



IMST – Innovationen Machen Schulen Top

Kompetent durch praktische Arbeit - Labor, Werkstätte & Co

ELEKTRONIK INDIVIDUALISIERT 2

Entwicklung, Bau und Einsatz von Lernplatinen für den klassenübergreifenden Unterricht

ID 2082

DI Herbert Kuttelwascher

Dr. Hannes Sauerzopf, Ing. Ronald Krigowsky

HTL Mödling, Abteilung Elektronik und Technische Informatik

Mödling, Mai 2018

INHALTSVERZEICHNIS

ABSTRACT	4
1 EINLEITUNG	5
1.1 Das Vorgängerprojekt “Elektronik individualisiert”	5
1.2 Versuche im Theorieunterricht.....	5
1.3 Klassenübergreifendes Arbeiten	6
2 ZIELE	7
2.1 Ziele auf SchülerInnenebene	7
2.1.1 Ziele in der ersten Klasse:	7
2.1.2 Ziele in der dritten Klasse:	7
2.1.3 Ziele bei der Zusammenarbeit der Klassen:	7
2.2 Ziele auf LehrerInnenebene	7
2.3 Gender/Diversitätsziel	7
2.4 Verbreitung der Projekterfahrungen.....	8
3 DURCHFÜHRUNG	9
3.1 Planungen.....	9
3.1.1 Arbeitsumfang	9
3.1.2 Zeitplan.....	9
3.2 Konzept der Lernplatine.....	10
3.2.1 Versorgung und Messung	11
3.2.2 Themenplatine für Widerstände und Dioden.....	11
3.2.3 Themenplatine für Widerstände und Kondensatoren	12
3.3 Entwurf, Bau und Test der Lernplatinen.....	13
3.4 Beschreibungen und Übungsanleitungen	14
3.5 Einsatz im Unterricht	14
4 EVALUATIONSMETHODEN	16
4.1 Beobachtung.....	16
4.2 Fragebogen.....	16
5 ERGEBNISSE	17
5.1 Ergebnisse zu Zielen auf SchülerInnenebene	17
5.1.1 Ergebnisse in der ersten Klasse.....	17
5.1.2 Ergebnisse in der dritten Klasse.....	19

5.1.3	Ergebnisse bei der Zusammenarbeit der Klassen.....	21
5.2	Ergebnisse zu Zielen auf LehrerInnenebene	22
5.3	Ergebnisse zu Diversitätsziel	23
5.4	Ergebnisse zur Verbreitung der Projekterfahrung	25
6	DISKUSSION/INTERPRETATION/AUSBLICK	27
	ANHANG.....	28

ABSTRACT

Der Start in der Elektronik-Ausbildung ist für viele Schülerinnen und Schüler frustrierend. Im Gegensatz zur Benutzung der vielen attraktiven elektronischen Geräte beginnt das Erlernen der elektronischen Grundlagen in der ersten Klasse mit vielen Rechnungen zu Stromkreisen und der Hürde die Zusammenhänge zu verstehen. Diesen Einstieg interessanter und abwechslungsreicher zu gestalten, sowie den Erfolg zu steigern hat schon das Vorgängerprojekt „Elektronik individualisiert“ versucht. In diesem Projekt wird dieses Bestreben weitergeführt. Der Theorieunterricht wird im Sinne der Methodenvielfalt mit zeitnahen Versuchen ergänzt, in denen die Zusammenhänge praktisch erprobt und dargestellt werden. Um den Zeitaufwand der Vorbereitung gering zu halten, werden in der dritten Klasse Lernplatinen zu bestimmten Themen entworfen, gebaut und Übungsanleitungen geschrieben. Bei dem Einsatz in der Gruppenarbeit in der ersten Klasse werden die Schüler der dritten Klasse auch als Tutoren eingesetzt. Dieser Kontakt zwischen den Klassen soll auch zu Hilfestellungen in anderen Bereichen führen.

Schulstufe:	9 und 11
Fächer:	Hardwareentwicklung
Kontaktperson:	DI Herbert Kuttelwascher
Kontaktadresse:	HTL Mödling, 2340 Mödling, Technikerstraße 1-5
Zahl der beteiligten Klassen:	2
Zahl der beteiligten SchülerInnen:	59

Urheberrechtserklärung

Ich erkläre, dass ich die vorliegende Arbeit (=jede digitale Information, z.B. Texte, Bilder, Audio- und Video Dateien, PDFs etc.) selbstständig angefertigt und die mit ihr unmittelbar verbundenen Tätigkeiten selbst erbracht habe. Alle aus gedruckten, ungedruckten oder dem Internet im Wortlaut oder im wesentlichen Inhalt übernommenen Formulierungen und Konzepte sind zitiert und durch Fußnoten bzw. durch andere genaue Quellenangaben gekennzeichnet. Ich bin mir bewusst, dass eine falsche Erklärung rechtliche Folgen haben wird. Diese Erklärung gilt auch für die Kurzfassung dieses Berichts, sowie eventuell vorhandene Anhänge.

1 EINLEITUNG

An der Abteilung Elektronik und technische Informatik der HTL Mödling wurde vor zwei Jahren das IMST-Projekt „Elektronik individualisiert“ (ID 1643) durchgeführt. Ziel war die Verbesserung des Theorieunterrichts für Grundlagen der Elektronik in der ersten Klasse. Die Grundlagen der Elektronik sind dabei der Hauptteil im Gegenstand Hardwareentwicklung.

Dass dabei der technische Hauptgegenstand für die Fachrichtung in der ersten Klasse das Ziel für Verbesserungsmaßnahmen war, hatte gute Gründe. Die erfolgreiche Bewältigung des Stoffgebiets war beim Start in der HTL für zu viele Schülerinnen und Schüler nicht erreichbar. In der Zwischenzeit ist dieses Thema österreichweit auf die Tagesordnung der berufsbildenden Schulen gerückt. Die sogenannte „Behaltequote“ in der ersten Klasse ist nun ein Indikator, der einer Steigerung bedarf. Die Schulen werden eingeladen, sich Konzepte und Maßnahmen zu überlegen, die eine Verbesserung der Situation ergeben könnten. Es war daher sinnvoll, ein weiteres IMST-Projekt mit ähnlicher Zielrichtung und weiteren Verbesserungs-Ideen zu starten und es „Elektronik individualisiert 2“ zu benennen.

1.1 Das Vorgängerprojekt “Elektronik individualisiert”

Für die Verbesserung des Unterrichts im Bereich Grundlagen der Elektronik wurden folgende Ansätze gewählt:

- **Didaktische Methoden:**
Mit der Methode “Eintragen einfacher Lösungen” wurde das Verstehen einer Schaltung von den weiteren Hürden wie “berechnen können” und “mit unschönen Zahlen umgehen können” getrennt.
- **Spiele:**
Nach dem Motto: “Denken darf auch Spaß machen” wurden Spiele entwickelt, die jeweils ein bestimmtes Thema der elektronischen Grundlagen behandeln. Sie waren hauptsächlich in Gruppen zu spielen und teilweise im Schwierigkeitsgrad variierbar. Beispiele waren das Knotenregelspiel, das Potentialsudoku und verschiedene Auflegespiele.
- **Angeleitete Versuche:**
Zu bestimmten Themen wurde im Labor eine Versuchsumgebung aufgebaut, und die Schülerinnen und Schüler konnten gruppenweise diese Versuche bearbeiten. Vorbereitete Anleitungen ermöglichten die weitgehend eigenständige Durchführung durch Schülerinnen und Schüler.

