

# MEXLE?

## Student Group

First Name	Surname	Matrikel Nr.

## Table of Contents

- MEXLE?** ..... 2
- In Kürze** ..... 3
  - Motivation und Förderung ..... 3
  - Selbstbestimmung und Struktur ..... 3
  - Offenheit und Diskretion ..... 3
- etwas mehr Details** ..... 5
- Hardwarekonzept** ..... 9
- Softwarekonzept** ..... 20
  - Aufgabe 9.9.9 Batterie unter Last ..... 20
- MEXLE Historie** ..... 22
  - MiniMEXLE ..... 22
  - MEXLE2020 ..... 22



## MEXLE?

MEXLE steht für **M**ultimodale **EX**perimentier- und **LE**rnunggebung. MEXLE soll alle MINT-Interessierte im Lernen unterstützen. Auf verschiedenen Wegen soll das selbstständige und selbstwirksame Lernen angeregt werden. Ein Teil davon ist dieses Wiki.

[in Kürze etwas mehr Details Hardwarekonzept MEXLE Historie Förderungen](#)

# In Kürze

## Leitsatz

Stelle Dir eine Welt vor in der jeder frei MINT lernen kann.

- frei nach [Jimmy Wales](#) (Wikipedia Gründer)

## Vision

Wir sind überzeugt davon, dass die Zukunft eigenständige und kreative Denker und Gestalter braucht. Dafür ist MI(N)Treibende Bildung ein wichtiger Baustein.

Unsere Vision für ein MINT-Bildung 2030 wird durch drei Bausteine getragen:

### Motivation und Förderung

- spielerisch
- flexibel
- Feedback-gebend

Lerne realitätsnahe was dich interessiert.

### Selbstbestimmung und Struktur

- zeitsouverän
- ortsunabhängig
- auffindbar

Lerne wann und wo du willst.

### Offenheit und Diskretion

- Open Educational ResSource
- Community-getrieben
- freundliche Lernumgebung

Lerne andere beim Lernen zu helfen.

Diese Vision braucht eine Komponentenplattform, welche ausgerichtet ist auf projektbasiertem Lernen, auf Motivation statt Noten, auf praktische Erfahrung und auf einem selbst gewähltem Weg des Lernens. Daneben wird auch nach Corona die Digitalisierung fortschreiten und den Wissenserwerb weiter von Zeit und Ort trennen. Das MEXLE-System bereitet die Hochschullehre auf diese Punkte vor.

## Zielgruppe

Die Zielgruppe für MEXLE 2020 sind

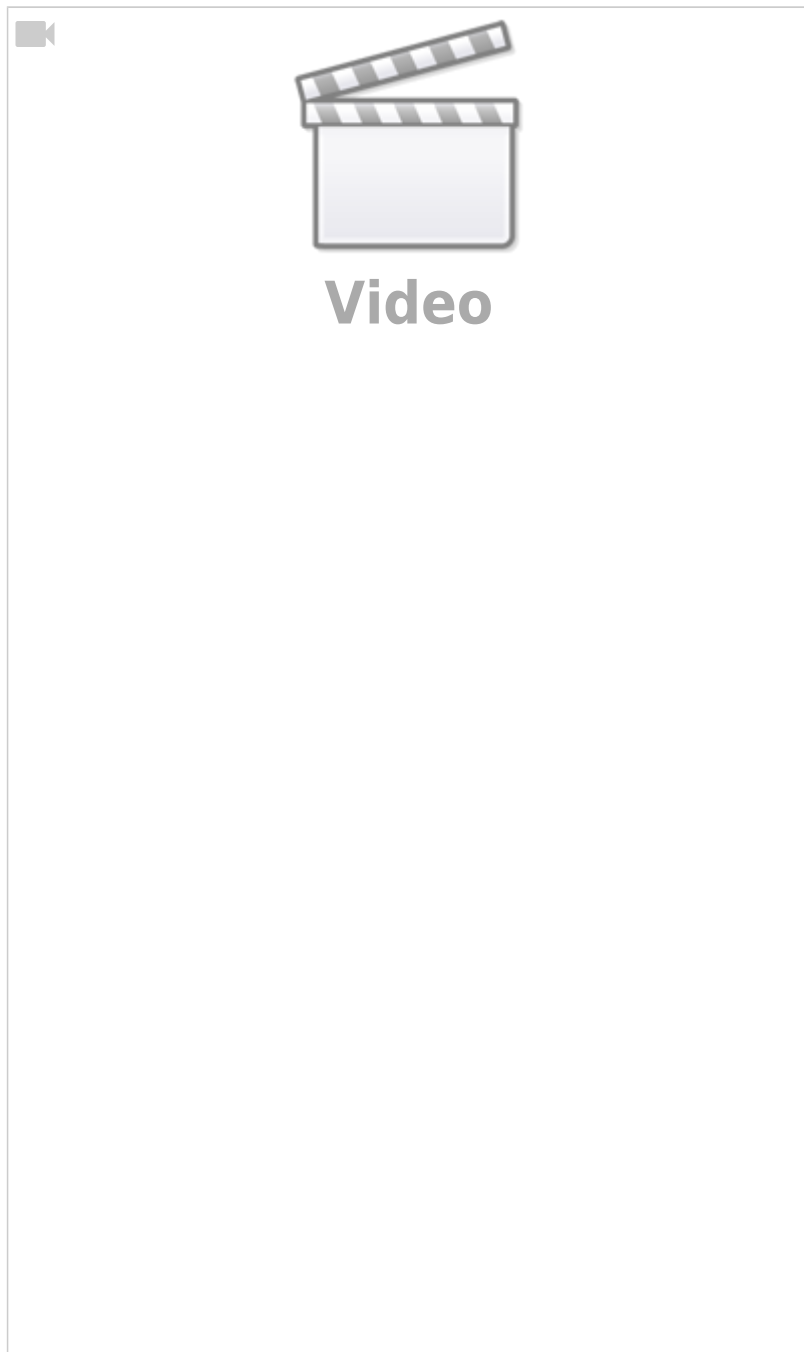
- MINT-Lernende
  - Schüler der Sekundarstufe II (Gymnasien, Berufsfach- und -oberschulen, Duale Ausbildung)
  - Studenten in MINT-Fächern
- Multiplikatoren
  - Lehrer und Professoren der obengenannten Bereiche
  - Schülerlabore
  - Makerspaces

