

**Antrag auf Förderung eines Projektes im Rahmen von
„HUMUS^{Plus} – Hochschuldidaktisch und –methodisch unterstützte
Selbstinitiiierung von Lernprozessen an HAWen in Baden-Württemberg“**

Antragsteller/in:

Titel: **Prof. Dr. rer. nat.**

Name, Vorname: **Fischer, Tim**

Hochschule: **Heilbronn**

Fakultät/Studiengang: **Technik 1 / Mechatronik und Robotik**

Tel: **[REDACTED]**

Mobiltelefon: **[REDACTED]**

E-Mail: **tim.fischer@hs-heilbronn.de**

Fax: **[REDACTED]**

Projekttitle:

**MEXLE-ET – Multimodale EXperimentier- und Lernumgebung
für Grundlagen der Elektrotechnik**

Hochschuldidaktisches Mikroprojekt für die Fachrichtung:

Elektrotechnik

Teilgebiet:

Grundlagen der Elektrotechnik

| Antragsvolumen | 2019 | |
|---|--------------------------------------|-------------------|
| | Zeit / h (Tarif) | Kosten / € |
| Studentische Hilfskraft/Tutor | | |
| Wissenschaftliche Hilfskraft/Tutor | 100 h á 14,93 € incl. Nebenkosten | 1.493,00 € |
| Summe Personalkosten: | | 1.493,00 € |
| Reisekosten* | | |
| Werkvertrag* | | |
| Materialkosten (75 Systeme)* (Basissystem + Module Elektrotechnik) | 75 x 33,50 € 75 x 12,50 € | 3.450,00 € |
| Summe Sachkosten: | | 3.450,00 € |
| Gesamtsumme: | | 4.943,00 € |

gesehen _____ (Kanzler/in bzw. Verwaltungsdirektor/in)
 gesehen _____ (Rektor/in bzw. Präsident)

Beschreibung des geplanten Vorhabens:

1 Kurzfassung

Das hier beschriebene Vorhaben stellt eine thematische Ergänzung zu der im Jahr 2018 im Rahmen eines HUMUS-Projekts entwickelten Selbstlernumgebung für „Grundlagen der Elektronik“ dar. Das vorhandene modulare „Lab-in-a-Box“-Konzept [1] soll in 2019 auf den neuen Themenbereich „Grundlagen der Elektrotechnik“ (Veranstaltung im 1. und 2. Semester) erweitert werden. Anfallende Aufgaben sind:

- 1) Entwicklung neuer Hardware-Module speziell für die Anwendungen in der Elektrotechnik
- 2) Programmierung einer neuen PC-basierten Messumgebung (z.B. in LabView)
- 3) Überarbeitung der Webpräsenz „MEXLE-Wiki“ mit Schreibzugriff für Studierende
- 4) Aufbau einer Datenbank für Module, Bauteile und Dokumente (Basis: PartDB)

Die Besonderheit in diesem Vorhaben ist, dass Themen, Strategien, Beispiele und Materialien zu dem Fach Elektrotechnik gemeinsam mit einer neu zu bildenden studentischen Beratergruppe erarbeitet werden. Damit wird zum einen dem im Bologna-Prozess definierten Ziel der Lerner-Zentrierung [2] aktiv Rechnung getragen. Zum anderen wird eine „lebendige“ Ansprache der Studierenden mit den Inhalten der Veranstaltung sowie „nachhaltiges“ Lernen nach dem „LENA-Modell“ [3] und der „3H-Methode“ (Head-Heart-Hand) [4] angestrebt.

2 Hintergrund

In der Fakultät T1 an der Hochschule Heilbronn wird seit über 15 Jahren ein Mikrocontroller-Lernsystem (MiniMEXLE) für die Lehre in Labor und Projekten im Bereich Informatik/Mikrocontroller mit großem Erfolg eingesetzt. Die Entwicklung des MiniMEXLE und seine Verbreitung wurden mehrfach im Rahmen des Programms LARS unterstützt [5].

In Rahmen eines HUMUS-Projekts wurde in 2018 erfolgreich das MEXLE-Grundkonzept mit vielen Anwendungsmodulen für den Bereich „Analoge Schaltungstechnik“ entwickelt (Liste der inzwischen vorhandenen Module siehe Anhang B). Dabei wurde der Großteil der Entwicklungsaufgaben von Studierenden im 3. Semester im Rahmen des Labors Elektronik geleistet.

Die positiven Ergebnisse aus 2018 begründen die Motivation für diesen Antrag. Der Antragsteller unterrichtet ab SS 2019 auch das Fach „Grundlagen der Elektrotechnik“ (4+4 ECTS im 1. und 2. Semester). Es liegt nahe, den didaktischen Ansatz des MEXLE-Systems auch in diesem Fach einzusetzen.

3 Hardware-Konzept

Die Konzeption der Hardware trägt der Flexibilität des Einsatzortes Rechnung. Aus diesem Grund wird als Basis ein kompakter, handlicher Koffer (Abb. 1) verwendet, der ganzflächig mit einem Modulträger bestückt ist. Der Modulträger dient dabei als mechanischer Träger für bis zu $8 \times 4 = 32$ Module und zur elektrischen Verbindung der Module untereinander (Stromversorgung, Steuerbus, Signalfeld).

Für spezielle, kompaktere Anwendungen dient ein weiterer Modulträger für $2 \times 3 = 6$ Module, der in einem Standard-Kunststoffgehäuse (120 x 70 mm) montiert werden kann (Abb. 2). Damit lassen sich beispielweise modulare Anwendungen von mechatronischen Systemen (z.B. Mobile Roboter) realisieren.

In dem für 2019 geplanten Arbeitsschritt sollen nun spezielle Standard-Module entwickelt werden, die mit dem Grundsystem als Selbstlernumgebung für „Grundlagen der Elektrotechnik“ genutzt werden. Mit diesen Modulen können die Studierenden praktische Erfahrungen mit einfachen passiven (R, C, L) und diskreten (Diode, Z-Diode) Bauteilen sowie Schaltungsaufbauten für DC- und AC-Netzwerke machen.



