

Laborkonzepte im Fernstudium – Hardware-Praktikum in der elektronischen Schaltungstechnik

Niclas Küting¹,
Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Rüdiger Ballas²

¹Niclas Küting, Wilhelm Büchner Hochschule, kueting@kuet-ing.de

²Prof. Dr.-Ing. Rüdiger Ballas, Fachbereich Ingenieurwissenschaften,
Wilhelm Büchner Hochschule, ruediger.ballas@wb-fernstudium.de
Wilhelm Büchner Hochschule, Hilpertstraße 31, 64295 Darmstadt

Zusammenfassung – Neben klassischen Umsetzungen von Laboren in Präsenz sind auch virtuelle und mobile Laborkonzepte möglich. Als mobiles Laborkonzept wurde ein Hardware-Praktikum in der elektronischen Schaltungstechnik basierend auf einem FPGA-Entwicklungsboard konzipiert. Hierzu war eine Betrachtung der didaktischen Methodik sowie der potenziellen Lehrinhalte notwendig. Darüber hinaus mussten organisatorische und wirtschaftliche Fragestellungen bearbeitet werden, um die Vor- und Nachteile einer solchen Umsetzung sowohl für Studierende als auch für die durchführende Hochschule abwägen zu können.

Abstract – Alongside traditional implementations of laboratories in person, virtual and mobile laboratory concepts are feasible as well. A hardware hands-on training in electronic circuitry based on a FPGA development board was designed as a mobile laboratory concept. For this purpose, an examination of the didactic methodology as well as the potential teaching content was necessary. In addition, organisational and economic issues had to be analysed in order to assess the advantages and disadvantages of such implementation for both students and the hosting university.

I. SCHLAGWORTE

Elektronische Schaltungstechnik – Fernstudium –
FPGA-Entwicklungsboard – Hardware-Praktikum –
Hochschuldidaktik – Ingenieurwissenschaften –
Mobiles Laborkonzept – Schaltungsentwicklung

II. EINFÜHRUNG ZU LABORKONZEPTEN IM FERNSTUDIUM

Unter einem Labor wird im Rahmen dieser Arbeit eine Lehrveranstaltung einer Hochschule verstanden, bei der Studierende durch eine praktische Tätigkeit theoretische Studieninhalte in die Praxis umsetzen können. Ein Laborkonzept beschreibt die Lernziele, den Aufbau und den Ablauf einer bestimmten Labor-

veranstaltung. Bei einem Fernstudium handelt es sich um ein Hochschulstudium, bei dem die Lehre überwiegend außerhalb der Räumlichkeiten der Hochschule stattfindet.

A. Hintergrund und Motivation

Laborveranstaltungen sind ein elementarer Bestandteil der ingenieurwissenschaftlichen Studiengänge. Die Ingenieurwissenschaften gehören zu den interdisziplinären und angewandten Wissenschaften, in denen theoretisches Wissen in reale Anwendungen umgesetzt wird. Laborveranstaltungen bieten den Studierenden die Möglichkeit, ihre zuvor erlernten theoretischen Kenntnisse in Simulationen und praktischen Versuchen anzuwenden. Die elektronische Schaltungstechnik stellt an vielen Hochschulen ein grundlegendes Modul in den Studiengängen der Elektro- und Informationstechnik dar. Die elektronische Schaltungstechnik beschäftigt sich mit der Analyse, der Entwicklung, der Konstruktion und der Optimierung von elektronischen Schaltungen.

B. Zielsetzung und Relevanz

Der Praxisanteil durch Laborveranstaltungen in der Ingenieurausbildung an Hochschulen spielt eine bedeutende Rolle, um den Studierenden essenzielle methodische und fachpraktische Fähigkeiten für ihre berufliche Zukunft zu vermitteln. Da jedoch die Anforderungen von Fernstudierenden von maximaler örtlicher und zeitlicher Flexibilität im Studium mit Präsenzlaboren im Zielkonflikt stehen, mussten hier alternative Ansätze geprüft werden, um dennoch einen entsprechenden Praxisanteil durch Labore gewährleisten zu können. Im Rahmen dieser Arbeit sollte ein konkretes Laborkonzept für das Modul der elektronischen Schaltungstechnik in Form einer Laborbeschreibung erstellt werden. Die Lernziele des entworfenen Labors sollen sich dabei an den Lernzielen des Moduls „Elektronische Schaltungstechnik“ der Wilhelm Büchner Hochschule orientieren.

