

Projekttitlel

MEXLE – Multimodale EXperimentier- und LERNumgebung für Grundlagen der Elektronik

Hochschule	Hochschule Heilbronn
Projektlinie	HUMUS
Projektzeitraum	Feb 2018 – Jan 2019
Fachrichtung	Ingenieurwissenschaften
Teildisziplin	Elektrotechnik

Projektziele

Ziel des Projektes war, die Studierenden dazu zu bringen, dass sie die „Elektronikkonzepte verstehen, nicht nur eine Prüfung bestehen“. Dazu sollte eine Umgebung geschaffen werden, in welcher die Eigenmotivation und das Selbstlernen angeregt wird.

In der Fakultät „Mechanik und Mechatronik“ an der Hochschule Heilbronn wird seit über einem Jahrzehnt ein Mikrocontroller-Lernsystem (MiniMEXLE) für die Lehre in Labor und Projekten im Bereich Informatik/Mikrocontroller mit großem Erfolg eingesetzt. Ein wichtiger Teil dieses Erfolgs war dem Umstand zu verdanken, dass die Studierenden das Lernsystem entweder selbst erwerben oder ausleihen konnten und damit auch am heimischen Schreibtisch arbeiten konnten. Dem bisherigen Lernsystem fehlt aber eine breitgefächerte Modularisierung, um schnell und einfach elektronische Schaltungsbeispiele aufbauen zu können.

Projektmaßnahmen

Im Rahmen der Kurse „Labor Elektronische Schaltungstechnik“, „Mikrocontrollertechnik“ und dem Vertiefungsfach „Elektronische Systeme“ des Studiengangs „Mechatronik und Robotik“ sollte der Aufbau und die Verwendung eines standardisierten Software- und Hardwarebaukastens, sowie neue Lehr/Lernstrategien umgesetzt werden. Im Zentrum standen dabei **Projektlernen** (*Bearbeitung von selbstdefinierten Projekten*) und **Problemorientiertes Lernen** (*Schaltungsentwicklung und Fehlerbeseitigung*). Dazu haben die Studierenden anhand eines selbstgewählten Projekts folgende ingenieurmäßigen Entwicklungsschritte durchlaufen:

- Zielplanung
- Schaltungs-Entwicklung
- Platinen-Entwicklung
- Software-Entwicklung
- Hardwareaufbau und Test
- Debugging

Obwohl nur die genannten Schritte als Bewertungsrahmen aufgefasst wurden, gab es eine explizite Förderung von interdisziplinären Projekten. Die Minimalanforderung an das Projekt war nur, dass jeder Studierende in Gruppenarbeit je eine eigene Software- und Elektronik-Komponente entwickelt. Der Schwierigkeitsgrad musste dabei mit den Dozenten abgesprochen werden.

Um die Studierenden in der Entwicklung zu unterstützen, wurde sowohl die didaktische als auch die sachliche Ebene in folgender Weise angegangen.

Gruppenarbeit

Die Gruppeneinteilung und -organisation oblag den Studierenden selbst. Durch die Erkenntnisse von früheren Gruppenarbeiten in Bezug auf die Arbeitsverteilung und Wissensaustausch wurde Wert auf Kleingruppen der Größe von zwei bis vier Studenten gelegt.

Durch die Bildung von Peer Gruppen wurden Sozialkompetenzen wie kommunikative (Dialogfähigkeit), integrative (Konsensfähigkeit) und kooperative (Teamfähigkeit) Fähigkeiten gefördert.

Mentoring

Die studentischen Projekte wurden durch die Lehrenden als Mentoren begleitet. Der Dozent übernahm dabei die Rolle eines Coachs, welcher die Studierenden bei den Projekten sowohl inhaltlich als auch strukturell unterstützte.

Der Austausch zwischen Studierenden und Coach erfolgte in regelmäßigen, wöchentlichen Besprechungen, sowie ad hoc per Ticketsystem und per E-Mail.

Als Coach standen 2018 zwei Professoren zur Verfügung; ein Labormeister unterstützte zusätzlich bei der Auswahl und Verfügbarkeit der Komponenten, sowie der Embedded-Software Entwicklung.

