



Fachhochschule
Nordwestschweiz

Technisches Pflichtenheft

Projekt 4

Fachhochschule Nordwestschweiz FHNW

1. April 2018

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

Inhaltsverzeichnis

1	Projektziele	1
2	Konzept	3
2.1	Blockschema	3
2.2	Hardware	4
2.2.1	BT-Beacon	4
2.2.2	Bluetoothmodul	5
2.2.3	ICSP-Header	5
2.2.4	Audioboard	5
2.2.5	Audiooutput	6
2.2.6	μ SD-Karte	6
2.2.7	Tasten	7
2.2.8	Energieversorgung	7
2.3	Software	8
2.3.1	Software Mikrocontroller	8
2.3.2	Software PC	9
2.3.3	Korrespondenztabelle	10
3	Testkonzept	11
3.1	Gesamtsystem	11
3.2	Hardware	11
3.3	Software	11
	Literaturverzeichnis	12
	Anhang	13

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

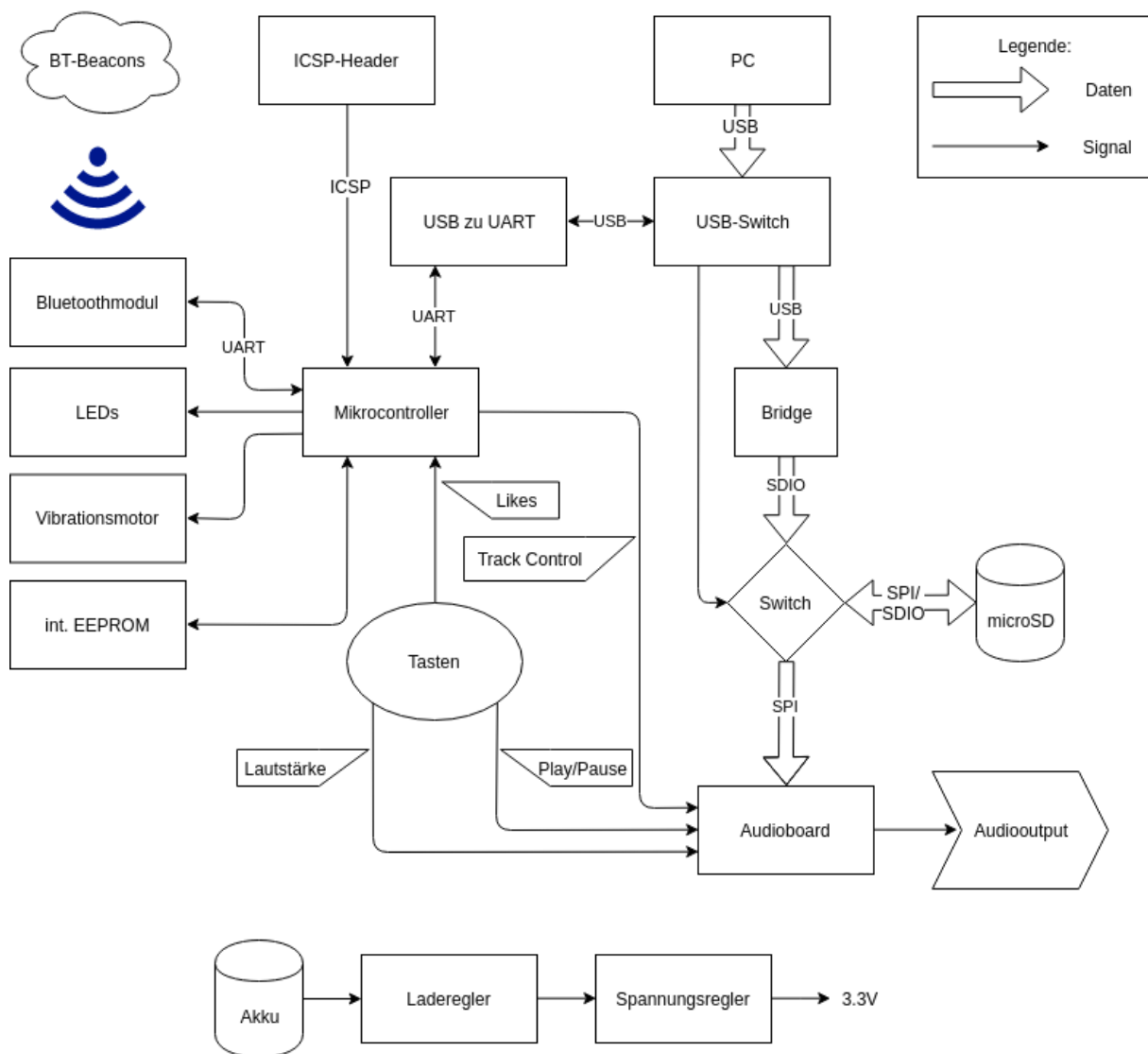


Abbildung 2.1: Blockschema

Aufbereitung: Beim Eintritt in das Museum wird das Dojo individuell angepasst. Dafür werden vom PC aus die Audiofiles mit einer dazugehörigen Korrespondenztabelle¹ auf das Dojo geladen. Dabei werden die Audiofiles direkt auf der μ SD-Karte und die Tabelle auf dem internen EEPROM des Mikrocontrollers gespeichert. Als Ausgangszustand ist der PC mit dem Mikrocontroller verbunden. Per Software kann der USB-Switch geschaltet werden, um die Daten auf die μ SD-Karte zu laden. So kann der Dojo von der PC Software direkt verwaltet und konfiguriert werden. Ansonsten ist die μ 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 würde 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 einzigartige 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.

¹enthält 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
Äussere 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