Abb. 1 Modulträger 8x4 im Koffer

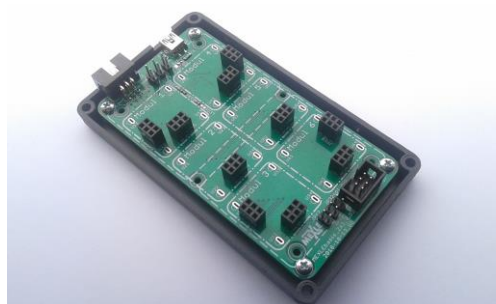


Abb. 2 Modulträger 3x2 im Gehäuse

Geplante Module:

- 1) Grundmodule 2-polig:
 - Größe ca. 6 x 25 mm²
 - zusätzliche Module mit passiven und aktiven Bauteilen (L, C, Dioden, ...)
- 2) Grundmodule 4-polig:
 - Größe ca. 25 x 25 mm²
 - zusätzliche Module mit passiven und aktiven Bauteilen (L, C, Trafo, Transistoren, ...)
- 3) Versorgungsmodul „Power“:
 - Größe ca. 25 x 25 mm²
 - Externe Versorgung mit Stecker-Netzteil (12 .. 24 V)
 - Ausgänge: $\pm 3,3$ V oder ± 5 V und Spannung vom Steckernetzteil
 - zur Ergänzung für Schaltungen mit Versorgungsspannung > 5 V / höheren Leistungen (Motoren)
- 4) PC-Interfacemodul USB:
 - Größe ca. 25 x 25 mm²
 - Versorgung über USB mit $\pm 3,3$ V oder ± 5 V für die Schaltung
 - Daten-Interface USB-zu-I²C und USB-zu-UART
- 5) PC-Messmodul USB:
 - Größe ca. 25 x 53 mm²
 - Versorgung über USB mit $\pm 3,3$ V oder ± 5 V für die Schaltung
 - Daten-Interface USB-zu-I²C
 - Analog-Mess-Interface für 2x Spannung (1 mV...30 V) und 2x Strom (0,1 mA...3 A) mit einer Auflösung von 12 Bit und einer Messfrequenz bis zu 350 kHz
 - Analog-Ausgang mit 12 Bit und max. 350 kHz
- 6) AC-Generator-Modul:
 - Größe ca. 25 x 53 mm²
 - 1- bis 3-phasige AC-Signale mit 0..400 Hz mit unterschiedlichen Signalformen
 - max. Ausgangsamplitude ± 5 V oder mehr mit Power-Versorgung
 - Leistung bis 5 W pro Phase
 - externe Steuerung des Moduls über den I²C-Systembus

1 Software-Konzept

Die für den Betrieb notwendige Software wird im Bereich Signalgenerierung und Messung eingesetzt. Software und Benutzerinterface werden im Rahmen des Projekts von wissenschaftlichen Hilfskräften selbst erstellt. Der Benutzer des „Lab-in-a-Box“ hat im Rahmen dieser konkreten Lern-Anwendung (Grundlagen der Elektrotechnik) keine Software selbst zu erstellen. Die Mikrocontroller auf den Modulen werden mit C/C++ programmiert. Für die Benutzeroberfläche am PC ist LabView © als Basis vorgesehen. Für Smartphones soll zukünftig auf kostenlose Apps wie HScope oder Oscilloscope Pro zurückgegriffen werden. Die Softwaremodule werden, so weit als möglich, in Form von wiederverwendbaren Libraries erstellt. Damit bilden sie auch die Grundlage für eine zukünftige Erweiterung des MEXLE-Systems für das Thema „Mikrocontroller-Systeme“.

2 Lernmaterialien

Die grundlegenden Lernmaterialien werden im [MEXLE-Wiki](#) [6] zusammengefasst. Dieses Wiki dient auch als flexible Kommunikationsplattform zwischen Lehrenden und Studierenden sowie zum Austausch unter den Studierenden. Im Wesentlichen sind die folgenden Inhalte im Wiki vertreten:

- Datenblätter zu Bauelementen bzw. Links zu den Herstellerseiten
- Grundlagen zur Bauteilfunktion und Schaltungstechnik
- Grundlagen der Messtechnik mit Oszilloskop, Funktionsgenerator und Multimeter
- Austauschforum für Anwender
- Ergebnispräsentation für studentische Projekte

3 Vorgehensweise

Das beantragte Projekt wird in den folgenden Phasen bearbeitet:

- Jan. – März 2019: **Vorbereitungsphase:**
- Spezifikationen erstellen und Bauteile auswählen
 - neue Module konkret vorplanen
 - studentische Beratergruppe sammeln (aus unterschiedlichen Semestern)
- April – Sept. 2019: **Erstellungsphase:** (*gemeinsam mit ca. 30 Studierenden*)
- Lernstrategie entwickeln mit stud. Beratergruppe (begleitend zur Veranstaltung)
 - Modulerstellung im Rahmen von Studentenprojekten (Labor Elektronik, 3. Sem.)
 - Softwareerstellung durch wissenschaftliche Hilfskräfte (Masterstudenten)
- Okt. 2019 -
März 2020: **Erprobungsphase:** (*gemeinsam mit ca. 80 Studenten*)
- Umsetzung des neuen Lernkonzepts im Fach Elektrotechnik (1. + 2. Sem.)
 - Evaluierung gemeinsam mit den Studierenden
 - Aufbau der Wiki-Inhalte gemeinsam mit den Studierenden
- Jan. - Juni 2020: **Präsentationsphase:**
- Vorstellung bei Fachkollegen im Rahmen einer lokalen Didaktik-Veranstaltung
 - Erstellen der Einträge für LehrForum.de
 - Präsentationen bei Konferenzen (z.B. EDUCON 2020, REM2020, ...)

Der didaktische Ansatz basiert auf folgender Methode (optional, mehrere Nennungen möglich):

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Forschendes Lernen | <input checked="" type="checkbox"/> Projektlernen |
| <input checked="" type="checkbox"/> Problemorientiertes Lernen (POL) | <input checked="" type="checkbox"/> Erfahrungsbasiertes Lernen |
| <input type="checkbox"/> Soziales Lernen | <input type="checkbox"/> Service Learning |
| <input checked="" type="checkbox"/> <u>Multimodales Lernen</u> | <input checked="" type="checkbox"/> <u>Selbstgesteuertes Lernen</u> |
-

Hochschuldidaktische Projektbegründung

1 Grundgedanken

Erfolgreiches Lernen braucht immer den ganzen Menschen mit Kopf, Herz und Hand. Diese Erkenntnis wurde zuerst von Johann Heinrich Pestalozzi formuliert (1801). Erst in den letzten 20 Jahren begann man außerhalb des Bereichs der Kinder- und Jugend-Pädagogik, diese Erkenntnis für die Lehr-/Lernpraxis zu entdecken [7][8]. Dies ging zeitlich parallel mit den neuen Erkenntnissen in der Hirnforschung, die mehr und mehr ein Verständnis für die Lernprozesse im Gehirn entwickeln konnte [9]. In verschiedenen Bereichen wird inzwischen die sogenannte 3H-Methode (Head, Heart, Hand) verwendet. Allerdings fehlen bislang entsprechende breitgefächerte Ansätze in der Ingenieursdidaktik. Im Rahmen dieses Projekts wird hier ein Versuch unternommen, die 3H-Methode im Bereich der Grundlagenausbildung Elektrotechnik umzusetzen.