# etwas mehr Details

## Was steckt dahinter?

Ob ein (Weiter)bildungssystem im Jahr 2050 angesichts der Digitalisierung für alle Elemente des Lernens noch Lehrer, Professoren und Gebäude benötigt, ist angesichts der Digitalisierung nicht abzusehen. Lernen durch ein Be"greifen" von Komponenten wird aber auch in Zukunft in den MINT Fächern noch wichtig sein

Der MEXLE Ansatz hierbei soll den lernenden und den begleitenden Partner zur schöpferischen Mitarbeit aktivieren. Ein Baukasten aus Code, elektronischen und mechanischen Module, sowie Lern- und Basteleinheiten soll Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft und Technik begreifbar machen.



Die Module sind leicht über einen **Modulträger** miteinander verknüpfbar. Dieser ermöglicht Energieversorgung und Datenaustausch.

Module können direkt auf den Modulträger gesteckt werden oder als **Hook-up** auf andere Module. Module können verschiedene Funktionen beinhalten (Sensor, Aktor, Verarbeitung in einem Microcontroller).

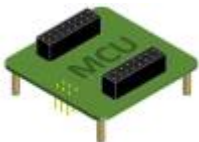
## Status Quo

In den letzten 5 Semestern wurde mit den Studierenden des Studiengangs "Mechatronik und Robotik" die elektronische Umsetzung verfeinert. Die Studierenden konnten ein Projektziel frei definieren. Einzige Randbedingung war, dass das Projekt mit einem Microcontroller und Elektronik umgesetzt wird. Nach einer Einführung in Microcontrollertechnik und Platinen-Entwicklung wurden die Team nach Bedarf gecoacht.

Dadurch wurden diverse Konzepte und Komponenten entwickelt:



- Pulsoximeter (Sauerstoffsättigungsmessgerät)
- verschiedene Motorsteuerungen für Kleinstfahrzeuge
- Gewächshausüberwachung mit "Gesundheitsanzeige" der Pflanzen
- unterschiedliche Spielekonsolen-Klassiker
- Analyseboard für Muskel- und Gehirnströme
- ein Kartenbezahlsystem auf RFID-Basis
- verschiedene Akustik-Filter
- Ansteuerung von bionischen Händen
- Bluetooth und WLAN Anbindung
- **und vieles mehr**



Der verwendete Microcontrollertyp, welcher als "digitales Gehirn" verwendet wird, ist aus anderen Plattformen wie Android bekannt: Die ATMEL ATmega-Reihe. Diese ermöglicht einen einfachen Einstieg und Kompatibilität. MEXLE ist auch mit der bekannten Arduino-Software programmierbar.



Im Gegensatz zu den bisherigen Plattformen deckt MEXLE den Bereich von einfachen Widerständen bis zu komplexen Sensormodulen als steckbare Module ab. Das vereinfacht die Konzeptionierung, vermeidet Wackelkontakte und ermöglicht ein "One-Size-Fits-All" System.

Was ist noch zu tun? Sehr viel!

### *Konzeption des Lab-in-a-Box Koffers*

45% Aus den vorhandenen Modulen muss ein sinnvolles und getestetes Set erstellt werden. Dieses soll erschwinglich und kompakt sein. Außerdem soll es bereits verschiedene Experimente ermöglichen. Zusätzlich werden verschiedene Messgeräte benötigt. Aktuell ist ein Hand-“Universal“-Messgerät in Entwicklung. Ein Funktionsgenerator und diverse Sensoren sind prototypisch vorhanden. Eine Erweiterung für logische Schaltungen muss noch entwickelt werden. Für mechanische Systeme existiert eine Anbindung, aber auch hier bietet sich eine erneute Konzeptphase an.

### *Online-Plattform und Lernprojekte*

20% Aktuell sind auf diesem Wiki [alle Skripte](#) der Kurse “[Elektrotechnik](#)” bis “[Microcontrollertechnik](#)” offen zugänglich. Diese ermöglichen teilweise bereits ein Selbstlernen mit Quizzes und interaktiven Beispielen. Jedoch fehlen Lernprojekte und eine Verbindung zum Lab-in-a-Box Koffer. Es bietet sich eine engere Anbindung an diverse andere Projekte an (z.B. [SimulIDE](#), [Hackster.io](#), [phyphox](#)).

### *Community*

10% Bisher besteht MEXLE2020 aus vielen Einzelteilen, die durch 2 Professoren, einem Labormeister und einige Studierende zusammengehalten und -getragen werden. Das System ist aber inzwischen soweit gewachsen, dass weitere Interessierte es weiterbringen können.

