



Fachhochschule  
Nordwestschweiz

# Technisches Pflichtenheft

## Projekt 4

Fachhochschule Nordwestschweiz FHNW

31. März 2018

<b>Studiengang:</b>	Elektro- und Informationstechnik EIT
<b>Auftraggeber/in:</b>	Prof. Hans Gysin Jana Kalbermatter
<b>Fachexperten:</b>	Matthias Meier Prof. Dr. Pascal Schleuniger Pascal Buchschacher Dr. Roswitha Dubach Dr. Anita Gertiser Bonnie Domenghino
<b>Projektteam:</b>	Adrian Annaheim Benjamin Ebeling Jonas Rosenmund Michael Schwarz Samuel Wey Andres Minder

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Projektziele</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Konzept</b>	<b>3</b>
2.1	Blockschema . . . . .	3
2.2	Hardware . . . . .	4
2.2.1	BT-Beacon . . . . .	4
2.2.2	Bluetoothmodul . . . . .	5
2.2.3	ICSP-Header . . . . .	6
2.2.4	Audioboard . . . . .	6
2.2.5	Audiooutput . . . . .	6
2.2.6	$\mu$ SD-Karte . . . . .	7
2.2.7	Tasten . . . . .	7
2.2.8	Energieversorgung . . . . .	8
2.3	Software . . . . .	8
2.3.1	Software Mikrocontroller . . . . .	8
2.3.2	Software PC . . . . .	9
<b>3</b>	<b>Testkonzept</b>	<b>10</b>
3.1	Gesamtsystem . . . . .	10
3.2	Hardware . . . . .	10
3.3	Software . . . . .	10
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>11</b>
	<b>Anhang</b>	<b>12</b>

# 1 Projektziele

Als Hauptziel ist die Fertigstellung eines voll funktionfähigen Prototyps gesetzt. Dafür sind die vorerst wichtigsten zu erreichenden Sollziele in der Tabelle 1.1 aufgezeigt.

## Sollziele

Punkt	Sollziele
S1	Energieversorgung des Dojos mittels Akku
S2	das Lokalisieren der Beacons per Bluetooth
S3	eine Ladeschaltung des Akkus über USB Typ C
S4	Audioausgabe über einen Körperschallaktor
S5	die Bedien- und Anzeigeelemente gemäss Design
S6	einhalten des Budgets von 200.00 CHF

Tabelle 1.1

## Wunschziele

Punkt	Wunschziele
W1	Innenleben des Dojos in den vorgegebenen Massen
W2	Übertragung der Informationen des Like-Buttons auf den PC (Software)
W3	Datendownload und Konfigurationen per Wireless
W4	anbringen einer Kopfhörerbuchse mit 3.5mm für eine sekundäre Audioausgabe
W5	Akkulaufzeit mit bis zu mehr als drei Stunden
W6	eine Zutrittskontrolle für bestimmte Räume

Tabelle 1.2

## Lieferobjekte

Lieferobjekt	Datum
KIS	20.02.2018
Abgabe Pflichtenhefte 1. Version	17.03.2018
Publikation Statusbericht 1	31.03.2018
Abgabe Pflichtenhefte definitive Version	31.03.2018
Zwischenpräsentation	10.04.2018
Publikation Statusbericht 2	28.04.2018
Abgabe Einleitung/Disposition	12.05.2018
Publikation Statusbericht 3	19.05.2018
Publikation Statusbericht 4	09.06.2018
Abgabe Fachbericht und PMA-Bericht	12.06.2018
Abgabe Produkt	12.06.2018
Schlusspräsentation	12.06.2018