2 Konkreter Ansatz

Der hochschuldidaktische Ansatz dieses Projekts beruht auf mehreren Methoden (siehe Liste oben). Diese werden je nach aktuellem Lernschritt differenziert eingesetzt. In der Folge wird dies anhand von einzelnen konkreten Beispielen erläutert.

- **Beispiel zum *Projektlernen*:** *Bearbeitung von selbstdefinierten Projekten*
Studenten bringen zumeist Ideen mit, die sie schon längst einmal erproben und realisieren wollten. Im Rahmen der Veranstaltung Elektrotechnik wird ihnen der Freiraum gegeben, diese Ideen mit dem MEXLE-Modulsystem umzusetzen. Alle Arbeitsschritte erfolgen in Verantwortung der Studierenden, die Lehrenden stehen als Berater zur Verfügung. Die Materialbeschaffung (Bauteile, Platinen) wird gemeinsam organisiert, damit sich die Studierenden ganz auf die Entwicklung konzentrieren können.
- **Beispiel zum *Problemorientierten Lernen*:** *Schaltungsentwicklung und Fehlerbeseitigung*
Eine einfache Schaltung, ein Dämmerungsschalter, soll entwickelt werden. Basierend auf einem vorgegebenen Sensor und einer verbalen Funktionsbeschreibung kann der Lernende mit Bauteilen aus dem Modul-Baukasten eine solche Schaltung entwerfen, aufbauen und erproben. Im Schaltungsaufbau werden dabei typischerweise Fehler gemacht, die entdeckt, verstanden und beseitigt werden müssen. Insbesondere die Fehlerbehandlung hat bei diesem Ansatz einen wichtigen Stellenwert.
- **Beispiel zum *Erfahrungsbasierten Lernen*:** *Kennlinienmessung*
Das Verhalten von nichtlinearen Bauelementen (Halbleiter, VDR, ... kann über das Messen der Kennlinien erlernt werden. Dazu benötigt der Lernende das Grundverständnis für die Messumgebung (Funktion, Parameter) und kann sich dann eine entsprechende Schaltung selbst aufbauen. Die Messergebnisse werden dokumentiert und mit den Angaben aus der Literatur verglichen. Damit ist es dann auch möglich, Aussagen über die gemessenen Bauteile (Typ, Parameter) zu machen, falls diese im Vorherein nicht bekannt sind.

- **Beispiel zum *Multimodalen Lernen*:** *Entwicklung einer RCL-Filterschaltung*
Als multimodales Lernen wird hier ein Ansatz in der Schaltungsentwicklung beschrieben, der auf dem Dreischritt **Theorie, Simulation, Realisation** beruht. Bei diesem Ansatz kann eine Entwicklung in einem der drei Felder gestartet werden (z.B. durch Messungen an einer vorgegebenen Schaltung). Danach werden die Simulation und der theoretische Ansatz benutzt, um die Messergebnisse eigenständig zu verifizieren. Mit dieser Methode werden umfangreiche Möglichkeiten der Selbstkontrolle und eine kritische Grundhaltung zu Ergebnissen eingeübt.
- **Beispiel zum *Selbstgesteuerten Lernen*:** *Unterricht nach der Flipped-Classroom-Methode*
Im Rahmen der Veranstaltung Elektrotechnik werden Lernmaterialien in einem Wiki zur Verfügung gestellt. Die zu bearbeitenden Themenbereiche sind wochenweise definiert. In einer selbstgesteuerten Lernphase anhand der Lernmaterialien und eigenen Recherchen bereiten sich die Studierenden vor. In einer Präsenzveranstaltung findet dann der Austausch zum Themenbereich statt, es werden Fragen geklärt und Beispiele durchgenommen.

3 Zielsetzung

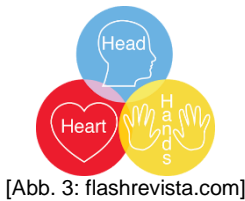
Mit den eingesetzten Lernmethoden soll eine ganze Reihe von breitgefächerten Zielen erreicht werden. Es wird ein ganzheitlicher Ansatz verfolgt, der nicht nur den Bereich der Wissensgenerierung umfasst. Im Folgenden werden wichtige Punkte in diesem Ansatz mit dem „Kompetenz-Viereck“ [10] erläutert.

- **Fachkompetenz:**
 - Verstehen des Verhaltens von elektrischen/elektronischen Bauteilen
 - Kennenlernen von Basisstrukturen der Schaltungstechnik
 - Befähigen zu Messungen an Bauteilen und Schaltungen
 - Verifizieren von Schaltungsfunktionen und Fehlerbeseitigung
- **Methodenkompetenz:**
 - Organisieren von Projekten im Team (Planung und Steuerung)
 - Strukturieren von Aufgabenstellungen, Arbeitsabläufen und Dokumentationen
 - Herangehen an Problemstellungen und Entwicklung von Lösungsstrategien
 - Reflektieren der eigenen Arbeitsschritte zur Selbstkontrolle
- **Soziale Kompetenz:**
 - Umgehen und Kommunizieren mit den Team-Mitgliedern
 - Kommunizieren von Ergebnissen und Fragen mit den Lehrenden
 - Teilen von Erfahrungen mit anderen Teams
 - Motivieren statt anderen ihre Aufgaben abzunehmen
- **Emotionale Kompetenz:**
 - Entwickeln von Begeisterung für die Aufgaben als Erfolgsbasis
 - Verarbeiten von Rückschlägen und Gewinnen von neuem Mut
 - Umgehen mit Herausforderungen durch andere Personen
 - Verändern eigener emotionaler Reaktionen im Konfliktfall

Natürlicherweise steht für ein technisches Fach der Erwerb von Fachkompetenz auf den ersten Blick klar im Vordergrund. Die Entwicklung der anderen Kompetenzen ergibt sich auch mehr „durch die Hintertür“, weil die Strategien der Aufgabenbewältigung für die Studierenden automatisch dahin führen. Die Begleitung durch die Lehrenden bekommt dann auch viel mehr „Mentor“- als Lehrer-Funktion.