# Hardwarekonzept

## Der Koffer



Die Konzeption der Hardware trägt der Flexibilität des Einsatzortes Rechnung. Aus diesem Grund wird ein kleiner handlicher Koffer verwendet, der ganzflächig mit einem Modulträger bestückt ist. Der Modulträger dient dabei sowohl als mechanischer Träger, wie auch zur elektrischen Verbindung der Module untereinander. Im Bild ist ein großer Modulträger für bis zu 4x8 Module zu sehen.

Stromversorgung und Steuerbus werden durch die 6-poligen Stecker verteilt, welche jeweils unten auf den Modulpositionen zu sehen sind. Ein weiterer Signalpfad steht mit den Buchsen an den Ecken der Modulpositionen zur Verfügung

Der Erstellung des Grundkonzepts liegen folgende Leitlinien zugrunde:

- Universelles System geeignet für alle Bereiche der Elektronik (Diskret, Analog, Digital,  $\mu$ 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!)

## Die Module

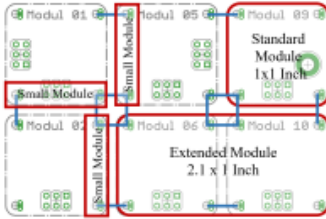


Für die einzelnen Modulplatinen sind verschiedene Formate definiert. Im Bild links ist auf einem kleineren Modulträger eine 1x1 Platine in Modulposition 3 eingesetzt; diese hat die Abmaße 1,0 Zoll Breite und 1,0 Zoll Höhe. Die auf der 1x1 Platine angebrachten schwarzen Buchsen (links und rechts) ermöglichen es weitere Hook-up-Platinen darauf zu setzen. Weiterhin ist die Platine mit dem Modulträger über den 6-poligen Anschluss für Stromversorgung und Steuerbus verbunden; unten auf der Platine sind die Lötunkte der 6 Stecker zu sehen. Eine einfachere 1x1 Platine ohne Hook-up Buchsen und ohne Anschluss an Stromversorgung und Steuerbus des Modulträgers ist rechts im Bild zu sehen.

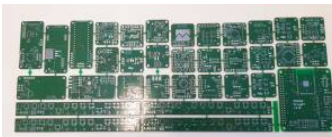
Links im Bild ist eine 3x1 abgebildet. Diese nimmt mit den Maßen 3,2 Zoll Breite und 1 Zoll Höhe drei Modulpositionen auf dem Modulträger ein. Der 6-polige Anschluss an den Modulträger ist in diesem Fall rechts zu sehen.

## Modularisierung

Prinzipiell sind verschiedene Größen für Module vorgesehen. Kleine Module (0,25×1) können für einfache diskrete Elemente genutzt werden, z.B. Widerstände oder Dioden. Standard Module für Microcontroller-Platinen nehmen die Größe 1×1 ein. Für breitere Komponenten und Systeme, wie z.B. Displays oder Filterstufen können größere Module entwickelt werden.



Als Basis für Grundplatinen dienen die Anschlüsse und das 1×1 Format der Microcontroller-Platine [MMC 1x1 328PB](#). Die Belegung der Anschluss-PINs (ADC, I2C, SPI etc.) richtet sich nach dieser Platine.



Links sind verschiedene Platinen im Multi-Nutzen zu sehen, welche in einem Semester entwickelt worden sind.\*) Die folgende Slideshow zeigt zunächst eine Motortreiberplatine im 2×1 Format auf einem Modulträger mit einer 328PB-Platine und einem Board zur Spannungsversorgung (oben links).

## Vergleich mit anderen Produkten

Im Gegensatz zu anderen Produkten wie Arduino, Calliope mini, Raspberry Pi, Bricks'R'Knowledge gibt es folgende Vorteile:

- **Skalierbarkeit - von klassischen Elektrobaukasten bis zum Multi-Prozessor-System:**

Das MEXLE 2020 System bietet - wie Bricks'R'Knowledge - einerseits die Möglichkeit einfache Schaltungen der Elektrotechnik selbst zusammenzustecken: Dabei können Netzwerke aus Widerständen, Kondensatoren, Dioden, Transistoren, logischen Operatoren, Operationsverstärkern, mehreren Spannungsquellen, analogen Sensoren und Aktoren (z.B. Motoren) und vielem mehr aufgebaut werden.

Andererseits können die elektronischen Schaltungen mit Microcontrollern verbunden werden. Dies ermöglicht die Anbindung an PC oder Mobiltelefon. Zusätzlich ist ein Aufbau mit mehreren Microcontrollern leicht und ohne Kabeln möglich.

- **Flexibilität und Kompatibilität - auf unterschiedliche Microprozessoren ausgelegt:**

Das MEXLE 2020 System ist mit der Arduino-Entwicklungsumgebung kompatibel. Damit ist zum Start in die digitale Welt auch die Verwendung von Scratch oder Snap möglich. Andererseits eröffnet die niedrige (Digital)Versorgungsspannung von 3,3V die Welt von performanteren Prozessoren. Prozessoren mit ARM-Kern wie bei Arduino Due oder System-on-a-Chip wie beim Calliope mini oder Raspberry Pi können im gleichen System verwendet werden. So ist auch die Verwendung der Microcontrollerfamilien PIC, SAM, STM32, MSP430 oder 8051

möglich.

