mittels der Software LTSpice [10] realisiert werden sollen und sie so schrittweise an die Funktionsweise komplexer Schaltungen heranführen.

LTSpice stellt eine Open-Source Software für elektrische Schaltungen dar. Neben idealen können auch reale Bauteile simuliert werden, sodass eine größtmöglichen Realitätsnähe erreicht wird. Zur Einführung in LTSpice sind drei Einführungsvideos entstanden, in denen schrittweise die Nutzung der Software erklärt wird.

Weiterhin sollen die Aufgaben den Studierenden ermöglichen, auf Basis ihres individuellen Wissensstands und Lerntempos die Funktionsweise und das Zusammenwirken mehrerer Bauteile direkt in der Simulation beobachten zu können. Besonders die Funktionsweise zeitlich veränderlicher Bauteile und -schaltungen, wie z.B. Kondensatoren im Wechselstromkreis, können so bereits im Vorfeld des Prakti-

	Experiment 1 Strommessgerät	Experiment 2 Brückengleichrichter	Experiment 3 Astabile Kippstufe	Experiment 4 Operationsverstärker
Inhalt	Gleichstromkreise	Gleichrichtung von Wechselstrom	Generierung von Rechtecksignalen aus Gleichspannung	Verstärkung von Signalen
Die Studierenden können...	... einen experimentellen Aufbau planen, dimensionieren und kalibrieren.			
	... Gleichstromkreise physikalisch beschreiben und experimentell realisieren	... Wechselstromkreise physikalisch beschreiben und experimentell realisieren	... eine astabile Kippstufe physikalisch beschreiben und experimentell realisieren	... unterschiedliche Operationsverstärkerschaltungen physikalisch beschreiben und experimentell realisieren
	... Digitalmultimeter für Strom-, Spannungs- und Widerstandsmessung nutzen und analysieren	... einen sinusförmigen Signalverlauf mit Hilfe eines analogen Oszilloskops darstellen.	... ein Rechteck-Signal mit Hilfe eines digitalen Oszilloskops darstellen und die Messwerte auslesen.	... eine Verstärkerschaltung kalibrieren.
	... Innenwiderstände von Spannungsquellen und Digitalmultimetern bestimmen.	... Einweg- und Brückengleichrichter physikalisch beschreiben und experimentell realisieren	... FFT-Analyse unterschiedlicher Signalformen beschreiben und nutzen.	... Funktionsweise von Hallensensoren physikalisch beschreiben und das Ausgangssignal experimentell verstärken und messen.
	... die elektr. Leistung unterschiedlicher Widerstände bestimmen und auf Basis dessen nutzen.	... Dioden als Halbleiterbauelement beschreiben und nutzen.	... induktive und kapazitive Hoch- und Tiefpässe physikalisch beschreiben und experimentell realisieren	... Funktionsweise von Thermoelementen physikalisch beschreiben und das Ausgangssignal experimentell verstärken und messen.
	... Strom-Spannungskennlinien für die Bestimmung von Widerständen aufnehmen.	... Transformatoren beschreiben und nutzen.	... Transistoren als Halbleiterbauelement beschreiben und nutzen.	... Funktionsweise Dehnungsmessstreifen beschreiben und das Ausgangssignal experimentell verstärken und messen.
	... mehrere Variablen messmethodisch korrekt bestimmen.	... die Wirkung von Elektrolyt-Kondensatoren auf Wechselstromkreise beschreiben und nutzen.	... die Funktionsweise von Funktionsgeneratoren beschreiben und nutzen.	... relevante Charakteristika von Operationsverstärkern nennen und experimentell bestimmen.
		... Funktionsweise von Peltier-Elementen beschreiben und nutzen.		... Potentiometer beschreiben und nutzen.
	... Messwerte unter Beachtung des Gesamtsystems hinsichtlich ihrer Präzision beurteilen.			
	... alle Prozessschritte und Geräte auf Basis der Fragestellung und des Experimentierprozesses reflektieren.			
Geräte	Gleichspannungsquelle	Transformator	Gleichspannungsquelle	Spannungsquelle
	Digitalmultimeter	Analoges Oszilloskop	Digitales Oszilloskop	Diverse Sensoren
Elementare Bauteile	Last- und Präzisionswiderstände	Dioden	Transistoren	Potentiometer
	Magnete	Elektrolyt-Kondensatoren	Elektrolyt-Kondensatoren	Operationsverstärker
	Spulen	Peltier-Elemente	Spulen	Präzisionswiderstände

Tab. 1: Darstellung der im Praktikum B zu erwerbenden Fähigkeiten und Fertigkeiten mit Angabe der verwendeten Bauteile und Messgeräte

kumstages analysiert werden. Die Aufgabenstellungen sind auf Basis von identifizierten Verständnisproblemen und Sachstrukturdiagrammen [9] entwickelt worden.