4 Die 3H-Methode

Mit der 3H-Methode wird der ganze Mensch und nicht nur der intellektuelle Part angesprochen. Dieser Ansatz spiegelt die Ergebnisse der modernen Gehirnforschung zum Thema „wie lernt das Gehirn“ als pädagogisch/didaktische Strategie wieder. Diese drei Bereiche sollen „greifbar“ (Abb. 3) werden.



Head: (Verstehen)

- Wissen aufbauen
- logische Verknüpfungen
- mathematische Erarbeitung
- Strukturen + Strategien

Heart: (Fühlen)

- Begeisterung
- innere Motivation
- Gruppendynamik
- Erfolge erleben

Hands: (Begreifen)

- Lernen durch Erfahrung
- „begreiflich“ machen
- Einüben von Tätigkeiten
- taktiler Erfassen

Die 3H-Methode spiegelt damit auch die Erkenntnis wieder, dass der Lernende im Zentrum stehen sollte. Diese wird durch die allgemein anerkannte Forderung: „Shift from Teaching to Learning“ [11] konzentriert ausgedrückt. Dabei geht es um eine bewusste Kompetenzorientierung in der Lehre.

Bislang geleistete Vorarbeiten:

Im Rahmen der vorbereitenden Konzeption des Lab-in-a-Box-Systems und des HUMUS-Projekts 2018 wurden bereits verschiedene Vorarbeiten geleistet und abgeschlossen:

1 Marktanalyse durchgeführt

Zur Abklärung der Marktsituation wurden die Zielgruppen für das System definiert, auf dem deutschen Markt angebotene Systeme genauer analysiert und darauf basierend der Kostenrahmen festgelegt. Die Ergebnisse der Marktanalyse sind im Antrag von 2018 näher beschrieben. Bislang gibt es keine neuen Erkenntnisse und Produkte auf dem Markt, die wesentlich veränderte Perspektiven ergeben würden.

2 Grundkonzept erstellt

Der Erstellung des inzwischen weitgehend fertigen Grundkonzepts lagen folgende Leitlinien zugrunde:

- Universelles System geeignet für alle Bereiche der Elektronik (Diskret, Analog, Digital, μ C, DSP)
- Kombinationsmöglichkeit von diskreten (R, L, C) mit intelligenten Modulen auf einem Board
- Flexible Stromversorgung mit eigenständigen Modulen (nicht auf dem Grundboard integriert)
- System-Module für Steuerung und Messung (Oszilloskop, Funktionsgenerator, Multimeter, ...)
- Basissysteme für unterschiedliche Anwendungen (Lab-in-a-Box, Handgerät, Mobiler Roboter, ...)
- Kostengünstige, mechanische stabile, haltbare Steckverbindungen
- Preisorientierung an studentischen Finanzen (Eigenerwerb erwünscht!)

Eine ausführliche Beschreibung des MEXLE-Grundkonzepts findet sich in [1]

3 Basis-System und erste Anwendungsmodule erstellt

Im Rahmen des HUMUS-Projekts (Anwendung im Labor Elektronik) in 2018 konnte das Basissystem (Basisplatine im Koffer) und eine ganze Reihe von 2- und 4-poligen Modulen für diskrete Bauelemente erstellt werden (siehe Liste im Anhang B).

Daneben wurden im SS 2018 noch Module für die analoge Verarbeitung von Audiosignalen als Studentenprojekte erstellt. Die Gesamtheit der Module erlaubt den modularen Aufbau eines kleinen 4-Kanal-Mischpults auf der Basisplatine.

Im WS 2018/19 entwickelten die Studierenden spezielle Module für Sensorik und Aktorik, die mit einem oder mehreren Mikrocontrollerboards funktionale Gesamtsysteme mit Bedienerschnittstelle und (teilweise) auch PC-Anbindung ergeben. Die jeweiligen Projektthemen wurden von den Studierenden in Teams definiert und bearbeitet

4 Funktionalität und „Lessons Learned“

Im Rahmen der Projekte im Labor Elektronik (SS 2018 und WS 2018/19) wurde die jeweilige Schaltungsfunktion verifiziert. Dabei ergaben sich auch Rückschlüsse auf das Modulkonzept und evtl. Anpassungen der Grunddefinitionen. Hier ein Auszug aus den „Lessons Learned“:

- Eine klare Montagestrategie ist für den Zusammenbau der Basisboards benötigt. Zur präzisen Ausrichtung der Bauteile (Steckverbinder) wird eine Deckplatte mit entsprechend genauen Ausschnitten benötigt.
→ Deckplatte laserbearbeitet aus Acrylglas
- Eine Montagelehre für die Steckverbinder (MEXLEbus und Steckpins) auf den Modulen ist zum Löten unabdingbar. Die Spielräume in den Bohrungen der Leiterplatte sind zu groß für eine präzise Ausrichtung.
→ Anfertigung von laserbearbeiteten Löthilfen
- Das Stromversorgungskonzept mit Aufsteckmodulen ist für die kompakten Aufbauten (Basisplatinen mit 6 Modulen) bei einem Einbau im Gehäuse unpraktisch.
→ Spezielle Basisplatinen wurden entwickelt für
 - 1) Versorgung über USB und
 - 2) Versorgung über Stecker-Netzteil
- Eine Erweiterungsfähigkeit zur Kopplung mehrerer Basisplatinen ist unabdingbar. Bei größeren Schaltungen muss eine einfache Verbindung realisiert werden können.
→ Die neuen Basisplatinen werden mit jeweils einem MEXLEbus-Stecker versehen. Eine Kopplung kann dann über ein 6-poliges Flachbandkabel hergestellt werden.
- Die Signalpfade von Platine zu Platine können nur in einfachen Fällen über die Steckpins oder flexible Leitungen hergestellt werden. Für solche Situationen sind zusätzliche Platine-zu-Platine-Steckverbinder nötig.
→ Definition von Signalen und Verbindern im 2 mm Raster als direkte Platinen-Verbindung
4-polige Schnittstelle für Analog Audio, 8-polige Schnittstelle für Digital Audio
- Aufbau und Inbetriebnahme von komplexen Schaltungen erfordern klare Strategien sowie Hardware- und Software-Unterstützung.
→ Testpunkte in Platinen integrieren
Tutorials für Hardware-Inbetriebnahme erstellen
Libraries mit Testsoftware zur Verfügung stellen

5 Flankierende Entwicklungsprojekte

Im Rahmen der MEXLE-Aktivitäten sind parallel weitere Entwicklungslinien am Laufen, deren Erfahrungen auch auf das beantragte Projekt rückwirken werden.