Tabelle 2.1

Da Beacons in kurzen, regelmässigen Abständen im 2.4 GHz Band eine Unique ID senden, benötigt der Dojo ein Bluetooth-Modul mit UART-Schnittstelle, um diese Information zu empfangen. Für den Prototyp wurden drei Bluetooth-Module tabellarisch verglichen, um eine geeignete 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 ICSP²-Header verwendet (oder auch ISP³) [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.

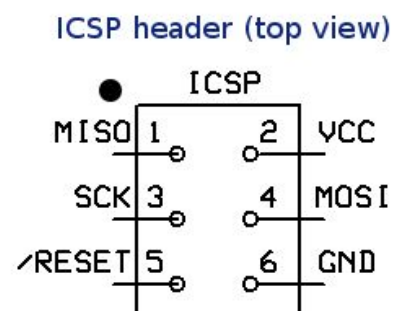


Abbildung 2.2: ICSP-Header

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 μ SD-Karte abspielen. Der Audiochip ist kompatibel für μ SD-Karten mit Speicherkapazitäten bis zu 1GB.

²In-Circuit-Serial-Programming

³In-System-Programming

2.2.5 Audiooutput

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

Der Knochenleiter⁴ 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.

2.2.6 μ SD-Karte

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

Die Audiofiles werden bei Ausstellungsstart, also wenn das Museum eine neue Ausstellung eröffnet, auf die Dojos geladen. Unter der Annahme, dass es im Museum 100 Ausstellungsobjekte mit einer Beschreibung von jeweils zwei Minuten gibt, sollen auf der SD-Karte die Dateien für alle Objekte in zwei Sprachen gespeichert werden können. Aufgrund dieser Annahmen, wurde folgende Berechnung durchgeführt:

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*→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 das Szenario ausreichen sollte⁵.

Datenübertragungszeit

Mit der Datenrate des VUB300 (USB zu SDIO Bridge) von 200Mbps, würde es ca. 40 Sekunden dauern, um die 1GB μ SD-Karte vollzuschreiben.