C. Methodische Vorgehensweise

Um zu überprüfen, ob es möglich ist ein Laborkonzept zu entwickeln, das den Anforderungen von Fernstudierenden genügt und gleichzeitig die Erreichung der Lernziele unterstützt, wurde sowohl eine quantitative als auch eine qualitative Untersuchung durchgeführt. Mit Hilfe einer Online-Befragung wurden die Anforderungen von Fernstudierenden im Vergleich zu Präsenzstudierenden als Referenzgruppe induktiv ermittelt. Dagegen wurden die Erkenntnisse aus der Literaturrecherche mit den Erkenntnissen aus der Umfrage verglichen und anschließend deduktiv Rahmenbedingungen für den Entwurf eines konkreten Laborkonzeptes gewonnen.

III. THEORETISCHE GRUNDLAGEN ZUR HOCHSCHULDIDAKTIK

Um die Erfolgsfaktoren bei der Wissens- und Methodenvermittlung in der Hochschullehre zu identifizieren, wurden zunächst allgemeine didaktische Ansätze betrachtet. Da das zu erstellende Laborkonzept den Anforderungen speziell von Fernstudierenden genügen sollte, mussten darüber hinaus die Unterschiede zwischen einem Präsenzstudium und einem Fernstudium untersucht werden. Darauf aufbauend wurde je eine Anforderungsanalyse an ein Laborpraktikum aus Sicht von Studierenden einerseits und aus Sicht von Hochschulen andererseits durchgeführt.

A. Erfolgsfaktoren bei der Wissens- und Methodenvermittlung

Sacher und Bauer gehen zum Ansatz der „Kompetenzorientierung“ auf die Umgestaltung eines traditionellen Laborpraktikums zu einem kompetenzorientierten Laborpraktikum ein. Dabei soll ausgehend von der Themenorientierung ein Wandel in der Lernorientierung zu den Kompetenzerwartungen an die Studierenden vollzogen werden. Diesem Ansatz liegen wiederum die didaktische Konzepte des „Forschenden Lernens“ und das „Cognitive Apprenticeship“ zu Grunde. Das Forschende Lernen umfasst die selbstständige Bearbeitung einer wissenschaftlichen Fragestellung, was zahlreiche experimentelle und fachübergreifende Kompetenzen bei Studierenden voraussetzt. Ziel des Cognitive Apprenticeship ist das zunehmend selbstständige Erlangen und Ausführen von neuen Fähigkeiten. Besonders die Laborpraktika sollen sich aufgrund der Handlungsorientierung für die kompetenzorientierte Lehre anbieten. [SB20]

Ein ähnlicher Ansatz stellt der „Studierendenzentrierte“ Ansatz dar, der durch Ulrich und Brieden beschrieben wird. Der Studierendenzentrierte Ansatz konzentriert sich auf die Lernprozesse der Studierenden, anstatt sich mit der „Lehrendenzentrierten Informationsvermittlung“ auf die Perspektive der Lehre zu beschränken. Ziel der Studierendenzentrierung ist es eine höhere kognitive Aktivierung bei den Studier-

enden zu erreichen, wodurch höhere Lernerfolge bezweckt werden sollen. [UB21]

B. Unterschiede zwischen Präsenz- und Fernstudium

Beim Fernstudium befinden sich die Studierenden und Lehrkräfte während des Lernprozesses an unterschiedlichen Orten. Die Fernhochschulen stellen hierfür eine spezielle Lerninfrastruktur bereit, die es den Fernstudierenden ermöglicht von einem beliebigen Ort aus zu studieren. Für das Fernstudium ist darüber hinaus charakteristisch, dass die Studierenden im Lernprozess primär auf sich alleine gestellt, jedoch dadurch in der zeitlichen Gestaltung weitgehend frei sind. Das Präsenzstudium basiert dagegen auf Vorlesungen, die zu regelmäßigen Terminen in einem Hörsaal innerhalb der durchführenden Hochschule stattfinden und teilweise durch sogenannte Übungen ergänzt werden. Mit diesen Übungen sollen die Studierenden methodische Kenntnisse in die Praxis umsetzen können. Laborveranstaltungen finden sowohl an Präsenzhochschulen als auch an Fernhochschulen statt.