Die auf Basis der Aufgabenstellung entstandenen Schaltpläne und simulierten Spannungsverläufe bringen die Studierenden am Praktikumstag mit. Sie stellen die Grundlage für die erste Diskussionsrunde, in der die mathematischen Zusammenhänge der am Praktikumstag behandelten Experimente analysiert werden, dar.

Die Evaluation des Einsatzes aller Aufgaben steht momentan noch aus. Erste mündliche Rückmeldungen belegen, dass die Software und die zugehörigen Aufgaben einen guten Einstieg bieten und damit eine tiefgehende Vorbereitung auf das Praktikum ermöglicht. Die Betreuenden melden zurück, dass die Studierenden besser vorbereitet sind als in den zurückliegenden Semestern.

Die Studierenden erhalten darüber hinaus Hilfestellungen für die Dokumentation der experimentellen Erkenntnisse in Form von Leitfäden. Diese enthalten

werden die Inhalte der Poster reflektiert und Verbesserungen für die Darstellung von experimentellen Ergebnissen erarbeitet.

7. Das Experiment „Astabile Kippstufe“

Im Folgenden wird beispielhaft anhand des dritten Experimentes, der Astabilen Kippstufe, die Lehr-Lern-Umgebung dargestellt. Fachinhalte dieses Experimentes sind das Simulieren, Erzeugen, Aufnehmen und Beeinflussen idealer und realer Signalverläufe. Methodische Schwerpunkte sind das Erstellen und Auswerten von Schaltungssimulationen, Oszilloskopieren, Löten und Interpretieren sowie Beurteilen der Fast-Fourier-Transformation (FFT). Am ersten Tag planen, dimensionieren und bauen die Studierenden einen eigenen Funktionsgenerator basierend auf einer Astabilen Kippstufe auf. Am zweiten Tag ergänzen sie ihre Schaltung um induktive und kapazitive Hoch- und Tiefpässe. Die erzeugten Signalverläufe werden mit digitalen Oszilloskopen aufgenommen. Die aufgenommenen Signalverläufe werden mit Hilfe der FFT analysiert, um den Einfluss der elektrischen Filter auf das Spektrum beurteilen zu können.