- *MEXLEaudio:*

Im Rahmen von Bachelor- und Master-Arbeiten werden System-Module für digitale Audio-Signalverarbeitung entwickelt. Stromversorgung und Steuerung der Module erfolgt über den Basis-Busverbinder (+3,3V, I²C-Bus). Ein zusätzlicher Digital-Audio-Bus kann bis zu acht Digitale Audio-Signale von Modul zu Modul übertragen. Es wurden in diesem Rahmen bereits Module für hochauflösende A/D-Wandlung (24-Bit, 192 kHz), analoge und digitale Mikrofone, DSPs und Digitale (Class-D) Endstufen erstellt.

- *MEXLEpower:*

Ein noch neuer Entwicklungszeitweig der MEXLE-Familie ist die Anwendung im Bereich der Leistungselektronik. Momentan werden die ersten Module für Halbbrücken und bis zu 4-phasigen DC-DC-Wandlern entwickelt. Eine neue Definition der zugehörigen Grundplatte ist in Arbeit. Damit soll der Aufbau von Systemen in der Leistungselektronik vergleichbar flexibel und modular erfolgen können, wie bei den Standard-Modulen des MEXLE-Systems.

Bislang gemachte Erfahrungen:

1 Didaktik

Langjährige Erfahrungen mit „Integriertem Unterricht“ liegen beim Projektpartner Prof. Gruhler vor. Er hat bis WS 2016/17 die Fächer „Elektronische Schaltungstechnik“ und „Mikroprozessortechnik“ unterrichtet. Die von ihm entwickelte Form von integriertem Unterricht findet ausschließlich im Labor statt. Die gemeinsame Lernzeit (Lehrender mit Studierenden) wird flexibel je nach Lerninhalt in verschiedene Aktivitäten/Phasen aufgeteilt:

- Input (Informationsweitergabe frontal)
- Beispielrechnungen
- Schaltungssimulation
- Experimente
- Selbstdefinierte Aufgaben

Der Antragsteller hat als neuberufener Professor bereits in seinem ersten Semester, dem WS 2017/18 bereits die Methode „Flipped-Classroom“ in dem Fach „Grundlagen der Digitaltechnik“ eingesetzt. Dazu wurden Videos erstellt und ein erstes Wiki als Datenbasis aufgesetzt. Seit Anfang 2018 werden von beiden Lehrenden gemeinsam die zum MEXLE-System gehörigen Lernansätze entwickelt.

Eine wichtige didaktische Erfahrung ist die Notwendigkeit zur möglichst vollständigen Abkehr vom „Frontalunterricht“ und die Hinwendung zum „Selbstgesteuerten Lernen“.

2 Studierende

Eine sehr oft von Studierenden erhaltene Rückmeldung bezieht sich auf den didaktischen Einsatz des „Project Learning“. So wird die Freiheit, sich eine eigendefinierte Aufgabe zu stellen und selbstständig dazu Arbeitsgruppen zu bilden, sehr gelobt. Allerdings erfordert dieser Ansatz viel Engagement von den Lernbegleitern, da die von den Studenten selbst gewählten Ziele oft in ihrer Komplexität unterschätzt werden. Allerdings ist es ein großer Unterschied, ob der Student etwas lernt, weil er sich dazu „gezwungen“ sieht, oder ob der Lernschritt für die Fertigstellung des selbstdefinierten Projekts nötig ist.

Im Rahmen des vorangegangenen HUMUS-Projektes wurden Erfahrungen zu hoher Motivation der Studierenden selbstgewählte Projekte selbst voranzutreiben. Bei passend gewählten Randbedingungen, wie geringer vollständiger Überlappung der Projekte und Hinweise auf die teilweise Überlappung, konnte dadurch auch das Peer-Learning gefördert werden.

Als Ergebnis des Vorhabens zu erwartende

1 **Erkenntnisse**

- Strategien zur Stärkung der intrinsischen Motivation und der Eigendynamik der Studierenden. Fragestellung: Wie kann die abwartende, reservierte und passive Haltung gegenüber dem Stoff und dem Lehrenden („Schülerpsyche“) in eine Haltung der Selbstmotivation verändert werden?
- Wie kann der Lernerfolg gemessen werden? Welche Methoden und Strategien helfen dem Studierenden seinen eigenen Lernfortschritt einschätzen und messen zu können? Ziel des Kurses sollte immer sein: „Verstehen, nicht nur Bestehen“.

2 **Konzepte**

- Eine optimierte Reihenfolge der Lerninhalte soll durch die praktische Erprobung des neuen Ansatzes gefunden werden. Die Reihenfolge muss auch berücksichtigen, dass die Studierenden weder gelangweilt noch überfordert werden dürfen. Möglicherweise zeigt sich bei der Erprobung auch, dass die Reihenfolge ganz in Eigenverantwortung der Studierenden gelegt werden sollte.
- Gesucht ist auch die richtige Balance zwischen Input und Selbstlernen. Ob der „Frontalinput“ möglicherweise ganz entfallen kann, ist auch eine wichtige Fragestellung im Rahmen des Projekts. Ein „Frontalinput“ lässt sich meist durch entsprechende Lernmaterialien ersetzen.

3 **Lehrmittel**

Modulsystem, das im Alltagsbetrieb im Labor und am Schreibtisch des Studierenden in seiner Funktionalität erprobt ist. Es besteht aus:

- Komponenten und Module der Basisausstattung: Koffer, Modulträger, Module für Spannungsversorgung über USB, Messgeräte, PC-Interface
- Module für Grundlagen der Elektrotechnik: R, L, C, Dioden, und Grundsaltungen

4 **Lernmaterialien**

Wiki mit reichhaltigen Basisinformationen zu:

- Bauteilen (Funktion, Datenblätter)
- Schaltungstechnik (Grundsaltungen, Grundprinzipien)
- Schaltungsberechnung
- Tools für Schaltungsauslegung (Filter-Designer)
- Methoden des Leiterplatten-Designs
- Projektergebnissen von Studierenden

5 **Mehrwerte (z. B. für die Gesellschaft)**

- Übertragbarkeit der Lernansätze und des MEXLE-Systems beispielsweise in die Berufsausbildung in entsprechenden Fächern
- Verwendbarkeit des Konzepts auch in anderen Studien- und Ausbildungsgängen innerhalb internationaler Partnerschaften
- Einsatzmöglichkeiten in der Erwachsenenbildung und beruflichen Fortbildung im Rahmen des „Lebenslangen Lernens“
- Übertragbarkeit des Ansatzes zum selbstgesteuerten Lernen in andere technische Studien- und Ausbildungsgänge

Einschätzung des Transferpotentials für die Lehre von Kolleginnen und Kollegen

1 gleicher Fachrichtungen

Das Transferpotential für die Lehre in verschiedenen Teilbereichen der Elektrotechnik wird als sehr hoch eingeschätzt. Für alle Fächer, die eine Selbstlernumgebung mit realen Experimenten einsetzen können, können entsprechende Module entwickelt werden. Sehr positiv ist dabei anzuführen, dass Studierende nach Absolvierung der Grundlagenkurse in Elektronischer Schaltungstechnik selbst in der Lage sind, entsprechende Modulentwicklungen eigenständig durchzuführen.