1.2 Versuche im Theorieunterricht

Um die im Projekt angedachten Aktivitäten im Bereich des individualisierten Unterrichts zu verorten begeben wir uns zum schülerzentrierten bzw. schüleraktivierenden Unterricht, verbunden mit der Methodenvielfalt. Alle kennen aus dem Physikunterricht die Versuche, oft vorgeführt von der Lehrperson. Erstrebenswert wäre natürlich, wenn Schülerinnen und Schüler aktiver in die Durchführung der Versuche eingebunden wären, um hautnah die gezeigten Effekte und Ergebnisse herbeizuführen und die Ergebnisse zu dokumentieren.

Die HTLs sind seit jeher stolz auf die Vorgangsweise, dass die Kenntnisse und Fertigkeiten sowohl theoretisch, als auch praktisch erworben werden. Es erfolgt üblicherweise jedoch eine zeitliche Rollenaufteilung. Im Theorieunterricht werden kaum Versuche angeboten, dafür gibt es einen Wochentag in der Werkstätte. Da im Werkstättenunterricht eine Gruppenaufteilung mit entsprechenden

Themenschwerpunkten vorgenommen wird, ist eine zeitnahe Verschränkung von Versuchen passend zum aktuellen Theorieunterricht eher selten gegeben. Der Laborunterricht ist vom Lehrplan her erst ab der 3. Klasse vorgesehen. Wenn im Sinne der Methodenvielfalt also zum Theoriestoff passende Versuche zeitnah durchgeführt werden sollen, dann sollte dies in den Stunden des Theoriegegenstandes erfolgen.

Wie in 1.1 beschrieben hatte das Vorgängerprojekt angeleitete Versuche vorgesehen, die manchmal mit einem Besuch im Labor durchgeführt wurden. Diese Art der Durchführung bedeutet einen Vorbereitungsaufwand durch die Lehrkräfte und das Verlassen des Klassenzimmers (in Mödling der Weg in ein anderes Gebäude). Ebenso ist eine Abstimmung mit dem planmäßigen Laborunterricht erforderlich. Diese Aufwendungen bewirken, dass diese Versuche nicht so häufig stattfinden, wie dies wünschenswert wäre.

Als erstrebenswert gilt daher, dass Versuche in der Klasse relative spontan zum aktuellen Thema des Theorieunterrichts durchgeführt werden können. Dabei sollte kein aufwändiger Gerätepark erforderlich sein, und die Randbedingungen eine strukturierte Vorgangsweise begünstigen.

Einige Lehrkräfte haben in früheren Jahren Versuche in diese Richtung gestartet. Dabei kamen Steckbretter für Bauelemente zum Einsatz. Die Erfolge bei dieser Vorgangsweise wurden als nicht großartig beschrieben. Die Lehrkräfte fühlten sich überfordert mit den Hilfestellungen in mehreren Gruppen, die Gefahr etwas zu beschädigen war erheblich, und bei vielen Schülerinnen und Schülern kam kein brauchbares Resultat zustande.

Eine Vorgangsweise mit günstigeren Randbedingungen könnte das Arbeiten mit Lernplatinen sein. Diese enthalten vorbereitete Schaltungen und Bauelemente, lassen aber eine Variationsmöglichkeit offen. Eine Ergänzung mit Steckernetzgeräten, einfachen Messgeräten und passenden Verbindungsleitungen ermöglicht die erfolgreiche Durchführung von Versuchen auch in größeren Klassen.

1.3 Klassenübergreifendes Arbeiten

Im vorigen Kapitel wurden die Lernplatinen erwähnt, die in der ersten Klasse verwendet werden sollten. In diesem Projekt wird die dritte Klasse eingesetzt, um diese Lernplatinen zu bauen. Das bedeutet, dass sie im Theorieunterricht konstruiert, in der Werkstätte gebaut, im Labor geprüft werden, und dann einsatzbereit sind. Diese Arbeiten sind mit dem Wissen und Können der dritten Klasse auch gut zu bewältigen. Ein Vorteil besteht darin, dass die gebauten elektronischen Komponenten dann auch tatsächlich eingesetzt werden und nicht nur ein Übungsentwurf bleiben.

Dieser Einsatz wird von der dritten Klasse auch noch weiter betreut. Für die angedachten Versuche werden Beschreibungen erstellt, sowie Vorgaben für die Dokumentation des Versuchs gemacht. Ebenso werden Schüler der dritten Klasse bei manchen Versuchen als Tutoren für die Gruppen der ersten Klasse eingesetzt. Im Sinne der Individualisierung muss nicht jeder Schüler überall tätig werden, sondern kann im Rahmen der Möglichkeiten seine bevorzugten Aktivitäten wahrnehmen.

Diese Verbindung zwischen erster und dritter Klasse soll auch dazu führen, dass Kontakte für weitere Hilfestellungen entstehen. Der Ruf nach Nachhilfe könnte teilweise von Schülerinnen und Schülern aus einer höheren Klasse abgedeckt werden.

2 ZIELE

2.1 Ziele auf SchülerInnenebene

Da in diesem Projekt die erste und die dritte Klasse beteiligt sind, werden Ziele in den einzelnen Klassen und bezüglich der Verbindung formuliert.

2.1.1 Ziele in der ersten Klasse:

Der Einsatz der Lernplatinen, soll zu einem besseren Verständnis des Lehstoffes führen. Dies soll sich dadurch äußern, dass in der Gruppe mit den Lernplatinen, mit Hilfestellung durch den Tutor und mit Vorgaben ein Zusammenhang aus dem Theorieunterricht praktisch erprobt und mit Ergebnissen dargestellt werden kann. Die Durchführung soll mehr Klarheit zu dem betreffenden Thema bringen und als interessant empfunden werden.

2.1.2 Ziele in der dritten Klasse:

Hier können zwei Ziele formuliert werden:

1. Als erstes Ziel ist die erfolgreiche Durchführung von Konstruktion, Bau und Test der Lernplatinen zu nennen.
2. Für den Einsatz der Lernplatinen in der ersten Klasse, soll mit Hilfestellung durch den betreuenden Lehrer das Erstellen von Anleitungen sowie die Betreuung und Leitung der Übung als Tutor zu einem bestimmten Thema erfolgreich durchgeführt werden. Der Erfolg ergibt sich, wenn die Schülerinnen und Schüler der ersten Klasse den Versuch als Bereicherung ansehen.

2.1.3 Ziele bei der Zusammenarbeit der Klassen:

Das Ziel ist hier, dass Kontakte zwischen den beiden Klassen für Hilfestellungen in verschiedene Gegenstände entstehen.

2.2 Ziele auf LehrerInnenebene

Die Lernplatinen, die in diesem Projekt entstehen, und deren Einsatzmöglichkeit sollen bei den Lehrerinnen und Lehrern der Abteilung bekannt sein und in den weiteren Jahren eingesetzt werden.

2.3 Gender/Diversitätsziel

In diesem Projekt soll ein Ziel im Bereich der Diversität behandelt werden. Es ist anzunehmen, dass im Theorieunterricht Schülerinnen und Schüler mit nicht deutscher Umgangssprache Nachteile beim Verstehen der Erklärungen haben. Es soll daher untersucht werden, ob diese Schülerinnen und Schüler durch den Einsatz der Übungsplatinen besonders profitieren.

2.4 Verbreitung der Projekterfahrungen

Die Möglichkeiten und Erfahrungen dieses Projekts sollen über die Abteilung hinaus kommuniziert werden.