Tabelle 1.3

## 2 Konzept

### 2.1 Blockschema

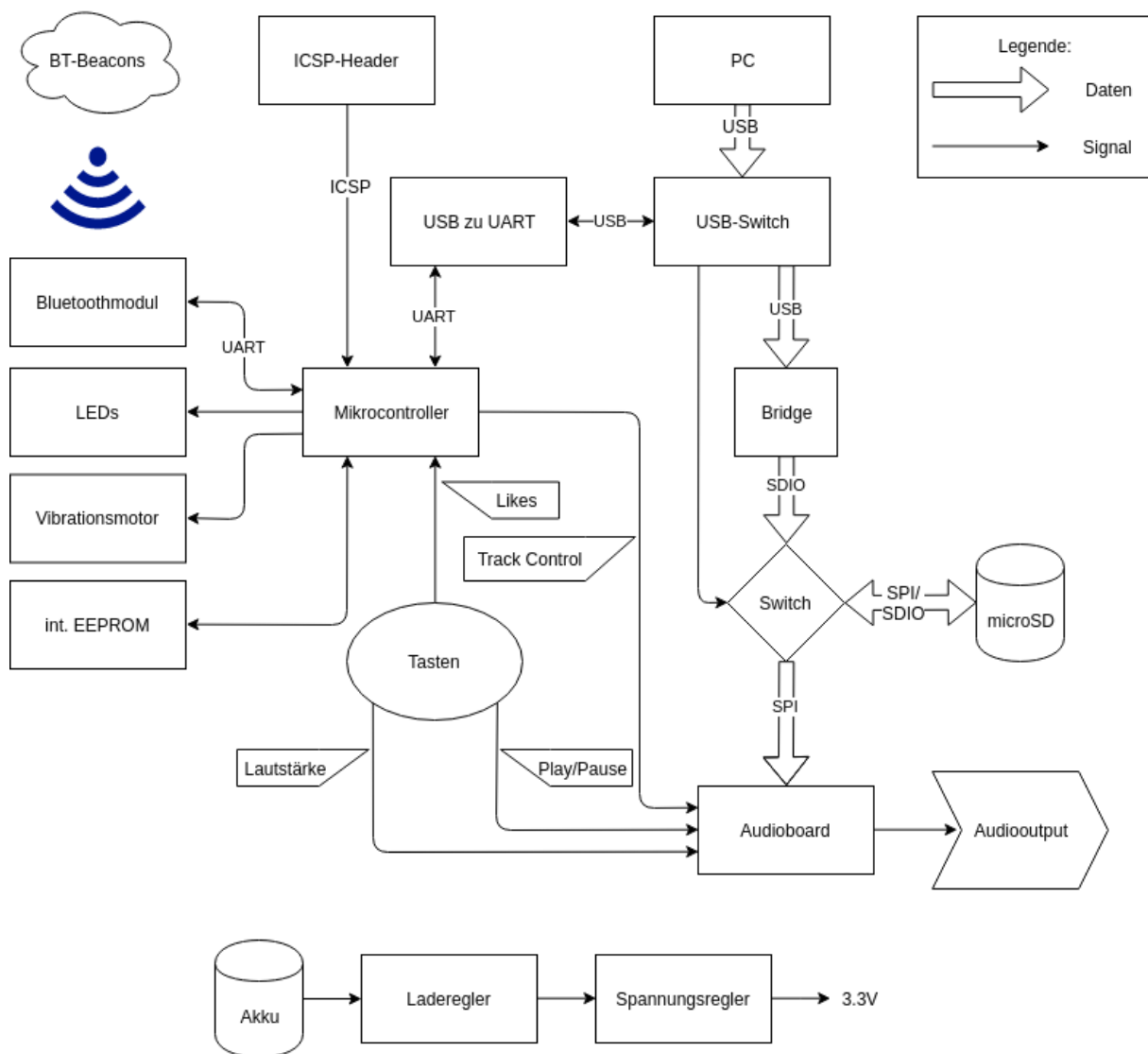


Abbildung 2.1: Blockschema

**Aufbereitung:** Beim Eintritt in das Museum wird das Dojo individuell angepasst. Dafür werden vom PC aus die Audiofiles mit einer dazugehörigen Korrespondenztabelle<sup>1</sup> auf das Dojo geladen. Dabei werden die Audiofiles direkt auf der  $\mu$ SD-Karte und die Tabelle auf dem internen EEPROM des Mikrocontrollers gespeichert. Wenn der Switch-Block eine Spannung detektiert (Signalpfad vom USB-Switch aus), soll der Datenpfad über die Bridge geschaltet sein, damit die  $\mu$ SD-Karte direkt als Speichermedium auf dem PC angezeigt wird. So kann das Dojo von der PC Software direkt verwaltet und angepasst werden. Ansonsten ist die  $\mu$ SD-Karte mit dem Audioboard verbunden, damit dieses die Audiofiles abspielen kann.

**Benutzung:** Wenn der Besucher in die Nähe eines Kunstobjektes kommt, soll über das Bluetoothmodul dessen BT-Beacon erfasst werden. In der Firmware des Mikrocontrollers wird über die Stärke der Signalleistung des BT-Beacons verifiziert, ob das Objekt nahe genug, oder welches näher ist. Über den Vibrationsmotor und den LEDs wird dann dem Besucher mitgeteilt, dass hier abrufbare Information ist. Gleichermassen wird auch die Zutrittskontrolle erfolgen, indem die empfangenen ID. Nummern der BT-Beacons mit den abgespeicherten abgeglichen werden. Die Objekte können über den Like-Button geliked werden, wodurch die unique ID. Nummer des BT-Beacons im internen EEPROM abgespeichert wird.

**Abgabe:** Am Schluss können die im int. EEPROM gespeicherten Likes ausgewertet und eine Broschüre mit den Präferenzen des Besuchers zusammengestellt werden.