- **Kompakt und steckbar - Etwas Großes ist die Summe von vielen Kleinen :**

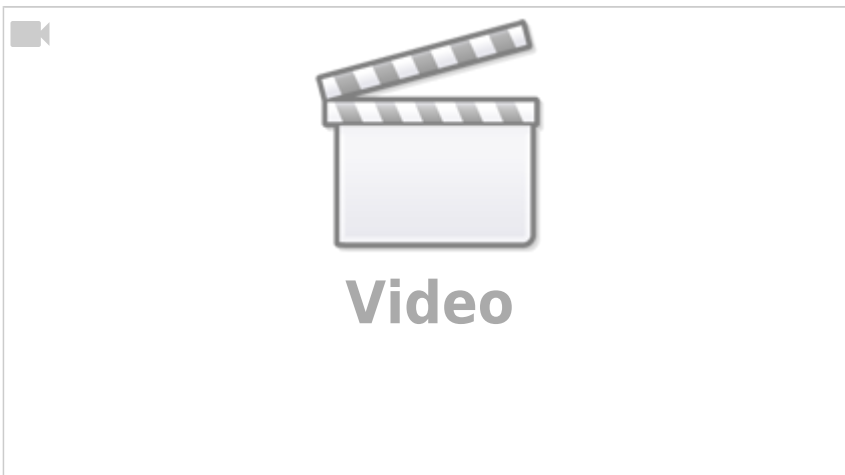
Einfache MEXLE Module sind 1 Zoll mal 1 Zoll groß, also etwa 25 x 25 mm<sup>2</sup>. Damit sind die Module etwa halb so groß wie ein Arduino Nano. Im Gegensatz zu Arduino wird bewusst auf das klassische Steckbrett für das Microcontrollerboard verzichtet. Warum? Wer länger mit Microcontrollerboards und dem Steckbrett gearbeitet hat, weiß, dass nach einigem Umstecken der Steckkontakt wackelt und nicht mehr zuverlässig verbindet. Bei MEXLE 2020 ermöglicht der eigene Modulträger das Stecken und Verbinden von Modulen - im Gegensatz zu anderen Produkten (z.B. MikroElektronika) ist dieser Aufbau sehr günstig und flexibel. Durch den Modulträger wird auch einem Kabel-Wirrwarr vorgebeugt. Daneben sind die vorhandenen Modulträger so angepasst, dass diese bündig in verfügbare Gehäuse und Koffer passen.

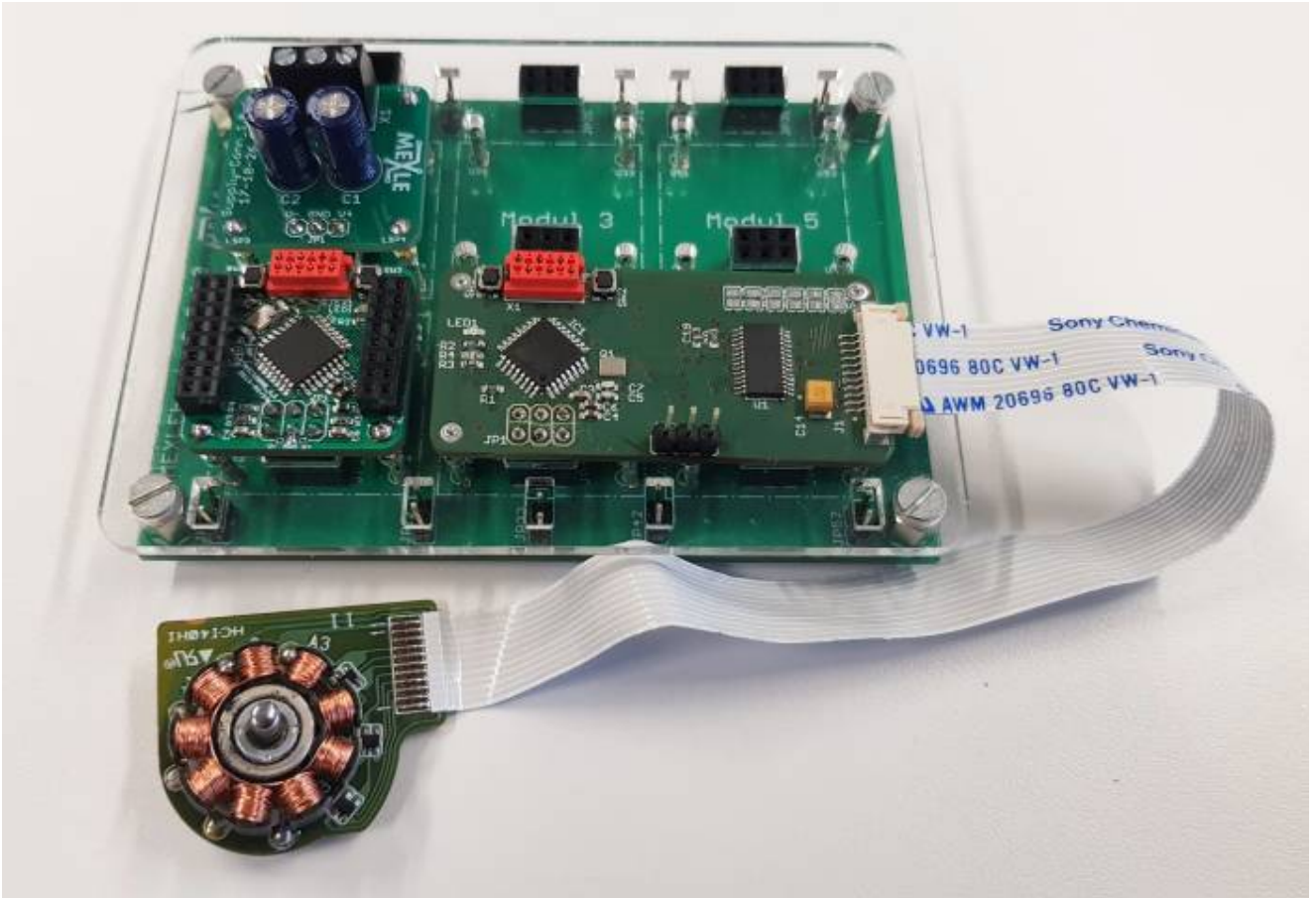
- **Schnittstellen und Optionen - Module neben- und übereinander :**