Beispiele für einen möglichen Einsatz in unterschiedlichen Studienfächern soll die folgende Liste bezogen auf Fächer des Studiengangs Mechatronik und Robotik (MR) der Hochschule Heilbronn aufzeigen:

| Nr. | Name des Fachs | Art des Fachs | Semester | SWS | ECTS |
|-----|-----------------------------------|---------------|----------|-----------|-----------|
| 1 | Grundlagen der Digitaltechnik | Pflicht | MR1 | 2 | 2 |
| 2 | Labor Elektrotechnik | Pflicht | MR2 | 2 | 2 |
| 3 | Elektronische Schaltungstechnik 1 | Pflicht | MR2 | 2 | 2 |
| 4 | Mikrocontroller | Pflicht | MR3 | 2 | 3 |
| 5 | Labor Elektronik | Pflicht | MR3 | 2 | 3 |
| 6 | Labor Regelungstechnik | Pflicht | MR4 | 2 | 2 |
| 7 | Grundlagen der Netzwerktechnik | Pflicht | MR4 | 2 | 2 |
| 8 | Digitale Signalverarbeitung | Pflicht | MR6 | 2 | 2,5 |
| 9 | Projektlabor | Vertiefung | | 2 | 2,5 |
| 10 | Elektronische Systeme | Vertiefung | | 4 | 5 |
| 11 | Vernetzte Systeme | Vertiefung | | 2 | 2,5 |
| 12 | Schaltungsentwicklung | Wahlfach | | 4 | 5 |
| 13 | Digitaltechnik | Wahlfach | | 2 | 2,5 |
| 14 | Power Electronics | Wahlfach | | 4 | 5 |
| | Summen | | | 34 | 41 |

2 anderer Fachrichtungen

Für alle technischen/naturwissenschaftlichen Fachrichtungen, bei denen elektronisch basierte Mess- und Steuerungs-Umgebungen verwendet werden, ist der Einsatz des Systems (teilweise mit speziell entwickelten Modulen) denkbar. Experimente können auf dieser Basis aus dem Hochschul-Labor an den häuslichen Arbeitsplatz verlegt werden. So wird der Selbstinitiierung von Lernprozessen eine Grundlage gegeben. Denkbar sind beispielsweise Module für die Fachgebiete Physik, Sensorik, Antriebstechnik, Optik, Messtechnik, Signalübertragungstechnik, Robotik, Bildverarbeitung, Akustik, ...

Projektpartner:

Prof. Dipl.-Phys. Gerhard Gruhler, Professor für Elektronische Schaltungstechnik und Mikroprozessoren an der Hochschule Heilbronn in der Fakultät T1 (aktiver Zeitraum: WS 1987/88 – WS 2016/17). Im Rahmen seiner Forschungstätigkeit in den Bereichen Signalverarbeitung in der Robotik und der Akustik hat er sechs erfolgreiche Promotionen betreut. Prof. Gruhler führt in seinem aktiven Ruhestand ein Forschungsprojekt im Bereich Ingenieursdidaktik durch. Als Mitglied der Hochschule wirkt er weiterhin als Lehrbeauftragter und aktiver Partner im beantragten Projekt mit.

Geplante Maßnahmen zur Dokumentation der studentischen Erfahrungen und zur Evaluation:

1 *Einsatz eines Projekt-Wiki*

Im Projekt-Wiki sind verschiedene Bereiche für die Studierenden vorgesehen:

- Forum
- FAQs
- Projektberichte

Diese Bereiche können die Studierenden nutzen, um Ihre Erfahrungen zu dokumentieren und sich untereinander zu unterstützen. Die Erfahrungen werden im Wiki mit fortlaufenden Kursen immer reichhaltiger und dadurch die gemeinsame Wissensbasis stärker.

2 *Verwendung eines Audience-Response-Systems*

Erste Experimente und Erfahrungen mit einem Audience-Response-System (ARSnova) wurden bereits in 2018 gemacht. Ziel ist es, die Evaluierung durch die Studierenden mit diesem oder einem vergleichbaren System als regelmäßigen Rückkanal zu implementieren.

Geplante Darstellungs- und Vermittlungsform der Ergebnisse

1 *Konferenzen*

- Fachbereichstag Mechatronik, 16.-17. Mai 2019, Heilbronn
- REM 2019, 23.-24. Mai, FH Oberösterreich, Wels
- Symposium Technikdidaktik, Nov. 2019, Ort noch nicht bekannt
- EDUCON 2020, Ort noch nicht bekannt

2 *Journalbeiträge*

- JOTED – Journal of Technical Education
- IEEE Transactions on Education
- IJEEE – International Journal of Electrical Engineering Education

3 *Inhouse-Präsentation*

- Vortrag bei internem Didaktik-Seminar
- Halbtags-Seminar für interessierte Kollegen aus dem Hause

4 *Projekt-Wiki*

- Teilbereich für Strategien, Durchführung und Ergebnisse des Projekts
- Öffentlich zugänglicher Bereich für Berichte und Hardware/Software-Module

Wurde oder wird von Ihnen ein thematisch verwandter oder gleichartiger Antrag in einem anderen Förderprogramm gestellt?

nein

ja, bei _____

Verpflichtungserklärung:

Ich verpflichte mich zur termingerechten Abgabe eines Abschlussberichtes und bin grundsätzlich bereit, meinen Lehransatz und mein Projekt auf hochschuldidaktischen Fortbildungsveranstaltungen vorzustellen und den Abschlussbericht auf LehrForum.de zu veröffentlichen.