## 2.2 Hardware

### 2.2.1 BT-Beacon

Diese kleinen Geräte können an den Ausstellungsstücken als Signalgeber im Museum angebracht werden. Für dieses Projekt wird ein Minew E7 Bluetooth Beacon verwendet, da dieser Beacon über die zwei bekanntesten Protokolle iBeacon und Eddystone verfügt. In der zugehörigen kostenlosen Konfigurations-App kann eingestellt werden, welches Protokoll gesendet wird. Der Beacon kann auch beide Protokolle gleichzeitig senden, bei Bedarf mit unterschiedlichen Signalstärken und Sendeintervallen. Ausserdem hat dieser Beacon eine Reichweite von 100m, ist wasserfest und verfügt sogar über einen Temperatursensor.

---

<sup>1</sup>enthält die Zuordnungen der ID. Nummern der BT-Beacons mit den Audiofiles

## 2.2.2 Bluetoothmodul

Spezifikationen	HM-11 BLE	ISP1507	SESUB-PAN-T2541
Version / Klasse	V4.0 BLE	V5.0 BLE	V4.0 BLE
Reichweite	max. 30m	max 100m	max 10m
Sendeleistung	23-6 dbm	max 4 dbm	0 dbm
Unterstützung AT Kommandos	Ja	unbekannt	Ja
Master / Slave	Beide	Beide	Beide
Versorgungsspannung	3.3 V DC	1.7 V to 3.6 V DC	2 V to 3.6 V DC
Kommunikationsprotokoll	UART	UART, SPI, I2C, PDM	I2C, SPI, UART
Aussere Abmessungen	(13.5 x 18.5 x 2.3) mm	(8 x 8 x 1) mm	(4.6 x 5.6 x 1) mm
Preis	11.80 CHF	13.20 CHF	259.30 CHF

Da Beacons in kurzen, regelmässigen Abständen im 2.4 GHz Band eine Unique ID senden, benötigt das stabförmige Informations-Gerät ein Bluetooth-Modul mit UART-Schnittstelle, um diese Information zu empfangen. Für den Prototyp wurden drei Bluetooth-Module tabellarisch verglichen, um eine präzise Auswahl zu treffen. Auch wenn das HM-11 BLE Bluetooth-Modul die grössten Dimensionen hat, punktet es mit der Reichweite, der Unterstützung der AT Kommandos sowie dem günstigen Preis.