C. Anforderungsanalyse aus Sicht von Studierenden und Hochschulen

Jayawardena et al. befragten insgesamt 17 Studierende zum Thema „Delivery of online electronics and mechatronics labs during lockdowns“. Die Mehrheit der Studierenden bevorzugten Labore, die auf Simulationen beruhen sowie auf zugesendeten Experimentiersets. Jedoch bevorzugt der überwiegende Anteil der befragten Studierenden Präsenzlabore und verspricht sich hiervon einen größeren Lernerfolg. Es hat sich gezeigt, dass der Erfolg von Online- und Fernlaboren von der Bereitstellung von eindeutigen und übersichtlichen Laborbeschreibungen sowie Unterstützungsangeboten während der Labordurchführung abhängig ist. [JKP21]

Ein ähnliches Bild zeigte die Studie „A survey-based study of students' perspectives on remote electronics and electronics lab courses during COVID-19 pandemic“ von Zaghoul et al., bei der 113 Studierende der Universität von Pittsburgh (Pennsylvania) befragt wurden, nachdem sie während der COVID-19-Pandemie durch Online-Vorlesungen und zwei unterschiedliche Arten von Fernlaboren in elektronischer Schaltungstechnik unterrichtet wurden. 93 % der Befragten gaben an, dass sie Präsenzlabore gegenüber Fernlaboren bevorzugen. [ZHD21] Es ist bei dieser Studie zu beachten, dass es sich bei den Befragten ausschließlich um Studierende einer Präsenzuniversität handelt.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde eine Online-Befragung durchgeführt. An der Umfrage nahmen im Zeitraum vom 20.03.2023 bis 16.04.2023 insgesamt 290 Personen teil, von denen 272 Erfahrungen als Fernstudierende und 98 Erfahrungen im Präsenzstudium hatten. 172 Befragte (59,3 %) gaben an, dass sie bereits an einer Laborveranstaltung im Rahmen ihres Studiums

teilgenommen hätten. Hiervon hatten 124 (69,7 %) mit der Durchführungsform als Präsenzlabor, 85 (47,8 %) als virtuelles Labor, 33 (18,5 %) als mobiles Labor, 28 (15,7 %) als Fernlabor und acht (4,5 %) als Hybridlabor Erfahrungen. Als wichtigste Zielsetzung einer Laborveranstaltung mit 135 Antworten (46,6 %) wurde „Praktische Erfahrungen sammeln“ angegeben.

56,5 % der ausschließlich Fernstudierenden stellten die Anforderung der „Flexibilität bezüglich der Örtlichkeit“ an eine Laborveranstaltung. Ebenfalls mehr als die Hälfte dieser (52,9 %) stellten darüber hinaus die Anforderung der „Flexibilität bezüglich des Zeitpunktes der Durchführung“. 58,1 % der befragten Fernstudierenden würden eine Laborveranstaltung bevorzugen, die von zu Hause am Computer anstatt in Präsenz vor Ort an einer Hochschule durchgeführt wird. 18,3 % wäre dies egal. Somit liegt die Akzeptanz von Fernlaboren bei den ausschließlich Fernstudierenden bei insgesamt 76,4 %. Im Vergleich zu den Fernstudierenden waren oder sind 17 der befragten Studierenden ausschließlich Präsenzstudierende. 44,4 % der befragten Präsenzstudierenden würden eine Laborveranstaltung bevorzugen, die von zu Hause am Computer anstatt in Präsenz vor Ort an einer Hochschule durchgeführt wird. 18,5 % dieser Befragungsgruppe wäre dies egal. Somit liegt die Akzeptanz von Fernlaboren bei den ausschließlich Präsenzstudierenden bei insgesamt 63,0 %, was um 13,4 % niedriger liegt als bei den Fernstudierenden.

Die höhere Akzeptanz von Fernlaboren durch Fernstudierende lässt sich mit den unterschiedlichen Anforderungsschwerpunkten im Vergleich zu Präsenzstudierenden erklären. Die wichtigste Anforderung der Fernstudierenden der „Flexibilität bezüglich der Örtlichkeit“ bei gleichzeitiger „Flexibilität bezüglich des Zeitpunktes der Durchführung“ lässt sich ohnehin mit einem Präsenzlabor nicht erfüllen. Dagegen stellt die Realisierung der dritthäufigsten Anforderung der Fernstudierenden, „der persönliche Kontakt zu einer Lehrkraft“, eine organisatorische Herausforderung bei der Konzeption eines entsprechenden Labors in der elektronischen Schaltungstechnik als mobiles Laborpraktikum dar.