1. Innerhalb der HTL Mödling
2. Auf der Homepage der Abteilung
3. Österreichweit bei Veranstaltungen der Elektronikabteilungen

3 DURCHFÜHRUNG

3.1 Planungen

3.1.1 Arbeitsumfang

Folgende Arbeiten mussten erledigt werden (mit Angabe der betreuenden Lehrer):

- Konzept für die Platinen, die Versorgung, Messgeräte und deren Verbindungen (Kuttelwascher)
- Entwurf der Platinen für Versuche mit Widerständen und Dioden (RD-LAB), sowie der Versorgung und der Umsetzung für Messleitungen (Kuttelwascher und Sauerzopf mit 3AHEL)
- Materialbeschaffung: Bauteile, Netzgeräte, Messgeräte, Kabeln (Kuttelwascher, Sauerzopf, Krigowsky)
- Bau der Platinen RD-LAB in der Werkstätte (Krigowsky mit 3AHEL)
- Test der Platinen RD-LAB im Labor (Kuttelwascher mit 3AHEL)
- Entwurf von Beschreibungen, Versuchsanleitungen und Protokollen (Kuttelwascher mit 3AHEL)
- Entwurf der Platine für Versuche mit Widerständen und Kondensatoren (RC-LAB) (Kuttelwascher mit 3AHEL)
- Einsatz der Platinen RD-LAB in 1BHEL (Kuttelwascher und Sauerzopf teilweise mit Tutoren aus 3AHEL)
- Bau der Platinen (RC-LAB) (Krigowsky mit 3AHEL)
- Einsatz der Platinen RC-LAB in 1BHEL (Kuttelwascher und Sauerzopf teilweise mit Tutoren aus 3AHEL)

3.1.2 Zeitplan

2017:

August:	Vorbereitungen zum Konzept
September, Oktober:	Konstruktion von RD-LAB und Versorgungsprint Materialbestellung Bauteile
November, Dezember:	Bau von 10 Stück RD-LAB und Versorgungsprint mit Grundplatten, Bestellung Netzteile, Messgeräte, Kabel Erstellung von Beschreibungen und Versuchsanleitungen

2018:

Jänner, Februar Einsatz von RD-LAB in 1BHEL (Widerstände)
Konstruktion von RC-LAB

März: Einsatz von RD-LAB in 1BHEL
Bau von RC-LAB

April, Mai: Einsatz von RD-LAB (Dioden)
Einsatz von RC-LAB

3.2 Konzept der Lernplatine

Folgende Anforderungen sollen erfüllt werden:

- Versorgung mit einem Steckernetzgerät
- Stabile Grundplatte
- Tauschbare Themenplatinen zu bestimmten Themenbereichen
- Varianten von Schaltungen sollen mit Steckbrücken (Jumper) auswählbar sein.
- Messgeräte mit 4mm Banaenstecker sollen anschließbar sein

Diese Forderungen führten zu einer Grundplatte mit 2 Platinen:

- Versorgungs-Umsetzplatine
hat den Netzgerätaanschluss und die Umsetzungen von Bananenstecker auf Steckbrücken
- tauschbare Themenplatinen zu bestimmten Themen
sie enthalten Bauteile und Schaltungen zum Themenbereich und können mit Steckbrücken variiert werden, sowie mit der Versorgung und den Messgeräten verbunden werden

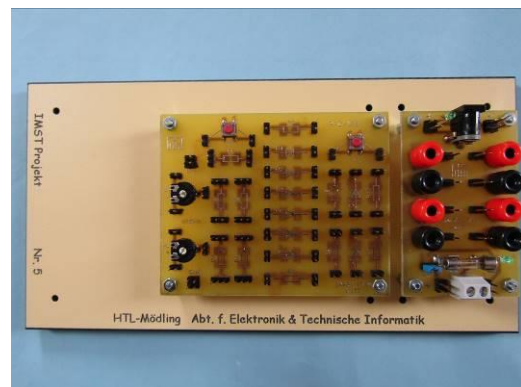
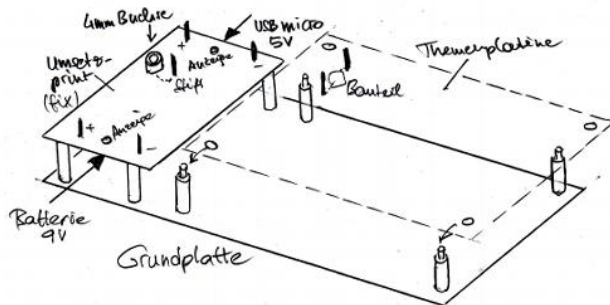


Bild 3.1 Konzept der Lernplatinen

Bild 3.2 RD-LAB und Versorgungsplatine realisiert

Bei der Realisierung wurde die Grundplatte größer gemacht um sie auch für größere Lernplatinen verwenden zu können.

3.2.1 Versorgung und Messung

Für die Versorgung wurde ein Steckernetzgerät mit Hohlstecker vorgesehen. Von dieser Type gibt es Ausführungen mit verschiedenen Spannungen. Als Standardwert für die Spannung wurde 9V festgelegt, es können künftig aber auch andere Spannungen verwendet werden. Es gibt eine zweite Anschlussmöglichkeit für eine Versorgung in Form einer 2-poligen Schraubklemme. Damit könnten Batterien oder andere Netzgeräte als Versorgung dienen.

Das Vorhandensein einer Spannung wird in beiden Fällen mit einer Leuchtdiode angezeigt.

Bei den Versuchen ist die Messung von Strömen, Spannungen und Widerständen vorgesehen. Daher ist der Einsatz von Multimetern angebracht. Es wurde ein günstiges Digital-Multimeter der Type UNIT / UT33D ausgewählt (siehe auch Bild...). Für das Projekt wurden einige Stück angeschafft. Den Schülerinnen und Schülern wurde empfohlen, ihr eigenes Gerät zu erwerben. Dies haben die meisten auch getan.

Die Umsetzung von den Messleitungen mit 4mm Bananenstecker auf die Steckbrücken erfolgt auf dem Versorgungs – Umsetzprint. Als Steckbrücken wurden Typen mit beidseitig female – Buchsen gewählt.



Bild 3.3 a. Digitalmultimeter b. Steckernetzgerät c. female-Jumper und Messleitung

3.2.2 Themenplatine für Widerstände und Dioden

Ein Themenbereich für die erste Klasse betrifft die Bauelemente Widerstand und Diode. Daher wurde die erste Übungsplatine (RD-LAB) mit diesen Bauteilen bestückt.

Folgende Bauteile wurden auf der Platine angeordnet:

- 5 Widerstände für die beliebige Zusammenschaltung
- 2 Verstellbare Widerstände (Potentiometer)
- 2 Taster für Umschaltungen
- 4 Schaltdioden
- 2 Shottky-Dioden
- 2 Zenerdioden
- 6 Widerstände für Diodenschaltungen

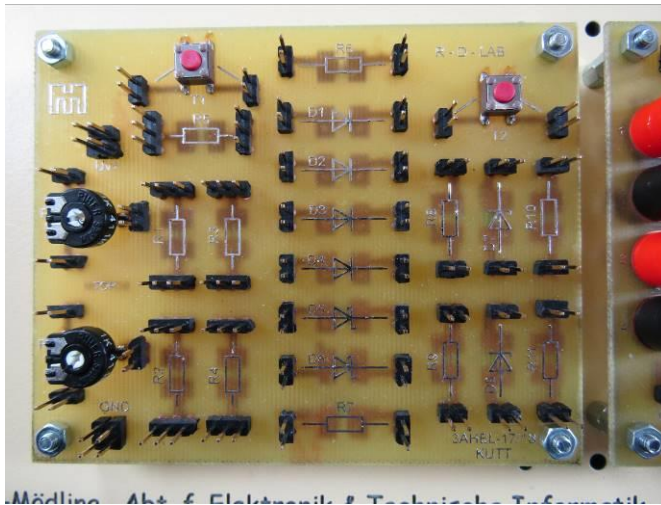


Bild 3.4 RD-LAB Lernplatine

3.2.3 Themenplatine für Widerstände und Kondensatoren

In der ersten Klasse wird auch das Bauelement "Kondensator" behandelt. Dabei ist wesentlich, dass das Verhalten bei Auf- und Entladung verstanden wird. Bei diesen Vorgängen fließen temporär Ströme, die mit Leuchtdioden sichtbar gemacht werden. Mit Schiebeschaltern werden die Auf- und Entladevorgänge ausgelöst. Als Anwendungen sind auf dieser Übungsplatine (RC-LAB) auch eine Schaltung für eine Ladungspumpe (Verdoppelung einer Spannung) und eine Stromquelle vorhanden.