Wie die anderen Produkte auch werden die seriellen Schnittstellen I2C und SPI unterstützt. I2C ist dabei auch die Schnittstelle zwischen den einzelnen Modulen. Damit werden komplexere Systeme mit mehreren Microcontrollern (z.B. je einen für Eingabe, für Verarbeitung, für Ausgabe) möglich. Über die I2C Schnittstelle können auch andere Sensoren verknüpft werden. Die schnellere SPI-Schnittstelle ermöglicht zusätzlich zur Kommunikation mit Hookups. Aktoren wie Motoren, (programmierbare) LEDs, Displays, Lautsprecher und Sensoren für Licht, Näherung, Kraft, Lage, Magnetfeld und vieles mehr können so einfach aufgesteckt werden.

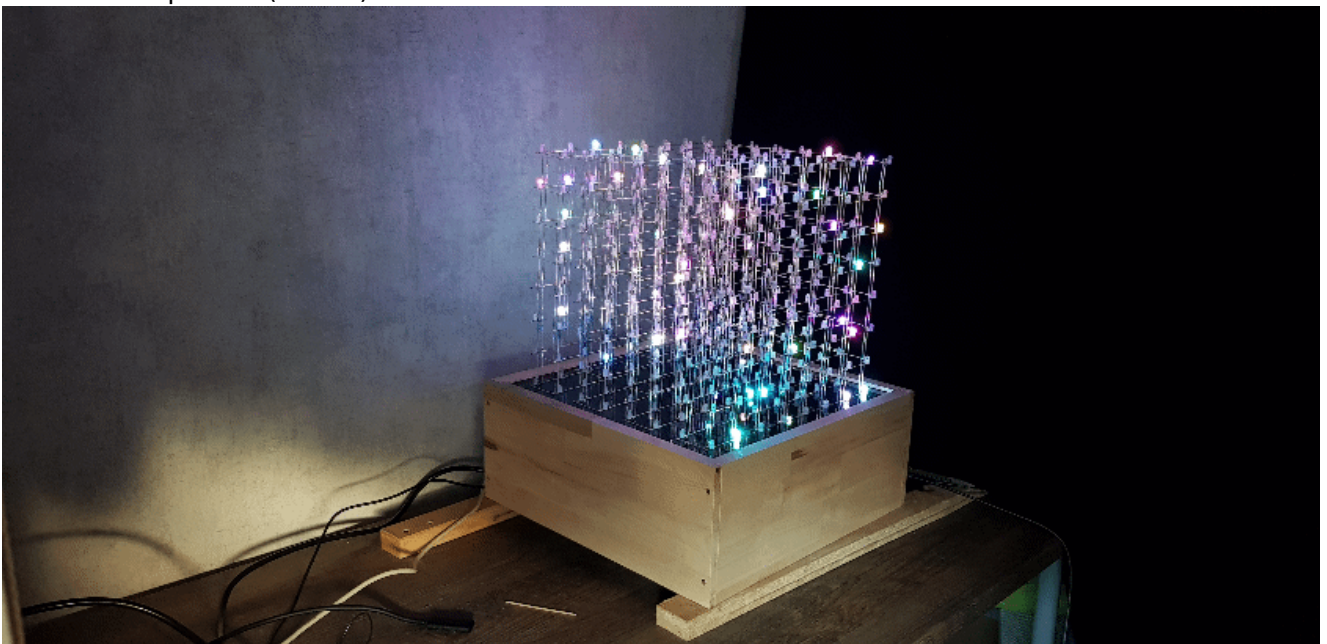
- **Offenheit und Preiswertigkeit :**

Dem MEXLE 2020 fehlen bewusst die Modulgehäuse. Damit bleibt für den Nutzer der Kontakt zu der Elektronik bestehen und die Kosten sinken. Dem lötlustigen Sparfuchs wird zudem auch eine Variante zum Selbstlöten angeboten.