Für Hochschulen gibt eine Laborveranstaltung auf der einen Seite die Chance sich in der technischen Ausstattung und didaktischen Vielfältigkeit zu präsentieren. Auf der anderen Seite bindet die Durchführung von Laboren sowohl personelle als auch materielle Ressourcen. Die personellen Ressourcen umfassen hier neben der Lehrkraft auch wissenschaftliche Mitarbeiter und Verwaltungsangestellte, die die organisatorischen Rahmenbedingungen sicherstellen. Zu den materiellen Ressourcen, die für Labore verwendet werden, gehören je nach durchzuführenden Versuchen geeignete Räumlichkeiten, Laborausstattung, Versuchsaufbauten sowie Computer zur Simulation und Dokumentation der Ergebnisse.

D. Konzepte und Methoden der Fernlehre in den Ingenieurwissenschaften

Die Wilhelm Büchner Hochschule in Darmstadt ist eine Fernhochschule mit technischem Schwerpunkt. Das zentrale Lernmaterial der Hochschule stellen gedruckte Studienhefte dar. Jedes Fachmodul umfasst i.d.R. zwischen drei und sechs Studienhefte, die die fachliche Basis eines Studienmoduls und somit Prüfungsgrundlage darstellen. Teilweise werden darüber hinaus Online-Sprechstunden und Repetitorien zur Prüfungsvorbereitung angeboten. Studierende können i.d.R. ausschließlich über eine Online-Plattform mit den fachlichen Betreuern in Kontakt treten. Für den Praxisanteil in den Studiengängen sind neben berufspraktischen Phasen, Projekt- und Vertiefungsarbeiten auch Laborveranstaltungen vorgesehen.

IV. ANALYSE VON MÖGLICHEN LABORKONZEPTEN IM FERNSTUDIUM

Im Folgenden werden mögliche Laborkonzepte vorgestellt. Hierbei werden die Modelle der Präsenzlabor, mobilen Labore, virtuellen Labore, Fernlabore und Hybridlabore beschrieben und bezüglich ihrer Vor- und Nachteile in der Anwendung abgewogen.

A. Präsenzlabor

Unter einem Präsenzlabor wird eine Lehrveranstaltung in einer Bildungseinrichtung verstanden, bei der Studierende durch eine praktische Tätigkeit, unter der Betreuung durch eine Lehrkraft, theoretische Studieninhalte in die Praxis umsetzen können. Durch Präsenzlabor kann die Interaktivität zwischen Studierenden gefördert werden. Durch die Schaffung einer Lernerfahrung in einer speziell hierfür geschaffenen Örtlichkeit lässt sich ein verbesserter Lernerfolg im Vergleich zu anderen Laborkonzepten erzielen. Durch den persönlichen Kontakt zwischen der Lehrkraft und den Studierenden lassen sich individuelle Defizite gegensteuern und auftretende Fragen unmittelbar vor Ort klären. Dagegen stehen organisatorische Herausforderungen in der Vorbereitung und Durchführung den Vorteilen entgegen. So müssen experimentelle Einrichtungen und Räumlichkeiten zur Verfügung gestellt werden. Zudem müssen Studierende und Dozenten sich für die Durchführung an einem Ort zusammenfinden.

B. Mobile Labore

Mobile Labore sind vom materiellen Umfang begrenzte Versuchsaufbauten, die Studierende transportieren und an einem beliebigen Ort real durchführen können. Mobile Labore beinhalten meist Feldversuche, wodurch der praktische Nutzen und die Ergebnisse sofort sichtbar werden. Von den anderen Formen grenzen sich mobile Labore dadurch ab, dass die praktische Umsetzung direkt am Ort des Studierenden erfolgt und sich nicht auf Simulationen oder Fernwirktechnik beschränkt. Mobile Labore bieten maximale örtliche und

zeitliche Flexibilität für Studierende und Lehrkräfte. Ein großer Nachteil und zugleich eine organisatorische Herausforderung ist, dass keine Betreuung der Studierenden vor Ort möglich ist, da sich die Studierenden und Lehrkräfte an unterschiedlichen Orten befinden. Das heißt, dass andere Wege der Betreuung gefunden werden müssen. In Frage kommen z.B. Sprechstunden in der Hochschule oder online. Auf hochpreisige Komponenten sollte verzichtet werden, sodass Rücksendekontrollen nicht erforderlich werden.