Bild 3.5 RC-LAB Lernplatine

3.3 Entwurf, Bau und Test der Lernplatinen

Nach den Vorgaben des Grundkonzepts wurden von den Schülern der 3AHEL der Schaltplan und das Leiterbahn-Layout mit dem Programm EAGLE erstellt. Die Schaltungen sind auf der Platine einfach zu realisieren, weshalb für die Leiterbahnen die Unterseite ausreicht. Die Oberseite wurde für die Symbolik und Bauteilbeschriftung verwendet.

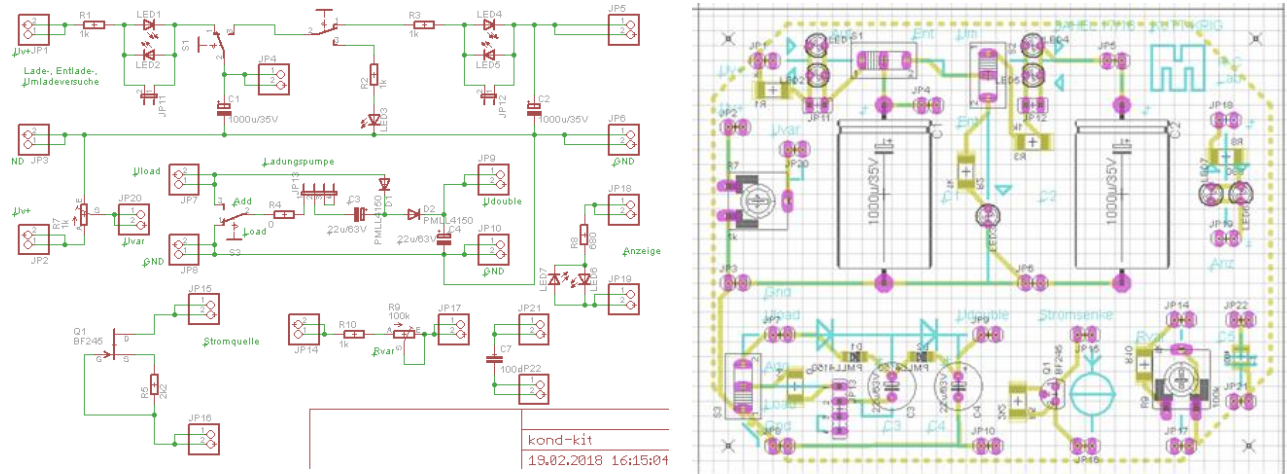


Bild 3.6 Platinentwurf mit EAGLE a. Schaltplan b. Platinenlayout

Nach dem Entwurf im Theorieunterricht Hardwareentwicklung wurden die Platinen in der Werkstätte hergestellt, und die Bauteile eingelötet. Von RD-LAB wurden 10 Stück gebaut. Von RC-LAB wurden im Rahmen dieses Projekts 6 Stück gebaut.

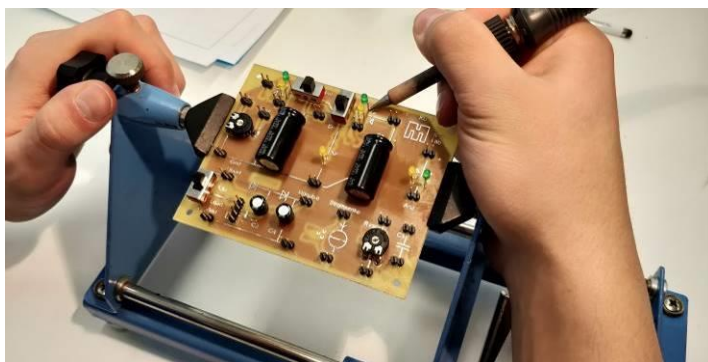


Bild 3.7 Lötens bei der Übungsplatine RC-LAB

Im Labor wurden alle Platinen getestet. Dies betraf beim RD-LAB:

- Messung der Widerstandswerte
- Messung der Schwellenspannung der Dioden
- Messung der Durchbruchspannung der Zenerdioden
- Messung der Funktion der Potentiometer
- Messung der Funktion der Taster
- Kontrolle der Steckernetzteile und der Anzeige-LEDs

3.4 Beschreibungen und Übungsanleitungen

Der Umgang mit Messgeräten im Bereich Elektronik bedarf eines Grundwissens, um Beschädigungen und Fehlmessungen zu vermeiden. In der 3AHEL wurde daher eine Reihe von notwendigen Beschreibungen erstellt. Beispiele sind:

- Messung mit dem Voltmeter
- Messung mit dem Amperemeter
- Messung mit dem Ohmmeter
- Das Multimeter UT33D

Weiters wurden Anleitungen für Versuche erstellt. Dabei sollte allerdings kein Punkt für Punkt Kochrezept vorgelegt werden, bei dem der Benutzer nur alles genau nachmachen muss. Vielmehr wurde eine Aufgabenstellung vorgegeben, die Messschaltung dargestellt und nützliche Tipps je nach Schwierigkeitsgrad aufgeführt.

Weiters wurden Hinweise für die Protokollierungen von Teilergebnissen, für Schlussfolgerungen und Tabellen für Messreihen angeführt, um die AnwenderInnen zu sinnvollen Ergebnissen zu führen.

Beispiele für Versuchs-Anleitungen sind:

- Zusammenschaltung von Widerständen
- Spannungsteiler
- Verstellbare Widerstände
- Belastetes Potentiometer

Im Anhang ist die Anleitung für die Messung des belasteten Potentiometers angeführt.

3.5 Einsatz im Unterricht

Um den Einsatz der Übungsplatinen ohne besondere Startvorbereitungen durchführen zu können wurden Alu-Koffer beschafft, in denen mehrere Übungsplatinen, Steckernetzgeräte, Messkabel, Steckbrücken und einige Multimeter Platz finden.

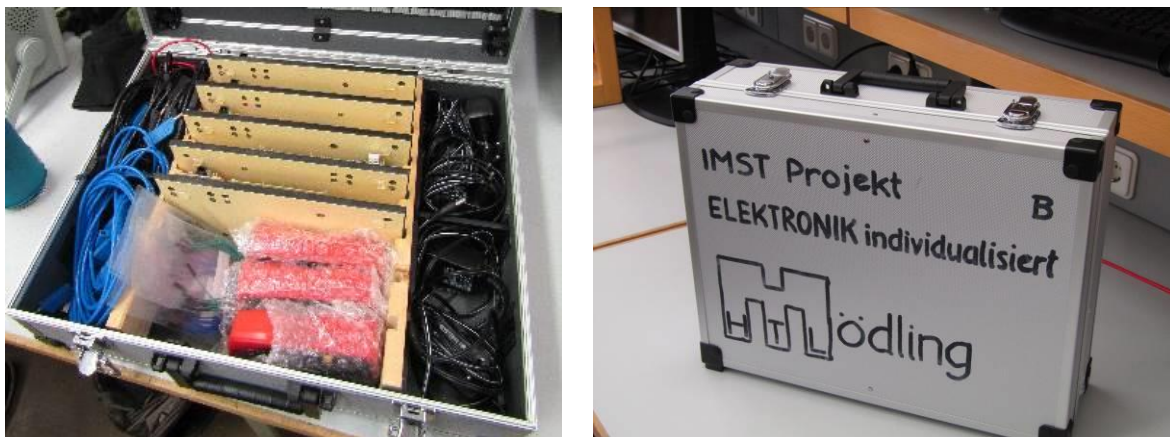


Bild 3.8 Unterbringung der Materialien im Koffer

Die erste Klasse hat derzeit 35 Schülerinnen und Schüler. Beim Einsatz von 10 Übungsplatinen kommt man daher auf eine Gruppengröße von 3 bis 4 Schülerinnen und Schüler. Da je Person ein Multimeter zu Verfügung steht, können auch komplexere Messungen bewältigt werden.