### 2.2.3 ICSP-Header

Damit die Firmware auf dem Dojo bearbeitbar bleibt, wird ein ICSP<sup>2</sup>-Header verwendet (oder auch ISP<sup>3</sup>) [1]. Damit besteht die Möglichkeit, den Mikrocontroller nach der Installation in das komplette System des Dojos programmierbar zu halten. Über eine SPI-Kommunikationsschnittstelle wird der ICSP-Header an den Mikrocontroller angeschlossen. In der Abbildung 2.2 sind die Pinanschlüsse eines sechspoligen ICSP-Headers zu sehen.

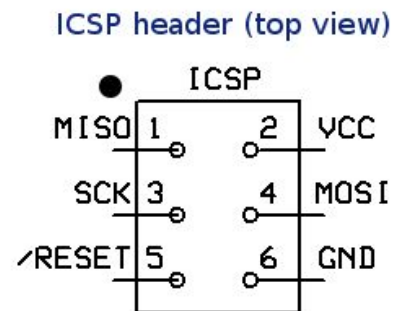


Abbildung 2.2: ICSP-Header

### 2.2.4 Audioboard

Das Audioboard beinhaltet den WTV020SD-20S Audiochip. Dieser ist ein kleiner und einfacher IC für die Wiedergabe von Audiofiles. Nach Datenblatt sind mehrere unterschiedliche *Modes* möglich, wobei für das Dojo der **two line serial mode** verwendet wird. Somit kann der WTV020SD Chip über den Mikrocontroller gesteuert werden und dann Audiofiles, egal welcher Adresse auf der  $\mu$ SD-Karte abspielen. Der Audiochip ist kompatibel für  $\mu$ SD-Karten mit Speicherkapazitäten bis zu 1GB.

### 2.2.5 Audiooutput

Hierfür wird ein Knochenleiter (Bone conductor) verwendet. Dieser übermittelt das Audiosignal über Körperschall des Schädelsknochens an das Gehör weiter.

#### Knochenleiter

Der Knochenleiter<sup>4</sup> wurde an eine Schaltung mit dem Miniverstärker LM386 angeschlossen, um dessen Verbrauch zu messen. Die Lautstärke wurde als Referenz über einen Laptop geregelt, wobei bei einer Lautstärkeneinstellung von 60 Prozent eine maximale Scheinleistung von 0.263VA und einen Effektivstrom von 0.195A erreicht wurde. Bei dieser Lautstärke ist es für eine klare Audio-Übertragung ausreichend. Für den Energieverbrauch wird mit 0.3W und im worst case Szenario mit 0.5W gerechnet.

<sup>2</sup>In-Circuit-Serial-Programming

<sup>3</sup>In-System-Programming

<sup>4</sup>den von den Dozenten zur verfügung gestellten Knochenleiter



### 2.2.6 $\mu$ SD-Karte

Als externes Speichermedium wird eine  $\mu$ SD-Karte mit einer Speicherkapazität von 1GB verwendet.

#### Laufzeit

Die Qualität der Audiofiles soll ungefähr in CD-Qualität erfolgen. Daraus errechnet sich nach 2.1 eine Datenrate von 705.6kBit/s bei einer Bitauflösung (*resolution*) von 16Bit, einer Samplefrequenz (*samplerate*) von 44.1kHz und einem Kanal (*channels*  $\rightarrow$  mono).

$$resolution * samplerate * channels = datarate [Bit/s] \quad (2.1)$$

Daraus resultiert eine relativ hohe Qualität, welche je nach Aufnahme vom **Benutzer** angepasst werden kann. Zum Beispiel könnte die *resolution* auf 8Bit, oder auch die *samplerate* bei der Aufnahme der Audiofiles reduziert werden. Unkomprimiert im *.wav*-Format würde sich mit den 705.6kBit/s bei 1GB Speicherkapazität eine Laufzeit von **11'337.9 Sekunden** ergeben (ca. 3 Stunden 9 Minuten).