C. Virtuelle Labore

Als virtuelle Labore werden computerbasierte Simulationen von experimentellen Einrichtungen bezeichnet, bei denen Studierende über das Internet auf diese Labore zugreifen. Virtuelle Labore ermöglichen es Fernstudierenden experimentelle Fähigkeiten zu erwerben, ohne an einer Präsenzveranstaltung teilnehmen zu müssen. Dabei entsteht nur ein geringer finanzieller Aufwand, da keine physischen Materialien versendet werden müssen und die benötigte Software für akademische Zwecke durch die entwickelnden Unternehmen meist kostenlos bereitgestellt wird. Darüber hinaus sprechen auch die örtliche Flexibilität und die gefahrlose Durchführungsmöglichkeit für dieses Format. Als Nachteile der virtuellen Labore muss bedacht werden, dass sich alle praktischen Versuche auf Simulationen beschränken und somit die Lernerfahrung auf die Computerbedienung beschränkt ist. Darüber hinaus sind im Rahmen eines solchen Labors keine Interaktionen zwischen Studierenden zu erwarten.

D. Fernlabore

Fernlabore basieren auf realen experimentellen Einrichtungen, die Studierende über das Internet mittels Fernwirktechnik steuern können. Die experimentellen Einrichtungen befinden sich dabei i.d.R. in gesicherten Räumen von Hochschulen, wo alle durchzuführenden Versuche so vorbereitet werden müssen, dass ein Zugriff über das Internet möglich ist. Hierdurch können sowohl lebensgefährliche Versuche als auch Versuche mit hochpreisigen Bestandteilen und komplexen Versuchsanlagen durch Studierende selbstständig und ohne Aufsicht sowie in jeder Hinsicht sicher durchgeführt werden. Studierende können bei einem Fernlabor unabhängig von Ort und Zeit Laborerfahrungen sammeln. Dagegen ist zu beachten, dass die Experimente reale Versuchsflächen belegen und labortechnische Ausrüstung dauerhaft binden. Auch die erstmalige Errichtung einer Versuchsanlage kann je nach Fachgebiet sehr aufwändig sein. Zu bedenken ist, dass jeweils nur ein Studierender zu einem Zeitpunkt einen Versuch durchführen kann, wenn eine Versuchsanlage nur einmal vorhanden ist.

E. Hybridlabore

Hybridlabore stellen eine Kombination aus zwei oder mehr der zuvor genannten Laborformen dar. Bei

einer Kombination mit einem Präsenzlabor ermöglicht dies den Lehrenden, den Fortschritt der Studierenden zu beobachten und zu beurteilen. Darüber hinaus haben die Studierenden nach ihren individuellen Bedürfnissen die Möglichkeit von zu Hause weiter an dem Labor zu arbeiten. Des Weiteren kann mit einem Hybridlabor ein besseres Verständnis für die experimentelle Praxis erzielt werden, da es eine Kombination aus virtuellen sowie realen Erfahrungen bietet. Durch die Kombinationen von verschiedenen Laborformen summieren sich zum Teil auch die jeweiligen Nachteile.

V. ENTWICKLUNG EINES LABORKONZEPTE IN DER ELEKTRONISCHEN SCHALTUNGSTECHNIK

Das im Rahmen dieser Arbeit zu entwerfende Laborkonzept wurde als mobiles Laborpraktikum konzipiert. Dieses Labor sollen die Studierende von einem beliebigen Ort zu einem beliebigen Zeitpunkt zusammen mit einem Computer und die durch die Hochschule bereitgestellten elektronischen Komponenten durchführen können. Damit sollen die Studierenden die Möglichkeit bekommen die mit den Studienheften zu der elektronischen Schaltungstechnik erlernten Studieninhalte in die Praxis umzusetzen. Das Labor umfasst inhaltlich sowohl analoge als auch digitale Schaltungstechnik. Die digitalen Logikschaltungen werden hierbei mit Hilfe eines Field Programmable Gate Arrays (FPGA) mit der Hardwarebeschreibungssprache VHDL realisiert.

A. Anforderungen und Zielsetzung des Labors

Mit diesem Hardware-Praktikum sollen die Studierenden die Möglichkeit erhalten ihre zuvor erlernten fachlichen Grundlagen der elektronischen Schaltungstechnik in der Praxis anzuwenden. Neben der Anwendung von Fachwissen sollen die Studierenden darüber hinausgehend gefordert werden ihre Problemlösungsfähigkeit und interdisziplinäre Arbeitsweisen einzusetzen. Auch für andere Tätigkeitsbereiche soll dieses mobile Labor den Studierenden einen Weg zur strukturierten Durchführung von Entwicklungsprojekten aufzeigen. Darüber hinaus soll die Vertiefung der Kenntnisse in der elektronischen Schaltungstechnik eine fundierte Grundlage für zahlreiche Fachmodule bieten, die im weiteren Studium von Relevanz sind.