Es wurden Übungen mit und ohne Tutoren aus der dritten Klasse durchgeführt. Die Übungen ohne Tutoren wurde für einfachere Aufgabenstellungen gewählt. Für einige Schritte wurde eine kurze Kontrolle der Messschaltungen durch die Lehrperson vereinbart. Bei den Übungen mit Tutor wurde für jede Gruppe ein Tutor bereitgestellt. Dieser hatte die Aufgabe, die Arbeiten in die richtigen Bahnen zu lenken, und bei Unklarheiten Informationen und Erklärungen zu geben. Er sollte die Aufgaben aber nicht selbst erledigen, sondern nur beaufsichtigen. Insgesamt wurden mit dem RD-LAB 7 Übungen absolviert.

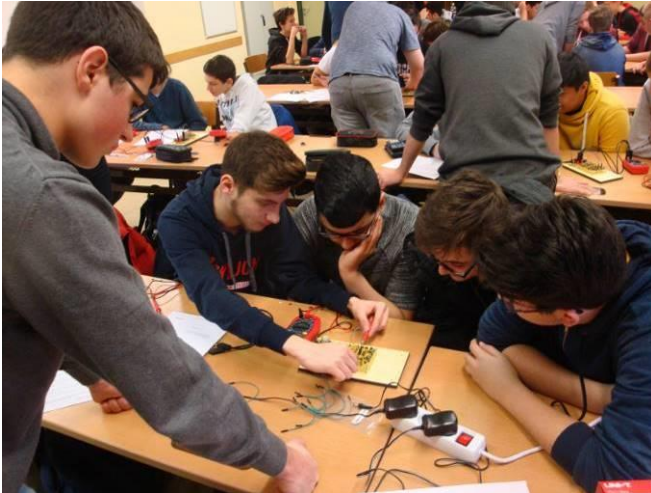


Bild 3.9 Einsatz der RD-Lab Platine in der ersten Klasse mit Tutor aus der dritten Klasse

4 EVALUATIONSMETHODEN

Um die Zielerreichung zu beurteilen wurden folgend Evaluationsmethoden verwendet.

4.1 Beobachtung

Die Konstruktion, der Bau und der Test der Platinen sowie das Erstellen von Beschreibungen und Aufgabenstellungen wurden durch Beobachtungen der jeweils betreuenden Lehrer begleitet. Da als Ergebnis ohnehin funktionierende Übungsplatinen und Aufgabenstellungen entstanden, wurde dies als ausreichend angesehen.

Beim Einsatz der Platinen im Unterricht wurden auch Beobachtungen vorgenommen, jedoch als zusätzliches Instrument.

Bei der Verbreitung der Projekterfahrung wurde das Stattfinden der Aktivitäten mit einer kurzen Einschätzung der Reaktionen als passend angesehen.

4.2 Fragebogen

Beim Einsatz der Lernplatinen in der ersten Klasse wurden Fragebogen verwendet. Es wurden die Schülerinnen und Schüler der ersten Klasse – also die Übenden – sowie die Tutoren befragt. Einige Fragen bezogen sich auch auf das Verhältnis Tutor – Gruppe.

Das Diversitäts-Thema zum besonderen Nutzen der Übungen für Schülerinnen und Schüler mit nicht-deutscher Umgangssprache wurde ebenfalls in dem Fragebogen behandelt.

Weiters kam für die Ziele auf Lehrerinnen- und Lehrerebene ein Fragebogen zum Einsatz.

5 ERGEBNISSE

5.1 Ergebnisse zu Zielen auf SchülerInnenebene

5.1.1 Ergebnisse in der ersten Klasse

5.1.1.1 Beobachtungen

Die Beobachtung durch die betreuenden Lehrer bei der Gruppenarbeit mit den Lernplatinen mit und ohne Tutoren ergab folgendes Bild:

- Der überwiegende Teil der Schülerinnen und Schüler arbeitet engagiert mit und bemüht sich, Ergebnisse zu erreichen
- Die organisatorischen Phasen (Herräumen, Wegräumen) funktionieren von Mal zu Mal besser. Dabei hilft die Unterbringung der Materialien in handlichen Koffern. Die meisten Schülerinnen und Schüler haben nach Vereinbarung ihr Multimeter mit.
- Die geringe Anzahl von Schülerinnen und Schüler, die sich wenig einbringen, zeigen auch im konventionellen Unterricht eher wenig Engagement.
- Beim Arbeiten mit Tutoren entstehen sinnvolle Diskussionen zur Aufgabe, die Tutoren werden als kompetent angesehen und können sinnvolle Erklärungen bieten.
- Die Lautstärke in der Klasse könnte noch weniger werden. Dies könnte auch durch Benutzung eines zweiten Raumes verbessert werden. Es wurde in diesem Projekt aber nicht gemacht.

5.1.1.2 Fragebogen

Das Arbeiten mit den Lernplatinen wurde in der ersten Klasse mit folgendem Fragebogen evaluiert. Die Hinweise auf die Anonymität und die Wahl der Antworten aus eigener Sicht wurden am Fragebogen gegeben und zusätzlich vom betreuenden Lehrer betont. Bei der Befragung waren 34 Schülerinnen und Schüler anwesend. Hier sind die Summen der gegebenen Eintragungen angeführt:

		stimme ganz zu	stimme eher zu	stimme eher nicht zu	stimme gar nicht zu
1	Das Arbeiten mit den Lernplatinen (LPL) erscheint mir sinnvoll.	23	10	1	
2	Ich kann mich bei der Arbeit in der Gruppe gut einbringen.	11	18	5	
3	Durch das Arbeiten mit der LPL wird mir das Thema der Aufgabe klarer.	15	17	2	
4	Das Arbeiten mit den LPL ist langweilig.		4	8	22
5	Das Arbeiten mit den LPL gefällt mir besser, wenn ein Tutor dabei ist.	9	15	9	1

		stimme ganz zu	stimme eher zu	stimme eher nicht zu	stimme gar nicht zu
6	Der Tutor konnte gute Erklärungen und sinnvolle Hinweise geben.	13	16	3	2
7	Im Theorieunterricht komme ich gut mit und verstehe fast alles.	8	17	9	
8	Ich habe gute Ergebnisse bei den Tests.	10	10	10	4
9	Ich verstehe im Theorieunterricht rein sprachlich nicht alles.		6	14	14
10	Im Theorieunterricht ist für mich das Tempo zu hoch.	5	12	12	5
11	Bei der Gruppenarbeit mit den LPL kann ich Unklarheiten beseitigen.	7	18	8	
12	Die Zeit für das Arbeiten mit den LPL könnte besser durch zusätzlichen Theorieunterricht genutzt werden.		5	7	22
13	Ich möchte mehr Übungen mit den LPL machen.	25	7	2	
14	Die Zeit beim Arbeiten mit den LPL vergeht viel zu schnell.	20	9	5	
15	Durch das Arbeiten mit den LPL wird Elektronik interessanter	25	6	2	
16	Ich komme beim Arbeiten mit den LPL nicht gut mit.		3	14	17
17	Beim Arbeiten mit den LPL kann ich Fragen stellen, die vorher unklar gewesen sind	11	16	6	2
18	Das Arbeiten mit den LPL könnte meine Noten positiv verändern.	5	18	9	2
19	Nach einer Übung mit den LPL verstehe ich das behandelte Thema besser	7	21	6	
20	Meine Sprache im Alltag (zu Hause) ist Deutsch	22		4	8
21	Meine Sprache im Alltag (zu Hause) ist nicht Deutsch	8	4		22

Bei der Auswertung wurden die beiden Zustimmungen Spalten und die beiden nicht zustimmenden Spalten zusammengefasst und gegenübergestellt. Dabei ergibt sich folgendes Bild:

Die Fragen 7 bis 10 (hellgrau markiert) beziehen sich auf den Theorieunterricht.