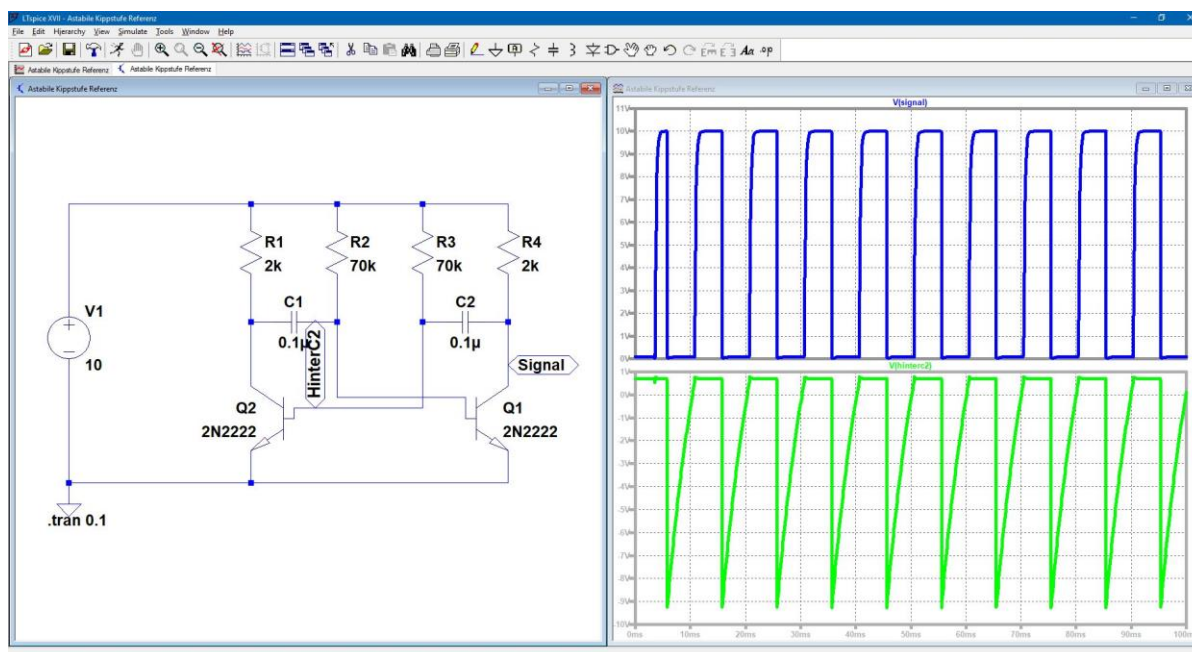


Abb. 3: Darstellung des Schaltplans einer astabilen Kippstufe mit Hilfe des Simulationsprogrammes LTSpice und simuliertem Signalverlauf. Die Studierenden sollen den Zusammenhang zwischen der Ladung der Kondensatoren und deren Auswirkungen auf das Signal analysieren.

Hinweise, wie experimentelle Ergebnisse kurz und prägnant dargestellt werden können. Die Dokumentation erfolgt in Form von Laborbucheinträgen und ab Praktikum B durch Erstellung von Postern in den Experimentierphasen. Die Studierenden erstellen die Poster, damit sie in den anschließenden Diskussionsrunden den anderen Teams kurz und knapp ihre Vorgehensweise und Ergebnisse präsentieren zu können. Die Erstellung der Poster wird zusätzlich von den Betreuenden kontrolliert. In den Diskussionsrunden

7.1. Die Vorbereitung

Den Studierenden werden zur Vorbereitung auf die Praktikumstage die Aufgabenstellung des Experimentes inkl. der abzuarbeitenden Arbeitsschritte genannt. Darüber hinaus sind die vorzubereitenden Fachinhalte, die für die Bearbeitung der Aufgabenstellung notwendig sind, vorgegeben. Ziel der Vorbereitung ist, dass die Studierenden eine Astabile Kippstufe mit einer vorgegebenen Schaltfrequenz dimensionieren, simulieren und analysieren können. Diese

Aufgabe gehört zum Expertenwissen, sodass die Praktikumssteams Astabile Kippstufen mit unterschiedlichen Schaltfrequenzen (100Hz, 200Hz, 300Hz) dimensionieren. Dazu sollen sie sich zunächst alle mit der Funktionsweise von Transistoren und Kondensatoren sowie deren Verwendung in der Schaltung Astabile Kippstufe, anhand von Fachliteratur auseinandersetzen. Ergänzend zu der Literaturarbeit erhalten sie strukturierende und anleitende Simulationsaufgaben, die sie schrittweise an die Lösung der Hauptaufgabe heranführen und in zwei unterschiedliche Aufgabenarten gegliedert sind.

In dem ersten Aufgabenblock sollen die Studierenden zunächst eine Astabile Kippstufe mit vorgegebenen Dimensionierungen konstruieren und simulieren. Im Anschluss werden ihnen konkrete Handlungsanweisungen für die Analyse der Funktionsweise der Schaltung gegeben:

Stelle $R_2 = R_3 = 280\Omega$ und $R_1 = R_4 = 20\Omega$ ein. Ändere dann die Größe der beiden Widerstände auf $R_1 = R_4 = 100\Omega$. Beobachte, wie sich der Strom durch die Transistoren ändert. Du solltest bei $R_1 = R_4 = 20\Omega$ einen kleineren maximalen Strom sehen als bei $R_1 = R_4 = 100\Omega$.

Die Aufgaben enthalten jeweils Zwischenlösungen, damit die Studierenden die Möglichkeit haben ihre Handlungen zu evaluieren.