B. Chancen und Risiken für das Labor

Als Chance für dieses Laborpraktikum ist der anhaltende Fall der Bezugspreise von FPGAs – abgesehen von vorübergehenden weltweiten Störungen in den Lieferketten – und damit auch von FPGA-Entwicklungsboards am Markt zu erwarten. Hierdurch lassen sich voraussichtlich die Kosten für die Bereitstellung der elektronischen Komponenten durch die Studienmateriallieferung senken. Parallel bedeutet die aktuelle Weiterentwicklung dieser Technologie sowie die fallenden Preise für FPGAs die Erschließung neuer

Anwendungsbereiche, wodurch die Relevanz der Lehrinhalte für die Studierenden steigen würde.

Ein absehbares Risiko besteht darin, dass das für das Labor verwendete FPGA-Entwicklungsboard sowie andere verwendete elektronische Komponenten innerhalb der nächsten Jahre nach der Konzepterstellung bereits nicht mehr verfügbar sein könnten. In diesem Fall müssen schnellstmöglich geeignete alternative Komponenten identifiziert und beschafft werden. Die Laborbeschreibung muss daraufhin geringfügig angepasst werden. Der Vorteil einer Hardwarebeschreibung in VHDL besteht darin, dass diese sich technologieunabhängig auf andere FPGAs übertragen lässt. Auf Grund zunehmender Komplexität von logischen Schaltungen und ihren Anwendungen bzw. den zu Grunde liegenden Problemstellungen ist die weitere Entwicklung der Hardwarebeschreibungssprachen in Richtung höherer Abstraktionsebenen zu erwarten. Dies könnte zur Folge haben, dass die Bedeutung der Hardwarebeschreibungssprache VHDL in den nächsten Jahren zu Gunsten abstrakter Beschreibungsformen abnehmen wird.

C. Erstellung einer Laborbeschreibung

Eine Laborbeschreibung an der Wilhelm Büchner Hochschule ist ein gebundenes Studienheft, das Informationen zu den Inhalten und dem Ablauf einer Laborveranstaltung für die Studierenden enthält und mit der Studienmaterialsendung zur Verfügung gestellt wird. Die erstellte Laborbeschreibung für das „Hardware-Praktikum in der elektronischen Schaltungstechnik“ gliedert sich in fünf Kapitel. In dem ersten Kapitel erhalten die Studierenden einen Überblick über die Lernziele, Ansätze zur Motivation sowie die didaktische Umsetzung dieses Labors. Mit dem zweiten Kapitel bekommen die Studierenden eine Einführung in die Entwicklungsumgebung Vivado. Das dritte Kapitel befasst sich mit der Arbeit mit Breadboards (Steckplatinen) und technischen Datenblättern. Mit dem vierten Kapitel bekommen die Studierenden Aufgaben, bei denen logische Schaltungen auf ihrem FPGA-Entwicklungsboard realisiert werden sollen. In dem fünften Kapitel erhalten die Studierenden die Aufgabenstellung für die Laborabschlussprüfung.

D. Aufbau und praktische Durchführung des Labors

Dieses Labor startet mit einem Anwendungsbeispiel minimaler Komplexität. Dies soll den Fokus der Studierenden auf den korrekten Ablauf der Entwurfsmethodik richten und sie somit schnellstmöglich zur selbstständigen Umsetzung befähigen. Durch einen iterativen Lernprozess werden die Studierenden gefordert diesen Entwicklungsvorgang mit Logikschaltungen zunehmender Komplexität zu wiederholen, bis sie in der Lage sind, die Laborabschlussprüfung starten zu können. Zwischen diesen Aufgaben lernen die Studierenden wichtige Hilfsmittel wie z.B. Breadboards und technische Datenblätter kennen, die sie für das

erfolgreiche Bestehen der Laborabschlussprüfung benötigen. Für die Labordurchführung inkl. der Laborabschlussprüfung hat sich ein Zeitansatz von zwei Tagen (16 Stunden) als realistisch erwiesen.

Der Materialaufwand betrug insgesamt 107,35 €, wodurch bei größeren Bestellmengen mit 100 € pro Studierende/r zu rechnen ist. Diese geringen Materialkosten machen eine Rücksendung der elektronischen Komponenten an die Hochschule nach erfolgter Labordurchführung nicht wirtschaftlich, da eine Vollständigkeitskontrolle und funktionale Überprüfung personalintensiv wären. Die Entwicklungsumgebung Vivado des FPGA-Herstellers AMD Xilinx steht den Studierenden in der Standardversion im Internet zum Download kostenlos zur Verfügung.