Frage 7: 25 von 34 Schülerinnen und Schülern (SuS) kommen gut mit und verstehen fast alles

Frage 8: 20 von 34 SuS haben bei den Tests eher bessere Ergebnisse

Frage 9: nur 6 von SuS verstehen rein sprachlich nicht alles

Frage 10: für die Hälfte der SuS ist das Tempo eher zu hoch

Dies zeigt, dass der Theorieunterricht kein schlechtes Zeugnis erhält. Das Tempo wird durch die Bewältigung des Lehrstoffes beeinflusst, und ist im Umfeld einer großen Klasse problematisch.

Die Fragen 20 und 21 (dunkelgrau markiert) beziehen sich auf die Sprache im Alltag. Diese Fragen wurden am Ende des Blattes platziert, um einen Einfluss auf die zuvor gestellten Fragen zu vermeiden. Ergebnis:

22 SuS haben Deutsch als Alltagssprache, 12 (also ein Drittel) nicht und eher nicht.

Alle anderen Fragen beziehen sich auf die Sinnhaftigkeit und die positiven Auswirkungen der Arbeit mit den LPL auf Verständnis und Interesse und sind alle sehr deutlich positiv beantwortet. Auch die Anwesenheit und Arbeit der Tutoren wird deutlich positiv bewertet.

Es gab im Anschluss noch ein Feld für eine offene Antwort. Hier werden die Eintragungen zusammenfassend dargestellt.

Was ich noch über das Arbeiten mit den Lernplatinen sagen möchte:

Positiv:

- Gute Mischung Theorie-Praxis (2x)
- Macht Spaß sich in der Gruppe auszutauschen
- Man merkt sich mehr
- Arbeiten mit LPL ist zu kurz. (4x)
- Mehr Übungen.

Negativ (je 1x):

- Zu lautes Klima.
- Tutoren sollten sich Übung besser vorbereiten.
- Lehrer sollte Gruppen einteilen

5.1.2 Ergebnisse in der dritten Klasse

5.1.2.1 Beobachtungen

- a. Entwurf der LPL im Theorieunterricht Hardwareentwicklung:

Die Beobachtung erfolgte durch den betreuenden Theorielehrer.

Nachdem das Grundkonzept vom Projektleiter vorgegeben wurde, wurde der Entwurf der Platinen durch jene Schüler, die sich dafür gemeldet haben, engagiert und zügig durchgeführt. Es war binnen einer Woche (3 Stunden im Unterricht) der Entwurf für die Fertigung komplett.

- b. Bau der LPL in der Werkstätte:

Die Beobachtung erfolgte durch den betreuenden Werkstättenlehrer. Er stellte fest, dass die Gruppe auch ohne Aufsicht zielorientiert weiterarbeitet und gute Ergebnisse erzielte. Dies ist bei anderen Klassen und Arbeiten oft nicht so.

Durch das engagierte Arbeiten konnten angepeilte Fertigstellungstermine eingehalten werden.

- c. Test der Platinen im Labor:

Die Beobachtung erfolgte durch den betreuenden Laborlehrer.

Die Laborgruppe (ca. 8 Schüler) hat die zu prüfenden LPLs (10 Stück) sinnvoll aufgeteilt, und so konnte in kurzer Zeit eine 100% Prüfung vorgenommen werden. Dies führte auch dazu, dass während des Einsatzes keine Rückmeldungen zu Fehlfunktionen eingegangen sind.

d. Erstellen von Bedienungsanleitungen und Versuchsbeschreibungen:

Die Beobachtung erfolgte durch den betreuenden Theorielehrer.

Die Themen wurden einzeln bzw. in Zweiergruppen behandelt und engagiert bearbeitet. Die Hinweise des Betreuers wurden sinnvoll umgesetzt.

5.1.2.2 Fragebogen

Der Einsatz der Tutoren bei Übungen in der ersten Klasse wurde auch unter den Tutoren mit einem Fragebogen evaluiert. Es wurden 11 Tutoren eingesetzt. Hier sind die Summen der gegebenen Eintragungen angeführt.

		stimme ganz zu	stimme eher zu	stimme eher nicht zu	stimme gar nicht zu
1	Das Arbeiten mit den Lernplatinen (LPL) erscheint mir sinnvoll	8	2	1	
2	Die Arbeit als Tutor hat mir Spaß gemacht.	3	7	1	
3	Durch das Arbeiten mit der LPL habe ich selber profitiert.	3	2	4	2
4	Die Vorbereitung auf die Übung hat bewirkt, dass ich das Thema jetzt auch besser verstehe.	2	2	3	4
5	Ich habe den Eindruck, dass die Gruppe gern mit den LPL arbeitet.	2	7	1	1
6	Das Arbeiten mit der Lernplatine war langweilig			3	8
7	Alle in der Gruppe haben ihren Beitrag geleistet und gut mitgearbeitet.	4	4	1	2
8	Es wurden interessante Fragen gestellt.		2	5	4
9	Es gab in der Gruppe TeilnehmerInnen, die wenig wussten.	3	4	3	1
10	Die Gruppe hat sehr selbständig gearbeitet.	1	6	4	
11	Bei der Gruppenarbeit mit den LPL konnte ich Unklarheiten beseitigen.	3	7		
12	Mehrere in der Gruppe haben nicht mitgearbeitet.	2		2	7
13	Ich musste relativ viel erklären und viele Hinweise geben.		5	6	
14	Die Zeit beim Arbeiten mit den LPL vergeht viel zu schnell.	2	5	4	
15	Durch das Arbeiten mit den LPL wird Elektronik interessanter	4	6		1
16	Ich konnte die Gruppe gut leiten.	6	5		
17	Ich habe den Eindruck, dass TeilnehmerInnen das Übungsthema jetzt besser verstehen.	2	7	2	

Der Blick auf die Eintragungen zeigt folgendes:

Hier fällt auf, dass der Profit aus der Beschäftigung mit dem Thema nicht gesehen wird (Frage 3 und 4). Das ist damit zu erklären, dass in Hinblick auf den Erfolg in der ersten Klasse eher bessere Schüler in der dritten Klasse die Tutorfunktion übernommen haben und somit die Themen schon vorher gut gekonnt wurden.

Dass es in der Gruppe der ersten Klasse TeilnehmerInnen gibt, die wenig wissen (Frage 9), ist bekannt. Die Fragen der GruppenteilnehmerInnen wurden auch mehrheitlich als wenig interessant bewertet (Frage 8)

Alle anderen Fragen beziehen sich auf die Sinnhaftigkeit, die positive Auswirkung auf Verständnis und Interesse und auf die Leitung der Übung und wurden deutlich positiv bewertet.

5.1.3 Ergebnisse bei der Zusammenarbeit der Klassen

In der ersten Klasse wurde eine Liste erstellt mit der Überschrift: „In folgenden Gegenständen könnte ich eine Hilfestellung benötigen“. Ebenso wurde in der 3. Klasse eine Liste erstellt mit der Überschrift: „In folgenden Gegenständen könnte ich eine Hilfestellung geben. Diese Liste wurde in der ersten Klasse angebracht.

Den Schülerinnen und Schülern der ersten Klasse wurde angeboten, von den Möglichkeiten gebrauch zu machen. Bis 15. Juni 2018 haben dies 3 SuS genutzt. Diese geringe Anzahl zeigt, dass dies in unserer Abteilung keine Tradition hat, und dass für eine Steigerung noch weitere Aktivitäten erforderlich sind.