Didaktik

Zum Erwerb und Festigung des Wissens und der Kompetenzen wurde problemorientiertes und multimodales Lernen in Projekten angewandt. Als multimodales Lernen wird hier ein Ansatz in der Schaltungsentwicklung beschrieben, der auf dem Dreischritt Theorie, Simulation, Realisation beruht. In der ersten Semesterhälfte wurden jeweils die notwendige Theorie im Vorlesungsstil kompakt nähergebracht und mit Simulationen und Programmierbeispielen erstmals angewandt.

Alle Teilschritte des multimodalen Lernens wurden durch das öffentliche Wiki mexlewiki.hs-heilbronn.de unterstützt. Dieses soll als erste Anlaufstelle für Recherche dienen, erhebt aber explizit keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Während der Projektphase wurde die Fehlerkompetenz durch eine positive Fehlerkultur gefördert.

Software- und Hardware-Rahmen

Im Rahmen des Vorhabens wurde die Entwicklung der Hardwarebasis mit einer Selbstlernumgebung für Grundlagen der Elektronik begonnen. Vorgabe für das Projekt waren Standard Platinen-Größen und -Formate, sowie eine Grundplatte zum Aufbau und Testen der Systeme. Langfristig soll ein modulares „Lab-in-a-Box“-Konzept dabei eine maximale Flexibilität bei den Versuchsaufbauten als auch beim Einsatzort (Labor an der Hochschule, Schreibtisch in der Studentenwohnung) gewähren.

Anhand dieser Leitplanken wurden für das Sommer- und Wintersemester 2018 konkrete Inhalte erarbeitet und im Anschluss durchgeführt.

Sommersemester 2018

Im Sommersemester 2018 wurden mit den Studierenden 2- und 4-polige Platinen mit diskreten Komponenten als Vorbereitung auf die nachfolgende komplexere Schaltung erstellt. Die Studierenden haben dabei Module für Grundlagen der analogen Schaltungstechnik generiert, die auch nachfolgende Studierenden-Generationen nutzen können: R, L, C, Dioden, Transistoren,

Operationsverstärker, Funktionsbausteine. Diese Platinen wurden dabei bereits passend zum neuen System der MEXLE 2020 Struktur entwickelt.

Als komplexere Schaltung haben die Studierenden zu jeweils einem Thema aus der Elektroakustik eine modulare Platine entwickelt (Mikrofon-, Endverstärker, Effektstufen, Klangregler, ...). Das Gesamtziel war ein modular aufgebautes analoges Kleinmischpult, welches auf dem MEXLE 2020 Grundboard (8x4 Platine) zusammengestellt wurde.

Alle Platinen (incl. Schaltungen und Layouts) dienen in kommenden Semestern als Basis für weitere Projekte.

Im Sommersemester war die Softwareaufgabe von der Elektronikaufgabe getrennt. Der Wissenserwerb im Rahmen von Embedded Software Entwicklung wurde durch die Auswahl kleiner Programmieraufgaben motiviert. Die Studierenden konnten aus verschiedenen Themen wählen, die auf einer vorhandenen Hardware, dem Mikrocontroller-Lernsystem (MiniMEXLE), umzusetzen war.

Die Durchführung erfolgte mit 28 Studierende in 11 Gruppen. In den wöchentlichen Besprechungen waren beide Professoren bei allen Gruppen anwesend. Die Zeitplanung der Besprechungen geschah nach dem „Windhund“-Prinzip bzw. nach Bedarf. Die Präsentation wurde als Abschlusspräsentation mit Fokus auf das fertige Projekt ausgeführt

Wintersemester 2018

Im Gegensatz zum Sommersemester wurde im Wintersemester das Projektthema durch die Studierenden selbst gewählt. Die Studierenden bildeten dazu Interessengruppen. Die Lernfelder der Elektronik und Software wurden dabei im Projektthema kombiniert. Jeder Studierende hatte dennoch die Verantwortung für einen Teil der Hardware und Software. Auch im Wintersemester haben die Studierenden die vorgegebenen Schnittstellen genutzt und konnten auf die Schaltungen der bisherigen Studenten zurückgreifen.

Die Durchführung im Wintersemester erfolgte durch 32 Studierende in 13 Gruppen. Durch die optionale Kombination mit dem Vertiefungsfach “Elektronische Systeme” konnten die Studierenden größere Projekte bearbeiten. Die wöchentlichen Besprechungen pro Gruppe wurden mit 2x 20 Minuten und über einen Terminplan festgelegt. Die Gruppen wurden auf die beiden Professoren aufgeteilt.