Datum, Unterschrift _____

Eingang bei der Geschäftsstelle:

Datum der Sitzung der Arbeitsgruppe „Innovative Lehrprojekte“ (AG IL):

Anhang A: Kalkulation der Personal- und Sachkosten mit Begründung

1 Personalkosten

Die Entwicklung der Software für Mikrocontroller und PC-Oberfläche erfordert eine Person mit entsprechender guter Erfahrung in diesem Bereich.

Zur Verfügung für das Projekt steht uns ein Masterstudent, der die entsprechenden Erfahrungen bereits im Rahmen von HUMUS 2018 unter Beweis gestellt hat. Da er dort schon die Umsetzung der beiden Messmodule verantwortet hat, sollte ihm diese neue Aufgabe keine Probleme bereiten. Aus diesem Grund scheint uns die geplante Arbeitszeit von 100 Std. gerechtfertigt.

2 Materialkosten

Für das SS 2019 wird mit einer Kursgröße in Elektrotechnik I von ca. 60 Personen gerechnet. Dazu kommen ca. 15 Studierende, die in der Beratergruppe und in der Modulentwicklung mitarbeiten. Das heißt, für die „Lab-in-a-Box“-Selbstlernumgebung werden ca. 75 Materialsätze benötigt. Im WS 2018/19 werden weitere ca. 50 Personen im Kurs Elektrotechnik 1 erwartet. Dies bedeutet, dass für die zweite Projektphase (Erprobung) nochmals 50 Materialsätze aus anderen Quellen finanziert werden müssen.

Die fertigen Modulsätze stehen für kommende Semester zur Verfügung. Das langfristige Ziel bleibt aber ein Verbleib der Systeme bei den Studierenden für den ganzen Verlauf des Studiums. Dies bedeutet, dass andere Finanzquellen oder/und eine Selbstbeteiligung benötigt werden.

In den folgenden Tabellen wird die aktuelle Kalkulation des Grundsystems als auch der Module für Elektrotechnik dargestellt. Die Summen fließen dann in die Tabelle auf Seite 1 ein. Die gesamte Kalkulation beruht auf entsprechenden Stückzahlen für 75 Systeme.

Tabelle 1: Kalkulation Basissystem

| Nr. | Komponente | Zahl | Kurzbeschreibung | Anzahl | Einzel | Gesamt |
|-----|--|------|---|------------------|----------------------------|----------------|
| 1 | Kunststoff-Koffer | 1 | Maße ca. 235 x 185 x 48 mm | 1 | 3,50 € | 3,50 € |
| 2 | Modulträger | 1 | - Platine FR4 ca. 226 x 130 mm - Steckverbinder + Kleinteile - Deckplatte laserbearbeitet | 1 gesamt 1 | 6,50 € 5,50 € 4,00 € | 16,00 € |
| 3 | Versorgungsmodul „Power“ 12 .. 24 V | 1 | - Platine FR 4 ca. 25 x 53 mm - Steckverbinder (DC + Stifte) - Bauteile | 1 5 gesamt | 0,60 € 0,90 € 1,50 € | 3,00 € |
| 4 | USB-Versorgung, PC-Interface und USB-Messmodul | 1 | - Platine FR 4 ca. 25 x 53 mm - Steckverbinder (USB + Stifte) - Bauteile (SAMD21E, OPs) | 1 5 gesamt | 0,60 € 0,90 € 3,50 € | 5,00 € |
| 5 | 3-Phasen-Generator | 1 | - Platine FR 4 ca. 25 x 53 mm - Steckverbinder (USB + Stifte) - Bauteile (SAMD21E, OPs) | 1 5 gesamt | 0,60 € 0,90 € 4,50 € | 6,00 € |
| | Summe | | | | | 33,50 € |

Tabelle 2: Kalkulation Module für Elektrotechnik

| Nr. | Komponente | Zahl | Kurzbeschreibung | Anzahl | Einzel | Gesamt |
|-----|---|------|--|----------------|----------------------------|----------------|
| 1 | Grundmodule 2-polig (für Bauteile wie R, L, C, D ...) | 20 | Platine FR 4 ca. 25 x 6 mm Steckverbinder Bauteile (mittlere Kosten 0,10 €) | 20 40 20 | 2,20 € 1,30 € 2,00 € | 5,50 € |
| 2 | Grundmodule 4-polig (für Bauteile wie Trans., Poti ...) | 10 | Platine FR 4 ca. 25 x 25 mm Steckverbinder Bauteile (mittlere Kosten 0,30 €) | 10 50 10 | 3,00 € 1,00 € 3,00 € | 7,00 € |
| | Summe | | | | | 12,50 € |

Anhang B: Bislang im Rahmen von HUMUS 2018 entwickelte Module

1 Diskrete Bauelemente: Modulgröße 6 x 25 mm, 2-polig

Tabelle 3: passive Komponenten (2-polig)

| Anzahl | Typ | Kurzbeschreibung | Werte | Bemerkungen |
|--------|------------------------|----------------------------|---------------|-------------|
| 43 | Widerstand R0207 | Metallschicht 0,6 W, 1% | 1. ... 1 M | Reihe E6 |
| 3 | Präzisions- Widerstand | Metallschicht 0,25 W, 0,1% | 100., 1k, 10k | |
| 3 | Miniatur-Trimmpoti | 6x6 mm, linear, Steckachse | 1k, 10k, 100k | |
| 3 | Spindeltrimmer | 25 Gänge vertikal | 1k, 10k, 100k | |
| 2 | VDR-Widerstand | Spannungsbegrenzer | 5 V | |
| 1 | NTC-Widerstand | Temperatursensor | 10k | |
| 2 | PTC-Widerstand | Temperatursensor | PT1000, KTY81 | |
| 4 | Kondensatoren | Keramik-C, 50 V | 100p ... 100n | |
| 5 | Kondensatoren | MKS-C, 63 V | 10n ... 1,5µ | |
| 2 | Elkos | 16 V, 20% | 10µ, 100µ | |
| 1 | Supercap | 5,5 V | 0,1 F | |
| 1 | Trimmkondensator | | 6 .. 30 p | |
| 4 | Induktivitäten | | 100µ ... 100m | |