Nun kann die Bandbreite der Daten noch komprimiert werden. Dies kann anhand der Ansprüche des Benutzers variieren, jedoch leidet dann die Qualität. Um annähernd CD-Qualität beizubehalten, kann im *.mp3*-Format die Datenrate auf 192kBit/s komprimiert werden [2]. Dies entspricht einer Einsparung von 72.8% und erhöht die Laufzeit auf **41'666.7 Sekunden** (ca. 11 Stunden 34 Minuten), was für genügend Informationen eines Museumsbesuch ausreichen sollte<sup>5</sup>.

### 2.2.7 Tasten

Für den Nutzer steht auf dem Dojo ein Tastenfeld zur Verfügung:

- Play/Pause
- Volume up/down
- Like
- Vibro on/off
- Power on/off

---

<sup>5</sup>diese Angaben variieren je nachdem wie der Benutzer die Audiofiles abspeichert! Dies sind nur Richtwerte.

### 2.2.8 Energieversorgung

Das Dojo soll durch einen Li-Ion-Akku mit Energie versorgt werden. Die Akkulaufzeit muss die Dauer mindestens eines Museumrundgangs mit entsprechender Nutzung abdecken, wünschenswert ist eine Akkulaufzeit für einen ganzen Museumstag. Ausserdem wird eine USB-Schnittstelle (Typ C) zur Verfügung stehen, um den Akku nach Rückgabe und Auswertung des Dojos wieder aufzuladen.

#### Akku

Im Handel sind Akkus vom Typ LI14500 mit einem Durchmesser von 14 mm und einer Länge von 50 mm erhältlich. Die Kapazität beträgt meist um 3 Wh, was nach ersten Abschätzungen für die gewünschte Betriebsdauer ausreicht. Die Kriterien für die Auswahl eines Akkus in der Reihenfolge ihrer Gewichtung sind: Kapazität, Zyklenfestigkeit, Schnellladefähigkeit (nur falls die Kapazität nicht für einen gesamten Tag ausreicht) und Preis.

#### Ladung

Die Energie kommt über den USB-Anschluss in das Dojo. Da der Strom beim USB-Anschluss standardmässig auf 100 mA begrenzt ist, wird das Dojo mit der entsprechenden Kommunikations-Einheit ausgerüstet, um potentiell leistungsfähigeren USB-Stromquellen bis zu 1.5 A zu entlocken. Die Ladung kann über jeden beliebigen USB-C-Anschluss erfolgen. Um die Ladeinfrastruktur im Museum aufgeräumt und übersichtlich zu halten, ist eine Dockingstation vorgesehen, welche bis zu 50 Dojos aufnehmen kann.

## 2.3 Software

### 2.3.1 Software Mikrocontroller

Der Mikrocontroller steuert das Audioboard, das BT-Modul, die Status LEDs und den Vibrationsmotor.

Der Prototyp benutzt ein Arduino UNO-Board, für das fertige Produkt wird der Mikrocontroller des Arduino UNO's auf einen custom Print gesteckt.

Für jeden Besucher wird über eine serielle Schnittstelle ein Profil geladen, das beschreibt, welche Audiodatei zu welchem BT-Beacon gehört.

Während dem Besuch steuert der Mikrocontroller, welche Datei abgespielt werden soll, je nach dem, bei welchem Beacon der Besucher steht.

Zudem speichert der Mikrocontroller, welche Beacons geliked wurden und nach dem Besuch können die gespeicherten Likes wieder über die serielle Schnittstelle abgerufen werden.