5.2 Ergebnisse zu Zielen auf LehrerInnenebene

Die Lernplatinen sowie deren Einsatz wurde den Lehrerinnen und Lehrern für technische Gegenstände (insbesondere Hardwareentwicklung) in der eigenen Abteilung vorgestellt. Mit einem Fragebogen wurde die Einschätzungen zum Arbeiten mit den Lernplatinen abgefragt. Im Folgenden werden die Ergebnisse summarisch dargestellt. 6 Fragebögen wurden ausgefüllt rückgesendet.

	stimme ganz zu	stimme eher zu	stimme eher nicht zu	stimme gar nicht zu
Das Arbeiten mit den Lernplatinen (LPL) erscheint mir sinnvoll	5	1		
Ich werde die LPL einsetzen wenn ich in der ersten Klasse HWE unterrichte.	5	1		
Beim Einsatz der LPL halte ich die Mitwirkung von Tutoren und Tutorinnen aus einer höheren Klasse für sinnvoll.		5	1	
Die zeitnahen Versuche mit den LPL im Theorieunterricht werden das Verstehen der Zusammenhänge bei den Schülerinnen und Schülern erhöhen.	5	1		
Ich kann mir vorstellen, auch in anderen Gegenständen bzw. zu anderen Themen LPL zu entwickeln.		6		
Durch das Arbeiten mit den LPL wird Elektronik interessanter	3	3		

Die Betrachtung der Ergebnisse zeigt, dass die Arbeit mit Lernplatinen überwiegend positiv gesehen wird. Etwas skeptisch wird offenbar der Einsatz von Tutoren aus höheren Klassen gesehen. Welche Bedenken dabei gesehen werden, muss in einer weiteren Analyse noch besprochen werden.

5.3 Ergebnisse zu Diversitätsziel

Im Fragebogen der ersten Klasse wurde die Sprache im Alltag abgefragt. Es kann daher eine Auswertung speziell für Schülerinnen und Schüler mit nicht deutscher Alltagssprache (in Summe 12) gemacht werden. Hier sind die Summen der gegebenen Eintragungen angeführt.

		stimme ganz zu	stimme eher zu	stimme eher nicht zu	stimme gar nicht zu
1	Das Arbeiten mit den Lernplatinen (LPL) erscheint mir sinnvoll.	6	6		
2	Ich kann mich bei der Arbeit in der Gruppe gut einbringen.	4	6	2	
3	Durch das Arbeiten mit der LPL wird mir das Thema der Aufgabe klarer.	5	6	1	
4	Das Arbeiten mit den LPL ist langweilig.			5	7
5	Das Arbeiten mit den LPL gefällt mir besser, wenn ein Tutor dabei ist.	5	4	3	
6	Der Tutor konnte gute Erklärungen und sinnvolle Hinweise geben.	6	6		
7	Im Theorieunterricht komme ich gut mit und verstehe fast alles.	2	7	3	
8	Ich habe gute Ergebnisse bei den Tests.	3	4	4	1
9	Ich verstehe im Theorieunterricht rein sprachlich nicht alles.		4	4	4
10	Im Theorieunterricht ist für mich das Tempo zu hoch.	1	6	4	1
11	Bei der Gruppenarbeit mit den LPL kann ich Unklarheiten beseitigen.	1	9	2	
12	Die Zeit für das Arbeiten mit den LPL könnte besser durch zusätzlichen Theorieunterricht genutzt werden.		2	1	9
13	Ich möchte mehr Übungen mit den LPL machen.	10	2		
14	Die Zeit beim Arbeiten mit den LPL vergeht viel zu schnell.	9	1	2	
15	Durch das Arbeiten mit den LPL wird Elektronik interessanter	10	1		
16	Ich komme beim Arbeiten mit den LPL nicht gut mit.			6	6
17	Beim Arbeiten mit den LPL kann ich Fragen stellen, die vorher unklar gewesen sind	6	4	2	
18	Das Arbeiten mit den LPL könnte meine Noten positiv verändern.	2	7	3	
19	Nach einer Übung mit den LPL verstehe ich das behandelte Thema besser	2	10		

Wenn man diese Ergebnisse mit jenen der gesamten Klasse vergleicht, ist auf den ersten Blick kein besonderer Unterschied zu erkennen. Um doch Differenzen zu erkennen wurde mit Excel folgendes gemacht:

Auswertung für Schülerinnen und Schüler mit deutscher Alltagssprache und Gegenüberstellung zu Schülerinnen und Schüler mit nicht deutscher Alltagssprache. Dann erfolgt die Berechnung des jeweiligen Anteils der positiven Bewertungen (Summierung von „stimme ganz zu“ und „stimme eher zu“). Bei einigen Fragen ergibt sich dann eine Abweichung von mehr als 10 Prozentpunkten.

		Zustimmung deutsche Alltagssprache	Zustimmung nicht deutsche Alltagssprache
4	Das Arbeiten mit den LPL ist langweilig.	18%	0%
6	Der Tutor konnte gute Erklärungen und sinnvolle Hinweise geben.	77%	100%
9	Ich verstehe im Theorieunterricht rein sprachlich nicht alles.	9%	33%
10	Im Theorieunterricht ist für mich das Tempo zu hoch.	45%	58%
11	Bei der Gruppenarbeit mit den LPL kann ich Unklarheiten beseitigen.	68%	83%
16	Ich komme beim Arbeiten mit den LPL nicht gut mit.	14%	0%
18	Das Arbeiten mit den LPL könnte meine Noten positiv verändern.	64%	75%
19	Nach einer Übung mit den LPL verstehe ich das behandelte Thema besser	73%	100%

Bei aller Vorsicht bei der Bewertung der Ergebnisse sind dies Hinweise, dass das Arbeiten mit den LPL bei Schülerinnen und Schülern mit nicht deutscher Alltagssprache in größerem Ausmaß positive Wirkungen erzielt, die im Theorieunterricht durch die Sprachbarrieren nicht zu erzielen sind.

Im Gegensatz dazu sind hier Beispiele für Fragen, bei denen es erstaunlich wenig Abweichungen gibt:

		Zustimmung deutsche Alltagssprache	Zustimmung nicht deutsche Alltagssprache
2	Ich kann mich bei der Arbeit in der Gruppe gut einbringen.	86%	83%
3	Durch das Arbeiten mit der LPL wird mir das Thema der Aufgabe klarer.	95%	92%
8	Ich habe gute Ergebnisse bei den Tests.	59%	58%
15	Durch das Arbeiten mit den LPL wird Elektronik interessanter	91%	92%

5.4 Ergebnisse zur Verbreitung der Projekterfahrung

Innerhalb der HTL Mödling wurde das Projekt bei einem schulweiten Meeting zur Individualisierung vorgestellt und positiv kommentiert.

Auf der Homepage der Abteilung Elektronik und technische Informatik (erreichbar über <http://htl.moedling.at/elektronik/>) wurde ein Artikel „Elektronik individualisiert 2 – IMST-Projekt im Schuljahr 2017/18“ publiziert, der eine kurze Übersicht über das Projekt gibt.

Am 6. Dezember 2017 wurde das Projekt bei einer österreichweiten Lehrerveranstaltung „Umsetzung des EL-Lehrplans“ in Salzburg (Teilnehmer sind Abteilungsvorstände und Lehrer) vorgestellt und mit positiven Reaktionen bedacht.

Beim IMST-Tag 2018 im Haus der Industrie in Wien wurde das Projekt mit einem einminütigen Sketch auf der Bühne und anschließend in der Poster-Galerie präsentiert.