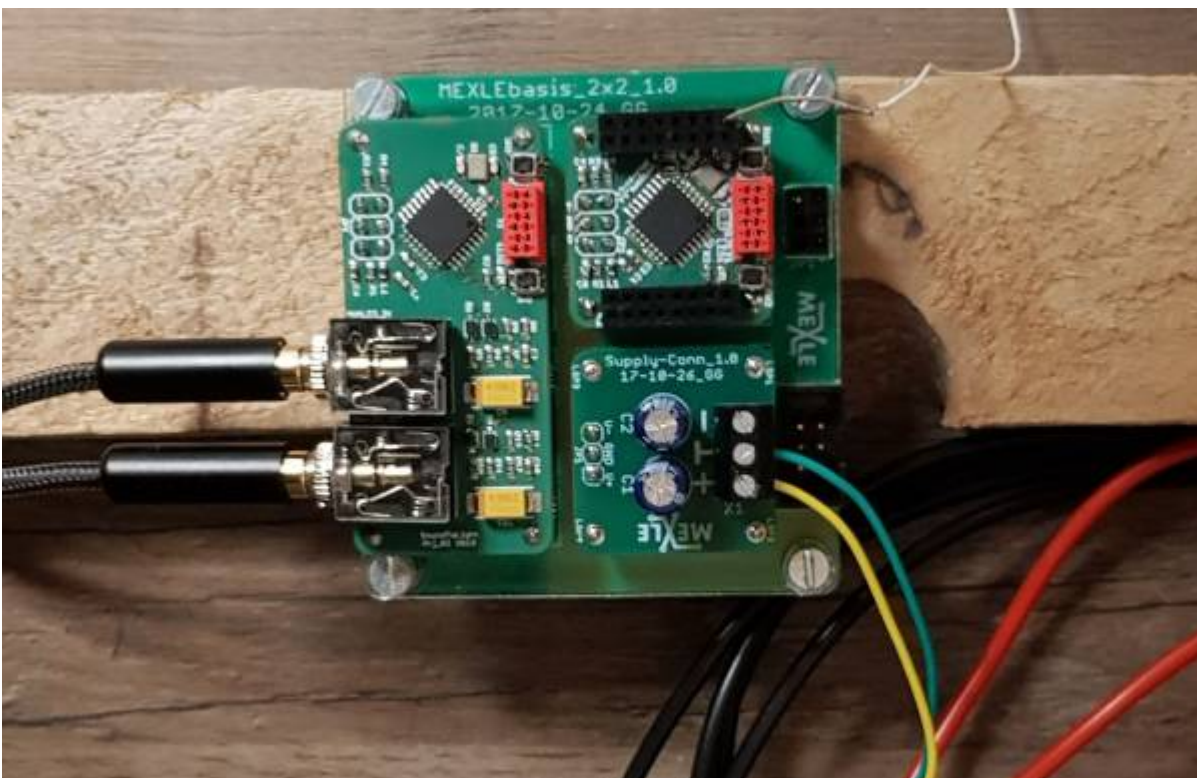
Beispielaufbau mit Stromversorgung (links oben), Microcontrollerplatine (links unten), Motortreiberplatine (rechts)