Um den Wissensaustausch zwischen den Projekten zu unterstützen, wurde eine Matrix der mehrfach genutzten Hardwarekomponenten (z.B. Welche Gruppe nutzt WLAN? Welche nutzt Schrittmotoren?) erstellt. Außerdem wurden die Projektunterlagen und entwickelten Komponenten in der Projektmanagementsoftware Redmine zwar Gruppen-individuell, aber den anderen Gruppen zugänglich abgelegt. Bei der Präsentation wurde zusätzlich der Fokus auf Lessons-Learned gelegt (Vorgabe war: Durch welchen Fehler haben Sie am meisten gelernt?). Damit sollten der abschließende Wissensaustausch und eine positive Fehlerkultur gefördert werden.

Projektergebnisse / Projekterfahrungen

Feedback der Studierenden

Die hohe Motivation der Studierenden war sowohl durch die Nutzung des Labors außerhalb der planmäßigen Laborzeiten als auch durch die Identifikation mit dem Projekt in den Diskussionen sichtbar.

Ein weiterführendes Feedback wurde auch über ein Audience-Response-System (ARSnova) durchgeführt und führte zu einer guten Rücklaufquote (21 von 30 Studierende). Dabei wurde mit großer Mehrheit (20/21) bestätigt, dass die Studierende den Eindruck haben, mehr als in einem Labor oder einer Vorlesung gelernt zu haben. Der angemessene Arbeitsaufwand wurde von 6 als eher nicht zutreffend und 3 als nicht zutreffend bewertet. In der Freitextfrage nach positiven Aspekten wurde häufig die offene und kollegiale Atmosphäre im persönlichen Gespräch als sehr positiv bewertet. Der überwiegende Teil der Verbesserungsvorschläge betraf das Zeitmanagement, da die verspätete Bauteilbestellung und -lieferung zu Verzug in den Projekten führte.

Eigene Erfahrungen zum didaktischen Setting

Die Gruppengröße von zwei bis drei Personen erwies sich wiederholt als optimal. Bei den Vierergruppen war eine Tendenz zur unklaren Rollenverteilung zu erkennen. Bei den Einzelpersonen war trotz hoher Motivation das reduzierte Peer-Learning sichtbar.

Vorgegebene Arbeitsplätze im Labor und separate Projektbesprechung hat sich bei Semestern mit großen Studierendenzahl als sinnvoll erwiesen. Dabei wurde ein Kompromiss aus der Nähe verwandter Projekte und dem unterschiedlichen Platzangebot der Arbeitsplätze gesucht.

Bei der Zeitplanung der Besprechungen hat sich herausgestellt, dass für die Entwicklungsschritte Zielplanung, Schaltungs- und Layoutentwicklung vorgegebene Termine mit definierter Dauer vorteilhaft sind. Im Gegensatz zum Windhundprinzip reduzierten sich damit Konflikte zwischen den Gruppen. Um bei Zeitüberziehung dennoch eine gerechte Planung aufrecht zu erhalten, ergibt sich aber zusätzlicher Aufwand beim Dozenten. Es wurde versucht, dies durch wöchentlichen Wechsel der Reihenfolge zu lösen. Bei den Entwicklungsschritten Programmierung und Bugfixing erwies sich eine Besprechung nach Bedarf und direkt am studentischen Arbeitsplatz als geeigneter.

Die wählbare Erweiterung der Projekte durch das Vertiefungsfach "Elektronische Systeme" erhöhte sowohl die Menge an Studierenden, als auch die Komplexität der Schaltungen und Layouts enorm. Die Qualität und Taktung des Coachings aufrecht zu erhalten, war damit nur zu Lasten der Work-Life-Balance möglich.

Es wurden die Grundlagen der verschiedenen elektronischen Themen als Frontalinput zu Beginn des Semesters mit einigen einfachen Übungen geliefert. Dieses Vorgehen wurde mehrheitlich durch Studierende als verbesserungswürdig erachtet, da die Zeitspanne zwischen "zeigen" und "selbst anwenden" zu lang war und die praktische Verfestigung nicht ausreichte.

Veröffentlichungen

Die ersten Ergebnisse wurden auf den Konferenzen EDUCON 2018 und REM 2018 als Präsentation und Paper veröffentlicht. Die weiterführenden Erfahrungen werden voraussichtlich auf dem "Mechatronik Fachbereichstag" 2019 und der REM 2019 präsentiert.