Mit dem Abschlussprojekt (siehe Abb. 1) sollen die Studierenden zeigen, dass sie in der Lage sind ein Entwicklungsprojekt selbstständig und eigenverantwortlich durchführen zu können. Bewertungsgrundlage soll ausschließlich das zu erstellende Laborprotokoll darstellen. Im Rahmen dieses Abschlussprojektes sollen die Studierenden einen FPGA-basierten Prototyp für einen Signalgenerator auf einem Breadboard entwickeln. Ein Signalgenerator ist ein elektronisches Gerät, das elektrische Signale erzeugt, die u.a. als Testsignale für elektronische Schaltungen verwendet werden können.

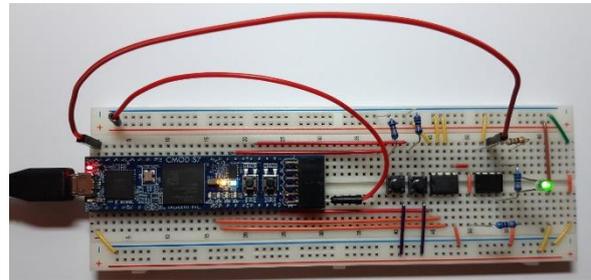


Abb. 1: Realisierung des Abschlussprojektes auf einem Breadboard

E. Auswertung erster Durchführungsversuche

Ursprünglich sollte der zu entwickelnde Signalgenerator eine angenäherte Sinusschwingung ausgeben, da dies ein analoges Signal darstellt und somit einen Fokus auf die Digital-Analog-Wandlung – als Schnittstelle zwischen der analogen und digitalen Schaltungstechnik – ermöglicht hätte. Da sich die Umsetzung im Rahmen eines solchen Laborpraktikums als zu komplex erwiesen hat, wurde in einem nächsten Schritt ein durch den Digitalpotentiometer erzeugbares Dreieckspannungssignal favorisiert. Dies lässt sich zwar durch ein Oszilloskop angemessen visualisieren, was den Studierenden jedoch i.d.R. nicht zur Verfügung steht. Somit wurde die Aufgabenstellung schließlich dahingehend angepasst, dass der Signalgenerator ausschließlich ein Rechtecksignal mit variierbarer Amplitudenhöhe und veränderbarer Frequenz ausgeben soll.

Die Ergebnisse in den Durchführungsversuchen wurden mit einem digitalen Speicheroszilloskop aufgezeichnet. Den Studierenden steht zur Visualisierung des erzeugten Signals im Rahmen dieses Laborpraktikums eine Leuchtdiode für die Montage auf dem Breadboard zur Verfügung. Zu beachten ist, dass eine Leuchtdiode eine Mindestspannung benötigt, damit ein Leuchtsignal emittiert wird. Ein entsprechender Hinweis wurde daher den Studierenden in der Aufgabenstellung hinzugefügt. Anhand der Häufigkeit des Aufleuchtens der Leuchtdiode in einem Zeitintervall lässt sich die eingestellte Frequenz abschätzen. Durch die Leuchtstärke wird die Veränderung der Amplitude des Testsignals sichtbar.

VI. SCHLUSSBETRACHTUNGEN

Zur Kompensation des Zielkonfliktes, der sich aus der Anforderung von Fernstudierenden von maximaler Flexibilität bezüglich der Studienorganisation und der Realisierung der praktischen Ausbildung durch Laborveranstaltungen ergibt, wurde die Durchführungsform des „mobilen Labors“ für diese Zielgruppe als am besten geeignet identifiziert.

A. Erkenntnisse aus der Konzeptentwicklung

Mit Hilfe der Ergebnisse der Online-Befragung, die mit dieser Arbeit durchgeführt wurde, konnte im Abgleich mit anderen Studien nachgewiesen werden, dass die Akzeptanz von Laboren, die außerhalb der Lehrinstitute durchgeführt werden, bei den Fernstudierenden deutlich höher ist als bei den Präsenzstudierenden. Im Rahmen dieser Arbeit konnte darüber hinaus nachgewiesen werden, dass es möglich ist ein Laborkonzept zu entwickeln, das den Anforderungen von Fernstudierenden genügt und gleichzeitig die Erreichung der Lernziele im Modul der „Elektronischen Schaltungstechnik“ unterstützen kann. Hierbei wurde das mobile Laborkonzept „Hardware-Praktikum in der elektronischen Schaltungstechnik“ entworfen. Mit einer materiellen Kostenprognose von ca. 100 Euro pro Studierende/r konnte dieses Konzept für Hochschulen als wirtschaftlich bewertet werden.