Tabelle 4: analoge Komponenten (2-polig)

| Anzahl | Typ | Kurzbeschreibung | Werte | Bemerkungen |
|--------|--------------|----------------------------|--------------------|-------------|
| 1 | 1N4148 | Standard-Diode | 150 mA, 100 V | |
| 1 | 1N4007 | Standard-Diode | 1 A, 1000 V | |
| 1 | ZF3,3 | Z-Diode | 3,3 V, 0,6 W | |
| 1 | ZD6,8 | Z-Diode | 6,8 V, 1,5 W | |
| 1 | SB120 | Schottky-Diode | 20 V, 1 A | |
| 1 | P6KE6,8A | Voltage-Suppressor unidir. | 6,8 V | |
| 1 | P6KE6,8C | Voltage-Suppressor bidir. | 6,8 V | |
| 1 | LM385-1,2 | Referenzdiode | 1,2 V, 20 mA | |
| 1 | LM385-2,5 | Referenzdiode | 2,5 V, 20 mA | |
| 1 | PGM5531 | Photowiderstand (LDR) | | |
| 1 | BPW34 | Photodiode | | |
| 5 | LED 5 mm | Leuchtdiode | rt, ge, gn, bl, IR | |
| 5 | LED 5 mm + R | LED mit Vorwiderstand | rt, ge, gn, bl, IR | |

Tabelle 5: mechanische Komponenten (2-polig)

| Anzahl | Typ | Kurzbeschreibung | Werte | Bemerkungen |
|--------|-------------|------------------------------|--------|-------------|
| 1 | DTS-6 | Miniatur-Taster | 6x6 mm | |
| 1 | OS102011 | Miniatur-Schiebeschalter | | |
| 1 | HEB013 | DC-Stromversorg.-Stecker | | |
| 1 | MBP1 | Steckbuchse 2 mm | | |
| 1 | PS5254 | Stiftleiste 2-polig, 2,54 mm | | |
| 1 | DG308-2,54 | Schraubklemmen 2,54 mm | | |
| 1 | TP-3,5-P-02 | Schraubklemmen 3,5 mm | | |

2 Diskrete Bauelemente: Modulgröße 25 x 25 mm, 4-polig

Tabelle 6: passive Komponenten (4-polig)

| Anzahl | Typ | Kurzbeschreibung | Werte | Bemerkungen |
|--------|----------------------|-------------------------|------------------|-------------|
| 2 | Trimpotentiometer | 15 mm, liegend | 1k, 10k lin | |
| 2 | Potentiometer | stehend | 10k lin, 10k log | |
| 2 | Kleintransformatoren | EI19/6,7, NF-Übertrager | 1:4, 1:10 | |
| 1 | B280C1500 | Brückengleichrichter | 280 V, 1,5 A | |
| 1 | KPB 204G | Brückengleichrichter | 400 V, 12 A | |

Tabelle 7: analoge Komponenten (4-polig)

| Anzahl | Typ | Kurzbeschreibung | Werte | Bemerkungen |
|--------|---------|-------------------------|--------------|---------------|
| 2 | BC557B | pnp-Transistor | 45 V, 0,1 A | links, rechts |
| 2 | BC547B | nnp-Transistor | 45 V, 0,1 A | links, rechts |
| 2 | BD676A | nnp-Leistungstransistor | 45 V, 4 A | links, rechts |
| 2 | BD675A | nnp-Leistungstransistor | 45 V, 4 A | links, rechts |
| 2 | IRF9510 | p-Ch. MOSFET | 100 V, 4 A | links, rechts |
| 2 | IRF510 | n-Ch. MOSFET | 100 V, 5,6 A | links, rechts |
| 1 | CNY75B | Optokoppler | | |
| 1 | TR9904 | Reflexkoppler | 3 mm | |
| 2 | TR8102 | Gabel-Koppler | 3 mm | |

Tabelle 8: mechanische Komponenten (4-polig)

| Anzahl | Typ | Kurzbeschreibung | Werte | Bemerkungen |
|--------|--------------|-------------------|-----------|-------------|
| 1 | Kippschalter | 1x UM | | |
| 2 | 4102L | Relais 1x UM | 5 V, 12 V | |
| 2 | 7271L | Reedrelais 1x EIN | 5 V, 12 V | |

Anhang C: Quellenhinweise

- [1] Gerhard Gruhler, Tim Fischer, Jolly Florian Kemadjou Kemadjou, "MEXLE – A new Multimodal System for Experiments and Learning in Mechatronics", REM 2018, Delft NL, Electronic ISBN: 978-1-5386-5413-2
- [2] Hartmut Ertel, Silke Wehr, „Kompetenzorientierung und Lernerzentrierung in der Hochschullehre - Bologna-gerechter Hochschulunterricht“, in „Aufbruch in der Hochschullehre“, Haupt-Verlag, Bern/Stuttgart/Wien 2007, ISBN 978-3-258-07215-9
- [3] Rolf Arnold, „Wie man lehrt, ohne zu belehren - 29 Regeln für eine kluge Lehre -Das LENA-Modell“, Carl-Auer-Verlag Heidelberg, 4. Aufl. 2017, ISBN 978-3-89670-838-0
- [4] Gerhard Gruhler, Tim Fischer, "Learning Electronics through Head, Heart and Hands - An unconventional and holistic approach in Engineering Education", IEEE EDUCON 2018, Teneriffa, Spain, Electronic ISSN: 2165-9567
- [5] Thomas Pospiech, Gerhard Gruhler, „MiniMEXLE – ein studentengerechtes µC-System“, Vortrag beim 7. Tag der Lehre, 22.11.2007, Hochschule Biberach, © GHD Baden-Württemberg
- [6] MEXLEwiki, Projektwiki für den MEXLE-Lernansatz
https://mexlewiki.hs-heilbronn.de/doku.php?id=was_ist_mexle
- [7] A. Brühlmeier, (2010) "Head, Heart and Hand: Education in the Spirit of Pestalozzi," Open Book Publishers, Cambridge.
- [8] Y. Sipos, B. Battisti, K. Grimm, (2008) "Achieving transformative sustainability learning: engaging head, hands and heart," International Journal of Sustainability in Higher Education, Vol. 9, Issue: 1, pp. 68-86, <https://doi.org/10.1108/14676370810842193>.
- [9] U. Hermann, (2009) „Neurodidaktik: Grundlagen und Vorschläge für gehirngerechtes Lehren und Lernen“, Beltz Pädagogik, 2nd Edition.
- [10] Rolf Arnold, „Neue Wege des Lehrens und Lernens - Vom Dozieren über die Lernberatung zum reflexiven Erziehen“, <https://slideplayer.org/slide/664735/>
- [11] B. Berendt, (1998) „How to Support and to Bring About the Shift from Teaching to Learning through Academic Staff Development Programmes: Examples and Perspectives“, Journal Higher Education in Europe Vol. 23, 1998 - Issue 3