Im zweiten Block werden die Studierenden angeleitet den Zusammenhang zwischen der Ladung der Kondensatoren und deren Auswirkung auf das Signal zu analysieren (siehe Abb.3), um im Anschluss die Dimensionierung der Astabilen Kippstufe mit vorgegebener Schaltfrequenz realisieren zu können. Die Studierenden drucken ihre konstruierten Schaltungen und simulierten Signalverläufe aus und bringen diese am Praktikumstag mit.

7.2. Die Praktikumstage

In der Abbildung 2 sind die einzelnen Phasen inkl. der thematischen Schwerpunkte der beiden Praktikumstage dargestellt. Im Folgenden werden die Struktur und die Inhalte des ersten Praktikumstages detaillierter dargestellt.

Der erste Praktikumstag beginnt mit einer gemeinsamen Planungsphase, die der Betreuende einleitet, indem er mit den Studierenden die Aufgabe und Arbeitsschritte des Experimentes bespricht. Die Studierenden leiten dann eine experimentelle Fragestellung für den Praktikumstag ab: Welche Bauteile besitzen den größten Einfluss auf die Präzision einer selbstgebauten Astabilen Kippstufe? Im Anschluss leitet der Betreuende die Diskussion zur Analyse der physikalischen Grundlagen zur Astabilen Kippstufe ein, indem er die Studierenden zur Vorstellung ihrer Dimensionierungen und zur Analyse dieser hinsichtlich ihrer Umsetzbarkeit auffordert.

In der nächsten Phase löten die Studierenden ihre in der Vorbereitung individuell geplante Astabile Kippstufe. Für die Inbetriebnahme der Geräte sollen sie

sich zunächst das dafür vorgesehene digitale Oszilloskop ansehen. Die Studierenden haben im vorangegangenen Experiment bereits die Funktionsweise und Bedienung von analogen Oszilloskopen kennengelernt. Der Betreuende beruft nach dem ersten Ansehen der Geräte eine Gruppenbesprechung im Experimentierraum ein und diskutiert mit den Studierenden die Unterschiede sowie Vor- und Nachteile von analogen und digitalen Oszilloskopen, um ihnen so den Transfer ihres im vorangegangenen Wissens zu analogen Oszilloskopen auf digitale Oszilloskope zu erleichtern und deren jeweilige Einsatzmöglichkeiten zu reflektieren. Hier wird auch der Einfluss des Oszilloskops auf das zu messende Signal von den Betreuenden thematisiert. Im Anschluss schließen die Studierenden ihre Astabilen Kippstufen an die digitalen Oszilloskope an und überprüfen die Funktionsfähigkeit ihrer Aufbauten sowie den Einfluss des Messgerätes auf den Signalverlauf, indem sie einen Widerstand als Demo-Verbraucher zu ihrer Schaltung hinzufügen und dessen Auswirkungen auf den Signalverlauf analysieren. Während der Experimentierphase erstellt jedes Praktikumsteam ein Poster zu ihren Erkenntnissen.

Es folgt eine Diskussionsrunde zur Vorstellung der Zwischenergebnisse auf Basis der erstellten Poster. Ziel der Analyse ist das Erkennen von Gemeinsamkeiten und Unterschieden der verschiedenen Aufbauten. Es schließt sich eine Diskussion zu der Frage an, welchen Einfluss die zusätzlichen Bauteile auf die Schaltfrequenz und die Signalform besitzen. Im Anschluss planen die Gruppen auf Basis der Erkenntnisse gemeinsam eine Schaltungsmodifikation, die den Einfluss des Oszilloskops auf die Schaltfrequenz minimieren soll.

Diese Schaltungsmodifikation realisieren die Studierenden in der anschließenden Experimentierphase und führen Kontrollmessungen durch, um die Wirkung der Optimierung zu quantifizieren und fundierte Aussagen zur Signalqualität tätigen zu können.

Zuletzt findet eine finale Diskussionsphase statt, in der die Studierenden die Erkenntnisse vorstellen, diskutieren und auf Basis der Fragestellung des Praktikumstages reflektieren. Im Anschluss zeigt der Betreuende den Studierenden auf, wie sie ihre Aufbauten am zweiten Praktikumstag für das Absolvieren der Aufgabe des Experimentes weiter nutzen.