Bild 5.1 „Mundl“-Sketch beim IMST-Tag 2018

6 DISKUSSION/INTERPRETATION/AUSBLICK

Wie das Vorgängerprojekt „Elektronik individualisiert“ hat sich dieses Projekt wieder den Schwerpunktgegenstand „Hardwareentwicklung“ am Beginn der Ausbildung vorgenommen. Dort Verbesserungen im Unterricht zu erzielen kann gar nicht oft genug versucht werden.

Der Einsatz von Lernplatinen in der ersten Klasse hat im Sinne der Methodenvielfalt auf jeden Fall positive Auswirkungen gebracht, wenn sie auch nicht bei jeder Schülerin und bei jedem Schüler zu einer Verbesserung der Noten geführt haben. Die Begeisterung beim Wechsel vom „normalen“ Theorieunterricht auf die Versuche mit Lernplatinen war allen anzusehen. Dies obwohl auch in dieser Phase Aufgabenstellungen abzuarbeiten waren, und Ergebnisse erwartet wurden.

Ohne Lernplatinen wäre der zeitnahe Einbau von Versuchen in den Theorieunterricht zu aufwändig in der Vorbereitung und Durchführung, da in unserer Schule keine speziellen Räume mit vorbereiteten Umgebungen für diese Aktivitäten bereitstehen. Der Zeitaufwand würde Probleme mit der Bewältigung des Lehrstoffes bringen. Dies hat im Vorgängerprojekt dazu geführt, dass die Versuche selten stattfanden.

Die Realisierung der Lernplatinen und der Anleitungen speziell in der dritten Klasse ergab sich durch den Einsatz der gleichen betreuenden Lehrer in diesen beiden Klassen. Dadurch ergab sich ein geringer Abstimmungsaufwand. Außerdem wurde in der jetzigen dritten Klasse vor zwei Jahren das Vorgängerprojekt vom Projektleiter durchgeführt, und somit war die Klasse an die Methodenvielfalt und den individualisierten Unterricht gewöhnt. Ebenso waren die Schüler als Tutoren bei der Leitung und Betreuung der Versuche relativ souverän und konnten gute Erklärungen einbringen. Andererseits waren die Realisierung der Lernplatinen, die Beschreibungen und der Tutoreneinsatz keine besonders interessante Herausforderung im Bereich der Elektronik. Dies wurde bei den Befragungen auch erwähnt. Es wäre aus dieser Perspektive die Realisierung dieses Aufgabenteils eventuell mit einer zweiten Klasse besser gewesen.

Die angestrebten Kontakte zwischen erster und drittere Klasse für vielfältige Hilfestellungen werden nur sehr zögerlich geknüpft. Dies müsste für eine Intensivierung mit weiteren Aktivitäten unterstützt werden.

Im Lehrerkreis der Abteilung werden die Möglichkeiten durch die Projektergebnisse positiv aufgenommen, und es ist zu erwarten, dass die Lernplatinen in den nächsten Jahren häufig eingesetzt werden.

Wie schon im Vorgängerprojekt war die Einbettung in die Projektstruktur von IMST hilfreich. Abgesehen von der finanziellen Unterstützung ist die zwingende Fragestellung nach Zielen und deren Erfüllung eine wichtige Begleitmaßnahme, die bei einer internen Abwicklung allzu gern in den Hintergrund geschoben wird. Der Austausch mit anderen Schulen bei den Workshops wurde ebenso wieder als inspirierend empfunden. Die Betreuung erfolgte im richtigen Ausmaß.

Da IMST angekündigt hat, den Bereich der Themenprogramme neu zu gestalten, sehen wir an der Abteilung „Elektronik und technische Informatik“ der HTL Mödling einer allfälligen weiteren Beteiligung an IMST-Aktivitäten mit Interesse entgegen.

ANHANG

Beschreibung zur Übung

Belastetes Potentiometer:

Auf der R-D-LAB Platine sind 2 Potentiometer (P1, P2).

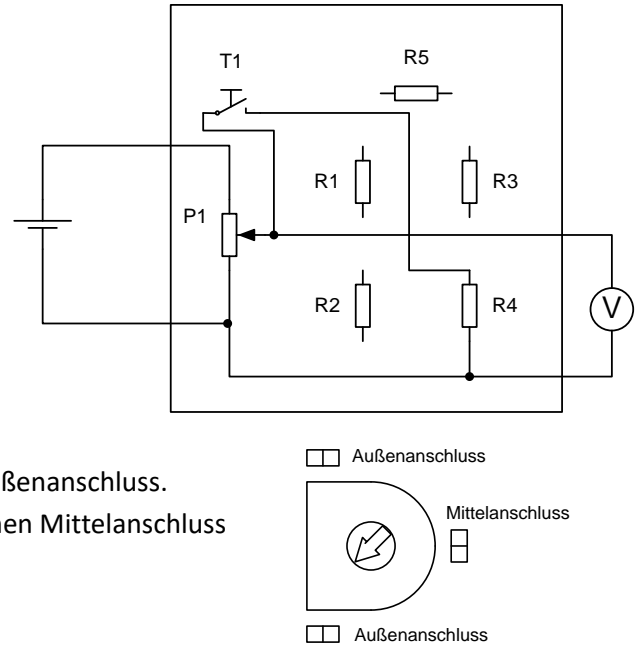
Aufgabe:

Nimm die Kennlinie Ausgangsspannung – Potentiometerstellung auf.

Vorgehensweise:

Schaltung:

- Versorgungsspannung an die Außenanschlüsse von P1.
- Voltmeter zwischen Mittelanschluss und unteren Außenanschluss.
- Taster in Serie mit Belastungswiderstand (R4) zwischen Mittelanschluss und unteren Außen-anschluss.

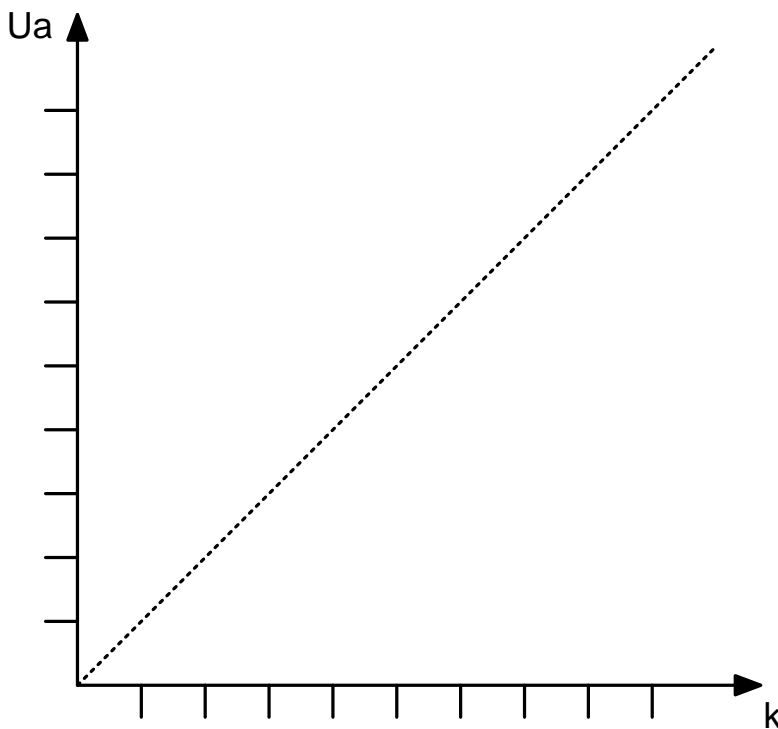


Die Potentiometerstellung k kann durch die Spannung ohne Lastwiderstand ersetzt werden (Taster nicht gedrückt).

Die Spannung U_a des belasteten Potis liest man bei gedrückter Taste ab.

$R_{pot}=1k\Omega$, $R_a=R_4=.....\Omega$

Kennlinie:



k	U_a