LED cube in Aktion



LED cube entwickelt im 3. Semester Mechatronik und Robotik

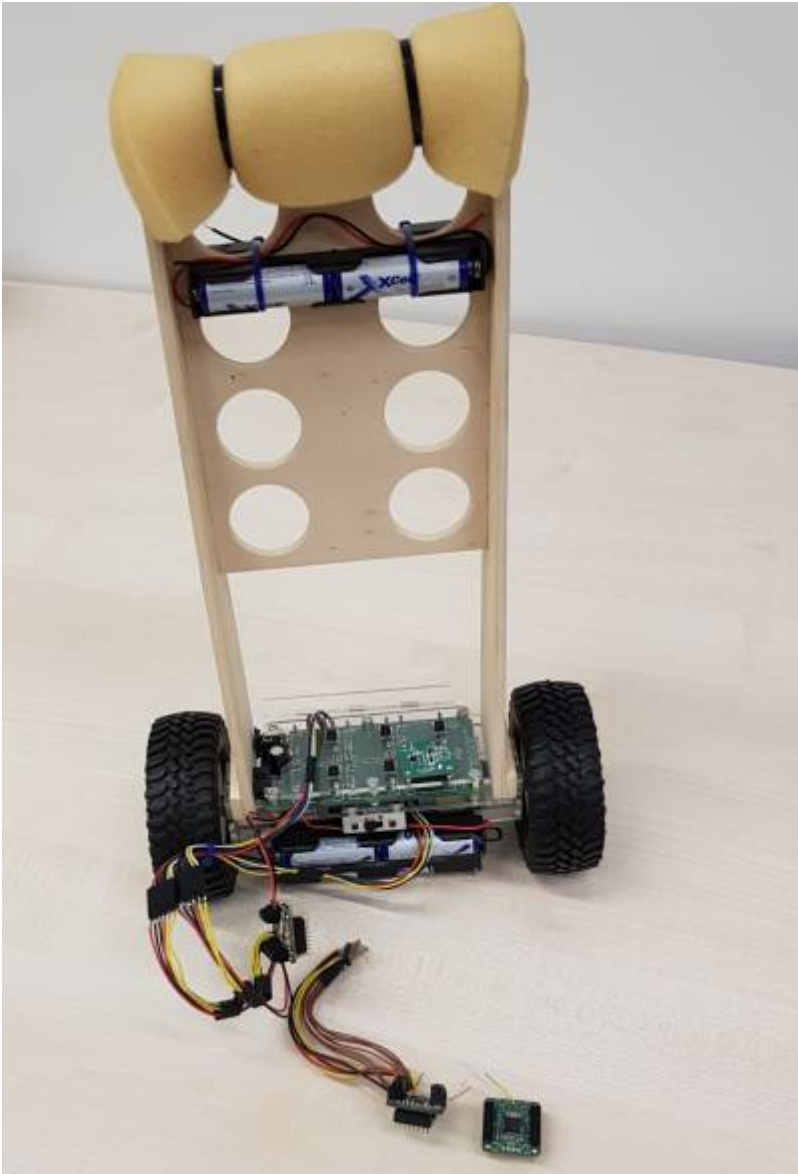


Elektronik des LED cube auf MEXLE2020 Basis (zwei ATmega328 zur Auswertung von

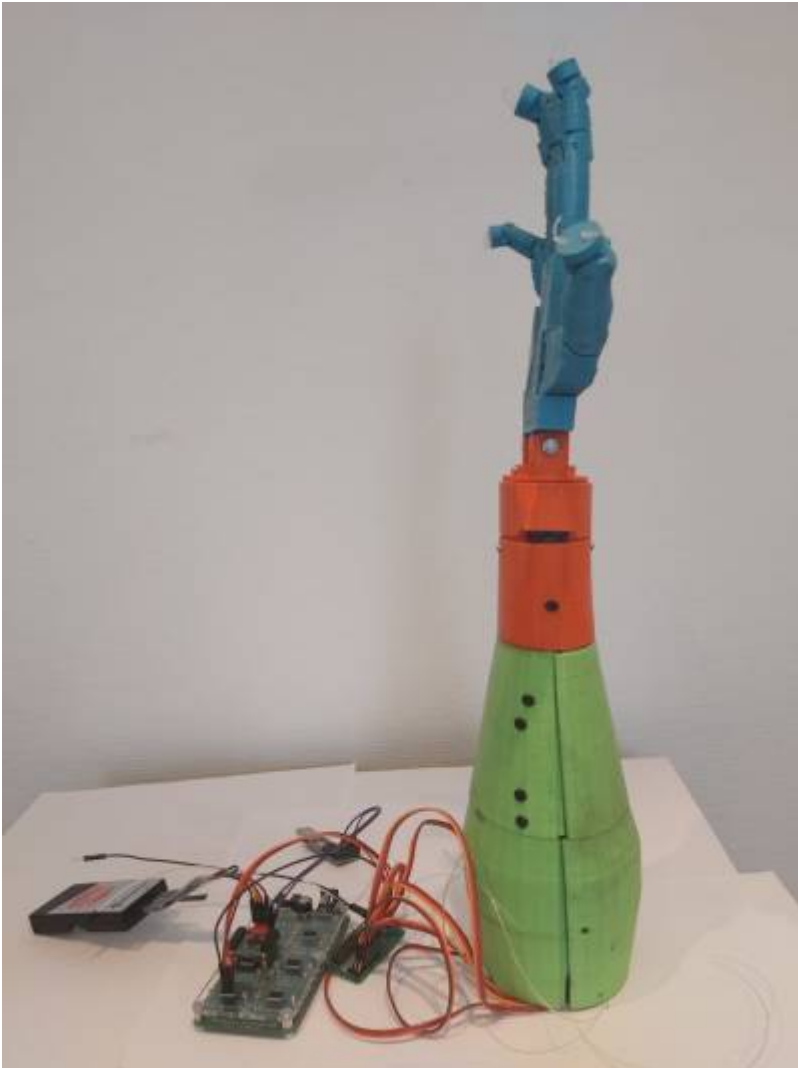
Musiksignalen mit Eingangfilter und FFT, sowie zur Ansteuerung des Würfels)



Stromsensor zur berührungslosen Messung bis 3A als Hookup auf einem Board mit ATmega328



erster Prototyp des Demonstratorsystems "MEXLEway" mit Basisboard und noch provisorischer Motorsteuerung (incl. Anbindung an Matlab)



erster Prototyp eines Demonstratorsystems "Hand" mit Basisboard und noch provisorischer (Servo-)Motorsteuerung



MEXLE Microcontroller Board mit Bluetooth-Dongle und Display/Tasten Board



MEXLE Microcontroller Board mit selbst entwickeltem 8x8 Farb-LED Matrix (WS2812) auf 25x25mm<sup>2</sup>



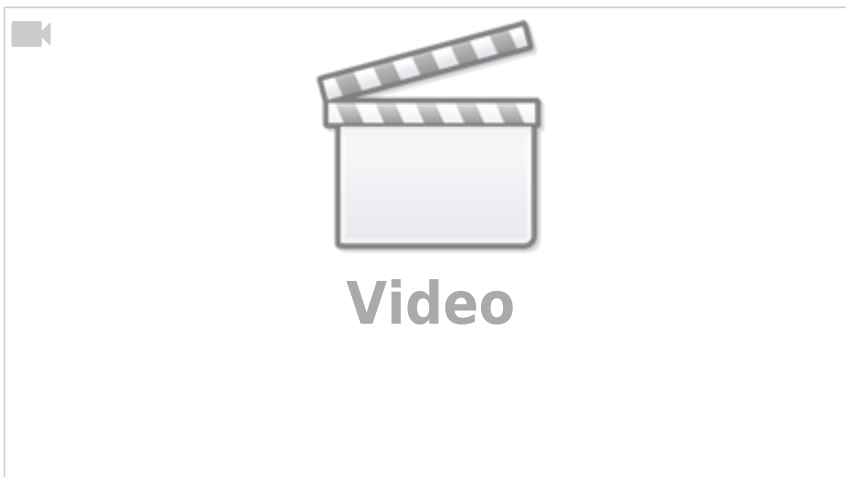
zwei MEXLE Microcontroller Boards: eines mit ATmega328, ein weiteres mit USB-Anschluss an ATmega32U4.