8. Fazit und Ausblick

Das Praktikum B ist mittlerweile von vier Kohorten im Regelbetrieb durchlaufen worden. Auf Basis identifizierter Lernschwierigkeiten Studierender und Rückmeldungen der Studierenden und Betreuenden sind einzelne Bestandteile des Praktikums B überarbeitet worden. Die Aufgabenstellungen der Praktikumstage und der einzelnen Phasen sind präzisiert und es sind strukturierende Aufgaben für die Vorbereitung der Experimente entwickelt worden. Die Evaluation der neukonzipierten Elemente erfolgt am

Ende des Sommersemesters 2018. Erste Rückmeldungen durch die Betreuenden und Studierenden zeigen, dass die Änderungen positiv aufgenommen werden.

Aktuell wird der neukonzipierte Praktikumsteil C mit einer kleinen Gruppe Studierender pilotiert. Dieser soll ab WS2018/19 in den Regelbetrieb überführt werden.

Zur Messung der Wirkung des Konzeptes des Paderborner Physik Praktikums wird im Rahmen einer Dissertation [12] ein Instrument zur Messung experimenteller Kompetenz entwickelt.

9. Literatur

- [1] Welzel, M.; Haller, K. et al. (1998): Ziele, die Lehrende mit dem Experimentieren in der naturwissenschaftlichen Ausbildung verbinden. Ergebnisse einer europäischen Umfrage. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaft 4 (1): 29–44
- [2] Hucke, L. (2000): Handlungsregulation und Wissenserwerb in traditionellen und computergestützten Experimenten des physikalischen Praktikums. Berlin: Logos-Verl. (Studien zum Physiklernen, 8)
- [3] Haller, K. (1999): Über den Zusammenhang von Handlungen und Zielen. Eine empirische Untersuchung zu Lernprozessen im physikalischen Praktikum. Berlin: Logos-Verl. (Studien zum Physiklernen, 5)
- [4] Sacher, M. D., Probst, H. M., Reinhold, P., Schaper, N. (2015): Entwicklung eines kompetenzorientierten physikalischen Laborpraktikums. In: Hartz, S.; Marx, S. (Hg.): Leitkonzepte der Hochschuldidaktik Theorie – Praxis – Empirie. Reihe Blickpunkt Hochschuldidaktik W. Bertelsmann Verlag: 128-136
- [5] Collins, A., Brown, J. S., & Newman, S. E. (1989): Cognitive-apprenticeship: Teaching the crafts of reading, writing, and mathematics. In: L. B. Resnick (Hg.), Knowing, learning, and instruction. Essays in honor of Robert Glaser. Hillsdale, NJ: LEA.: 32–42
- [6] Empfehlung der Konferenz der Fachbereiche Physik (2010): Zur Konzeption von Bachelor- und Masterstudiengängen in der Physik, 08.11.2010 in Berlin
- [7] Schulz, F. (2012): Peer Feedback in der Hochschullehre hilfreich gestalten. Onlinegestütztes Peer Feedback in der Lehrerbildung mit der Plattform PeerGynt. Dissertation Universität Kaiserslautern.
- [8] Chandler, P.; Sweller, J. (1991): Cognitive Load Theory and the Format of Instruction. In: Cognition and Instruction 8 (4): 293–332.
- [9] Brückmann, M.; Duit, R. (2014): Videobasierte Analyse unterrichtlicher Sachstrukturen. In: Krüger, Dirk; Parchmann, I.; Schecker, H. (Hg.): Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg: 189-201
- [10] Analog Devices, Inc.: LTSpice: The High Performance SPICE Simulator.
Url: <http://www.analog.com/en/design-center/design-tools-and-calculators/ltspice-simulator.html>
(Stand: 8/2018)
- [11] Sippel, S. (2009): Zur Relevanz von Assessment-Feedback in der Hochschullehre. In: Zeitschrift für Hochschulentwicklung 4 (1): 1–22.
- [12] Bauer, A. B., Reinhold, P., Sacher, M. D. (2018): Operationalisierung der experimentellen Kompetenz (Physik)Studierender. In C. Maurer (Hrsg.): Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht – normative und empirische Dimensionen. GDPCP Jahrestagung in Regensburg 2017: 919-922