**Allgemeine Funktionsbeschreibung**

Bluetooth-Funktionen:

- `getClosestBeacon()`: gibt die ID des nächsten Beacons zurück
- `checkBeacon(id)`: gibt die Signalstärke des Beacons mit der gefragten ID zurück

Audioboard-Steuerung:

- `playTrack(tracknumber)`: spielt die Audiodatei der Nummer `tracknumber` ab
- `pausePlayback()`:
- `resumePlayback()`:
- `cancelPlayback()`:

Interface-Steuerung:

- `requestManifest()`:
- `deliverLikes()`:

**2.3.2 Software PC**

Über den PC wird das Dojo mit einer seriellen Schnittstelle verwaltet. Er hat alle Audiodateien, in den möglichen Sprachen und für alle Ausstellungen des Museums und stellt für jeden Besucher eine individuelle Korrespondenztabelle zusammen, basierend auf dessen Ticket und Sprachpräferenzen. Diese wird dann über die PC Software auf das Dojo geladen. Am Ende des Besuchs kann die Software die Likes vom Dojo für eine Zusammenstellung (z. B. Broschüre) mit den Interessen des Besuchers downloaden. Die Software wird voraussichtlich in Python programmiert.

## 3 Testkonzept

### 3.1 Gesamtsystem

Der Prototyp wird vom Team getestet, indem ein Museumsbesuch simuliert wird und so jede Funktion gebraucht wird. Danach werden allfällige Fehler behoben und der Auftraggeber kann das Gerät testen und entscheiden, ob es den Anforderungen genügt.

### 3.2 Hardware

Während der ganzen Entwicklungsphase werden die einzelnen Komponenten (Bluetooth, USB/UART, Audioboard, etc.) getestet. Auf dem Print werden sie nacheinander in Betrieb genommen, um zu testen, ob sie auch zusammen funktionieren. Die Akku-Ladeschaltung wird zuerst auf einem Entwicklungsboard aufgebaut und mit einem Widerstand eine Last simuliert. So werden mehrere Lade- und Entladezyklen simuliert bevor die Schaltung im Gerät verbaut wird.

### 3.3 Software

Mit dem Mikrocontroller werden die sogenannten «Likes» simuliert und an den Computer gesendet. So kann getestet werden, ob die Software die «Likes» empfängt und richtig verarbeitet.

## Literaturverzeichnis

- [1] Wikipedia. In-system programming. [https://en.wikipedia.org/wiki/In-system\\_programming](https://en.wikipedia.org/wiki/In-system_programming), January 2018. [Online] Available: 03.03.2018.
- [2] koepenick.net. mp3 grundkurs. <http://koepenick.net/mp3.htm>, keine Angaben. [Online] Available: 31.03.2018.