B. Implikationen für die Umsetzung des Laborkonzeptes

Vor der Umsetzung des mit dieser Arbeit entwickelten Laborkonzeptes, sollte dieses sowie die dazugehörige Laborbeschreibung durch einen Fachdidaktiker sowie einen studentischen Vertreter begutachtet und bei Bedarf angepasst werden. Bevor dieses Labor in Rahmen eines Studienganges in den Lehrplänen verankert wird, sollte eine testweise Durchführung des Labors mit einer größeren Gruppe von Studierenden durchgeführt werden. Diese testweise Durchführung sollte im Nachgang aus Sicht der Hochschule und der Studierenden evaluiert werden. Mit der Umsetzung ist ein Angebot von monatlich stattfindenden Online-

Sprechstunden zu dem Labor ratsam, um die tutorielle Betreuung sicherzustellen. Sowohl inhaltlich als auch durch ergänzende Angebote ist eine kontinuierliche Weiterentwicklung dieser Laborveranstaltung möglich. Hierzu sind unterstützende multimediale Angebote wie z.B. einführende Videos denkbar.

C. Fazit

Die Durchführungsform des mobilen Laborpraktikums stellt eine geeignete Form der studierendenzentrierten Lehre dar, um den Anforderungen von Fernstudierenden gerecht zu werden und gleichzeitig fachpraktische Fähigkeiten in den Ingenieurwissenschaften zu vermitteln. Zur Sicherung der didaktischen Qualität eines Laborpraktikums in der elektronischen Schaltungstechnik bedarf es einer kontinuierlichen Weiterentwicklung, um dem technologischen Fortschritt und den sich wandelnden Bedürfnissen der Studierenden gerecht zu werden.

D. Ausblick

Durch die Erkenntnisse aus dieser Arbeit haben sich neue Fragestellungen ergeben. In der zukünftigen Forschung sollte geklärt werden, in welchen Formen eine persönliche Betreuung im Rahmen eines mobilen Labors realisiert werden kann und welche Form oder Kombination für den Lernerfolg der Studierenden die zielbringende ist. Darüber hinaus sollte ein Weg gefunden werden wie der praktische Umgang mit hochpreisiger Messtechnik im Rahmen von mobilen Laboren für Fernstudierende vermittelt werden kann.

LITERATUR

- [JKP21] Jayawardena, A., Kahandawa, G. & Piyathilaka, L. (2021). Delivery of online electronics and mechatronics labs during lockdowns. 2021 IEEE 8th International Conference on e-Learning in Industrial Electronics (ICELIE) (S. 1-6). Gehalten auf der 2021 IEEE 8th International Conference on e-Learning in Industrial Electronics (ICELIE), Toronto, ON, Canada: IEEE. doi: 10.1109/ICELIE53900.2021.9765540
- [SB20] Sacher, M. D. & Bauer, A. B. (2020). Kompetenzförderung im Laborpraktikum, in: Claudius Terkowsky, Dominik May, Silke Frye, Tobias Haertel, Tobias R. Ortelt, Sabrina Heix, Karsten Lensing (Hrsg.), Labore in der Hochschullehre. Didaktik, Digitalisierung, Organisation (S. 51-66). Bielefeld: wbv Media GmbH & Co. KG. doi: 10.3278/6004804w
- [UB21] Ulrich, I. & Brieden, M. (2021). Studierendenzentrierte Hochschullehre aus lernpsychologischer Sicht, in: Jörg Noller, Christina Beitz-Radzio, Daniela Kugelmann, Sabrina Sontheimer, Sören Westerholz (Hrsg.), Studierendenzentrierte Hochschullehre: Von der Theorie zur Praxis (Perspektiven der Hochschuldidaktik). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. doi: 10.1007/978-3-658-32205-2
- [ZHD21] Zaghoul, M. A. S., Hassan, A. M. & Dallal, A. (2021). A survey-based study of students' perspectives on remote electronics and electronics lab courses during COVID-19 pandemic. 2021 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE) (S. 1-4). Gehalten auf der 2021 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE), Lincoln, NE, USA: IEEE. doi: 10.1109/FIE49875.2021.9637373