Zusätzliche Informationen / Nächste geplante Schritte

Die von den Dozenten bisher gelernten Vorgehensweisen sollen ähnlich auch in den folgenden Semestern genutzt werden. Durch das Feedback und die eigene Erfahrung sollen aber künftig folgende Punkte geändert werden:

Verbesserung im Zeitmanagement

Ein zentraler Bereich für Verbesserungen ist das Zeitmanagement. Um den Zeitaufwand zu reduzieren, wird zukünftig von einer direkten Kombination vom Vertiefungsfach "Elektronische

Systeme“ mit den Pflichtfächern in den kommenden 3. Semestern abgesehen. Im Vertiefungsfach soll zukünftig aufbauend auf die Pflichtfächer ab dem 4. Semester weiterführende Kompetenzen (z.B. Debugging, Refactoring) gelehrt werden.

Ein Teil der Verzögerungen lag auch an der großen Variation der genutzten Komponenten und ihrer fehlenden Verfügbarkeit. Der Aufbau einer Datenbank für Komponenten, Platinen und Module (PartDB) und ggf. einer Messgerätedatenbank sollen dabei unterstützen. Einerseits soll den Studierenden die Suche nach geeigneten Komponenten erleichtert, andererseits sollen darin auch Vorzugskomponenten ausgezeichnet werden. Zusätzlich bietet die gewählte Software auch die Möglichkeit, weitere Daten wie Lagerort und Bauteile mit ähnlichem Footprint zu speichern.

Mit der Datenbank und der damit verbundenen Möglichkeit, auch bisherige, studentische Projekte zu suchen und auf deren Entwicklungen zurückzugreifen, soll sich der Schwierigkeitsgrad und Aufwand der Projekte weiter reduzieren.

Im kommenden Semester soll weiterhin die zeitliche Abfolge des Gradual Release of Responsibility Model im Semester verbessert werden. Die klare, bisherige Separation zwischen strukturiertem Wissenstransfer in den ersten 7 Wochen und Projektarbeit den restlichen Wochen soll aufgehoben werden. Stattdessen sollen Lernbereiche Schaltungs-, Platinen- und Softwareentwicklung jeweils etwa 2 Wochen Wissenstransfer und 2 Wochen Projektarbeit erhalten (siehe Anhang “Ablauf EST-Projekte”). Dadurch entspannt sich die Zeit für Reviews der Elektronik durch die Dozenten.

Änderungen in der Lehre

Durch die Umstellung des Semesterablaufs ergibt sich außerdem für die Studierenden eine bessere thematische Nähe von Dozenten-geführtem und selbstgeführtem Lernen. Die Umstellung erlaubt zudem das Einbinden einer weiteren Übungsaufgabe zur Programmierung.

Mittelfristig soll das Scaffolding stärker ausgebildet werden. Der Aufbau eines Wikis war dazu ein erster Schritt. Eine in Entwicklung befindliche “Prozesslandschaft” im Wiki, soll die einzelnen Schritte im Semester den Studierenden näherbringen und als Best Practice dienen. Eine Beschreibung der Basis-Konzepte der MEXLE 2020 Elektronik soll Schnittstellenprobleme vermeiden. Das Wiki soll zukünftig auch durch die Studierenden veränderbar werden, sodass hier auch Kenntnisse der Wissensaggregation und -aufarbeitung erlernt werden können.

Mittelfristig soll ein “Lab-In-A-Box” (in Form eines Koffers für Experimente und Entwicklungen zu Hause) allen Studierenden des Studiengangs ab dem 1. Semester mitgegeben werden. Die dazu notwendige erweiterte Basisausstattung des MEXLE System mit Oszilloskop, Funktionsgenerator und Multimeter für den Gebrauch im privaten Umfeld ist bereits 2018 erstellt worden. Die Validierung und die Einbindung in den ersten Kurs sind für 2019 vorgesehen.

Dokumente & Materialien

- G. Gruhler, T. Fischer (2018), “Learning Electronics through Head, Heart and Hands”, EDUCON 2018 (IEEE Global Engineering Education Conference), Teneriffa, Spain
- G. Gruhler, T. Fischer, J.F. Kemadjou (2018), “MEXLE – A new Multimodal System for Experiments and Learning in Mechatronics”, REM 2018 (Research and Education in Mechatronics), Delft, NL