# Anhang

## Technische Daten des Dojo-Gehäuse

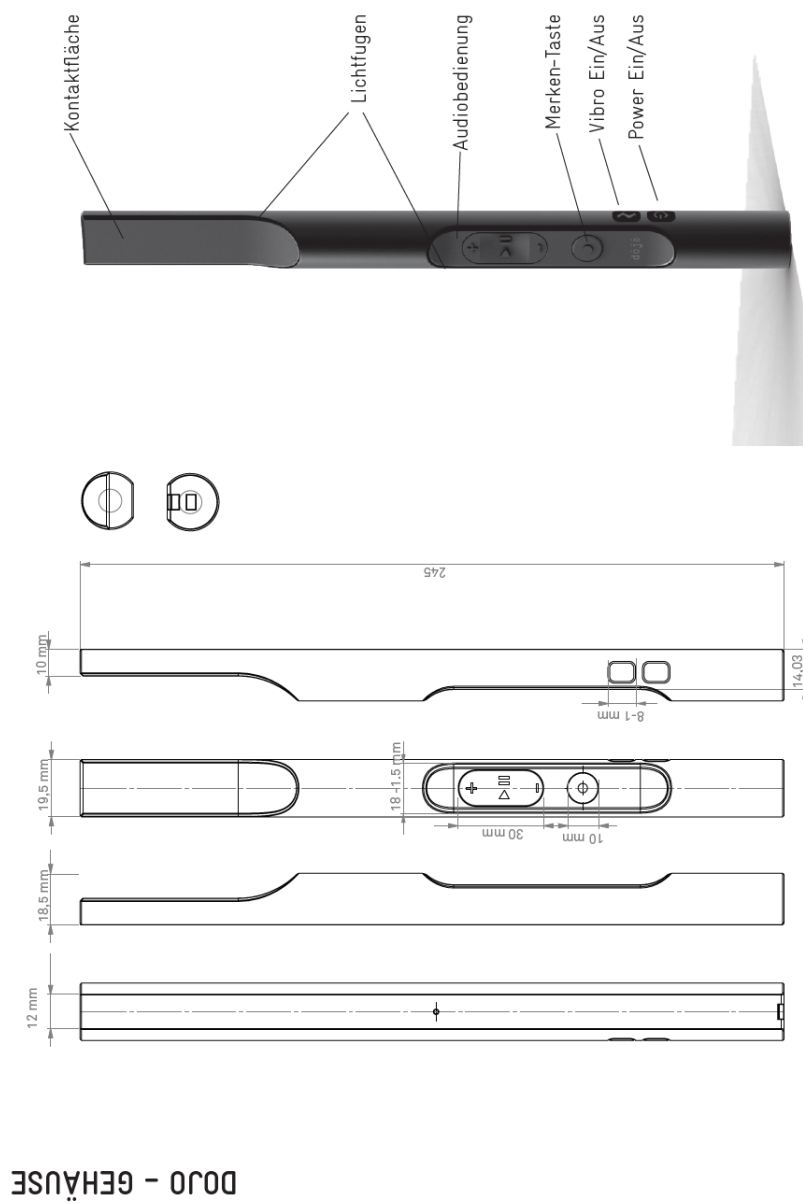


Abbildung 3.1

## Bauteilliste

Bezeichnung	Bestellnummer	Lieferant	Beschreibung	Anzahl	Stückpreis (CHF)	Preis (CHF)	Status
WTV020SD	474-WIG-11125	Mouser	Breakoutboard	1	18.81	18.81	bestellt
TS3USB30E	595-TS3USB30EDGSR	Mouser	USB-Mux	2	1.52	3.04	bestellt
FT231X	895-FT231XS-R	Mouser	USB/UART	2	2.00	4.00	evtl an Lager
FT231X	474-BOB-13263	Mouser	Breakoutboard	1	11.27	11.27	bestellt
TS3A27518E	595-TS3A27518EPWR	Mouser	SDIO-Mux	2	2.21	4.42	bestellt
VUB300		Saelig	USB/SDIO	2	7.65	15.30	erhalten
Atmega328	556-ATMEGA328PB-AU	Mouser	Mikrocontroller	2	1.52	3.04	evtl an Lager
Vibra-Motor	485-1201	Mouser	Vibrationsmotor	1	1.84	1.84	bestellt
USB-Buchse	538-105450-0101	Mouser		1	1.82	1.82	bestellt
microSD	485-254	Mouser	Breakoutboard	1	7.07	7.07	bestellt
ArduinoUNO	782-A000066	Mouser	Entwicklungsboard	1	22.05	22.05	bestellt
WTV020SD	42232	Emartee	Audio-Chip	1	3.00	3.00	
Minew E7 Bluetooth Beacon		beaconshop24	Bluetooth-Sender	1	19.95	19.95	erhalten
HM-11 BLE		Boxtec	Bluetooth-Modul	1	11.8	11.8	erhalten
Emmerich LI14500	1221199-62	Conrad	Spezial-Akku	1	13.95	13.95	bestellt
<b>Gesamtpreis:</b>					<b>141.36</b>		