[Previous](#) [Next](#)

# Softwarekonzept

Die notwendige Software für die Microcontroller-Module wurde und wird in Bibliotheken entwickelt. Damit fällt „Lab-in-a-Box“ Nutzern die ersten Schritte in Informatik und Technik leicht. Eine Anbindung an PCs oder Mobiltelefonen ist per USB oder WLAN möglich.

Für den Test eigener Software wird das frei verfügbare Tool [SimulIDE](#) verwendet. Diese Software kann auch genutzt werden, um die Module zu testen, bevor diese aufgebaut sind.



Elektronische Simulation /  
interaktives Skript

Neben der Simulation von Microcontrollern, gibt es noch weitere Verwendung von Open-Source Software. Im Online-Skript zu den Vorlesungen ist eine Schaltungssimulation eingebaut. Diese soll es dem Studierenden ermöglichen verschiedene logische, elektrotechnische und elektronische Situationen leicht zu erfassen und zu verändern. Das Skript soll die praktische Übung mit den Lab-in-a-Box ergänzen.

Beispiel (zum öffnen anklicken)

## Aufgabe 9.9.9 Batterie unter Last

Die [figure 1](#) zeigt ein Simulation eines Stromkreises.

[Tipp, falls die Simulation zu klein dargestellt wird :](#)

Im Menü Bearbeiten » Schaltung zentrieren anklicken, vergrößert die Schaltung

Teil des Stromkreises ist eine Batterie. Außerdem befinden sich zwei Schalter  $S_1$  und  $S_2$ , sowie ein Last-Widerstand  $R_L$  im Stromkreis. Zusätzlich wird die Spannung  $U$  an der Batterie

und der fließende Strom  $I$  mit Farben visualisiert und als Zahlenwert dargestellt.

Im unteren Teil der Simulation ist eine Diagramm zu sehen, welches die aktuelle Batteriespannung  $U$  auf der x-Achse und den Strom  $I$  auf der y-Achse darstellt.

Dieses Diagramm ist die Strom-Spannungs-Kennlinie. Der aktuelle Punkt  $(U, I)$  heißt Arbeitspunkt.

Fig. 1: Batterie unter Last

Aufgaben:

1. Verändern Sie den Arbeitspunkt durch Schalten der Schalter (Doppelklick). Welcher maximale Strom  $I_{\max}$  und welche maximale Spannung  $U_{\max}$  lässt sich ablesen?
2. Der Wert des Last-Widerstand  $R_L$  lässt sich doch Doppelklick auf den Widerstand ändern. Außerdem befindet sich rechts neben der Simulation ein Schieberegler (Slider) Widerstand  $R_L$ . Mit diesem ist der Wert kontinuierlich veränderbar.  
Welcher Verlauf ergibt sich, wenn der Widerstandswert geändert wird?
3. Die Ausgangsspannung der Batterie ändert sich also, abhängig vom äußeren Widerstand. Dies lässt sich durch einen Spannungsabfall am einem gedachten Innenwiderstand  $R_i$  der Batterie beschreiben. Nun sollen Sie versuchen die Größe dieses Innenwiderstands anhand der Kenntnisse des Kapitels [Einfache Gleichstromkreise - Der unbelastete Spannungsteiler](#) herzuleiten.

**Tipp 1:** Wir wissen, dass bei einem Spannungsteiler mit gleich großen Widerständen  $R_1 = R_2$  die Spannungen  $U_1$  und  $U_2$  gerade gleich groß sind

**Tipp 2** Der Innenwiderstand  $R_i$  bildet mit dem äußeren Widerstand  $R_L$  einen Spannungsteiler

4. Betrachten Sie die Ergebnisse aus den Aufgaben 1. und 3. .  
Wie lässt sich aus dem maximaler Strom  $I_{\max}$  und der maximalen Spannung  $U_{\max}$  der Wert des Innenwiderstands  $R_i$  bestimmen?

# MEXLE Historie

## MiniMEXLE

was bisher geschah

Schon vor der Entwicklung von Arduino wurde in der Fakultät T1 an der Hochschule Heilbronn Mikrocontroller-Lernsysteme 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 Lernsysteme wie dem MiniMEXLE entweder selbst erwerben oder ausleihen und damit auch am heimischen Schreibtisch arbeiten konnten. Neben dem MiniMEXLE-Board waren dazu nur eine kleine Stromversorgung und ein PC mit Entwicklungsumgebung notwendig.

Die Entwicklung des MiniMEXLE und seine Verbreitung wurden mehrfach im Rahmen des Programms LARS unterstützt. Diesem Lernsystem fehlte aber eine breitgefächerte Modularisierung, um schnell und einfach elektronische Schaltungsbeispiele aufbauen zu können.

## MEXLE2020

der nächste Schritt

MEXLE 2020 soll aus dem bisherig gelerntem einen fächerübergreifenden Baukasten entwickeln. Dazu werden - von Elektronik beginnend - Teilsysteme aufgebaut. Hierzu ist in Folgenden eine Verbreiterung des Systems geplant. Damit werden Bereiche wie Logik, Regelungstechnik, Mechanik und Motorentechnik mit eingebunden.

From:  
<https://wiki.mexle.org/> - **MEXLE Wiki**

Permanent link:  
<https://wiki.mexle.org/mexle2020/start?rev=1737031407>

Last update: **2025/01/16 13:43**