⁴den von den Dozenten zur verfügung gestellten Knochenleiter

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

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

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. Die benötigte Kapazität wurde folgendermassen abgeschätzt:

Bezeichnung	Stromaufnahme [A]	Betriebsdauer [% bei Betrieb]	Betriebsmodus [% bei Betrieb]	Stromaufnahme geschätzt [A]
WTV020SD	$3 \cdot 10^{-6}$	33%	100%	$1 \cdot 10^{-6}$
Atmega328	$2.4 \cdot 10^{-1}$	100%	20%	$4.8 \cdot 10^{-5}$
Vibra-Motor	$6 \cdot 10^{-2}$	0.1%	100%	$6 \cdot 10^{-5}$
Körperschall-Aktor	$2 \cdot 10^{-1}$	33%	50%	$3.3 \cdot 10^{-2}$
HM-11 BLE	$8.5 \cdot 10^{-3}$	50%	100%	$4.3 \cdot 10^{-3}$

Tabelle 2.2

Addiert ergibt sich ein Strombedarf von ca. 400mAh für einen Betrieb von 10h. Die Werte beruhen auf Datenblätter-Angaben zum Strombedarf der Bauteile sowie auf Schätzwerten, wie lange das entsprechende Bauteil in Betrieb ist. Der Strombedarf von Bauteilen, die nur in Betrieb sind, wenn das Dojo per USB angeschlossen ist, wurde in der Berechnung nicht berücksichtigt. Als Rahmen wurde angenommen, dass der Museumsbesucher während einem Drittel seiner Aufenthaltszeit im Museum das Dojo in Betrieb hat. Am stärksten ins Gewicht fällt die Versorgung des Körperschallaktors, da dieser eine lange Betriebsdauer kombiniert mit einem relativ hohen Strombedarf hat.

Akku

Im Handel sind Akkus vom Typ LI14500 mit einem Durchmesser von 14 mm und einer Länge von 50 mm erhältlich. Wir haben uns für den «Spezial-Akku 14500 Kabel Li-Ion Emmerich LI14500 3.7 V 800 mAh», erhältlich bei Conrad (1221199-62) zum Preis von CHF 13.95, entschieden. Dieser Akku ist mit einer integrierten Über- und Tiefentladeschutzschaltung ausgerüstet und verfügt über Kabelanschlüsse, die zumindest für den Testaufbau einen Vorteil in der Handhabung bieten. Mit 800 mAh verfügt dieser Akku über eine ausreichend grosse Kapazität um das Dojo während eines ganzen Museumstages ohne Zwischenladung einzusetzen.

Ladung

Geladen wird der Dojo über den USB-Anschluss. Der MCP7383 von Microchip überwacht und steuert die Ladung des Akkus. Er arbeitet nach dem constant-current/constant-voltage Prinzip. Da er wenige zusätzliche Bauteile benötigt, ist er ideal geeignet für portable Geräte, wie der Dojo.

Spannungsregelung

Der TC1262 von Microchip regelt die Betriebsspannung von 3.3V. Der LDO liefert bis zu 500mA und ist sehr energiesparend.

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, wird der Mikrocontroller des Arduino UNO's direkt auf dem Print verbaut.

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 eine 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.

2.3.3 Korrespondenztabelle

Im täglichen Gebrauch wird die μ SD-Karte mit allen Audiodateien einer Sprache beschrieben und muss somit an der Kasse nur noch mit einer Inventarliste der Audiodateien geladen werden. In dieser Inventarliste wird vermerkt, welche Beacons zu welchen Audiodateien korrespondieren. Befindet sich der Audioguide in einer Ausstellung, für die nicht bezahlt wurde, wird der Audioguide keine korrespondierende Audiodatei finden und signalisiert über die Lichtfugen, dass die Ausstellung zu verlassen ist.

Die Inventarliste wird an der Kasse über eine serielle Schnittstelle dem Mikrocontroller übergeben, der sie im EEPROM speichert. Wird eine andere Sprache als die schon auf der microSD-Karte gespeicherte Sprache gefragt, kann die μ SD-Karte mit einer anderen Sprache beschrieben werden, was jedoch circa eine Minute dauern kann.

Die Inventarliste wird von einer Textdatei erstellt, in der vermerkt wird, welcher Beacon zu welcher Ausstellung, Audiodatei und Textdatei gehört. Diese Textdatei wird von der Software auf dem PC gelesen und über eine graphische Oberfläche kann das Kassenspersonal dem Audioguide die gewünschten Ausstellungen freischalten.

Am Ende des Besuchs werden die geklickten Beacon-IDs wieder vom PC eingelesen und falls gewünscht kann ein persönliches Dokument mit den geklickten Ausstellungsobjekten zusammengestellt werden.

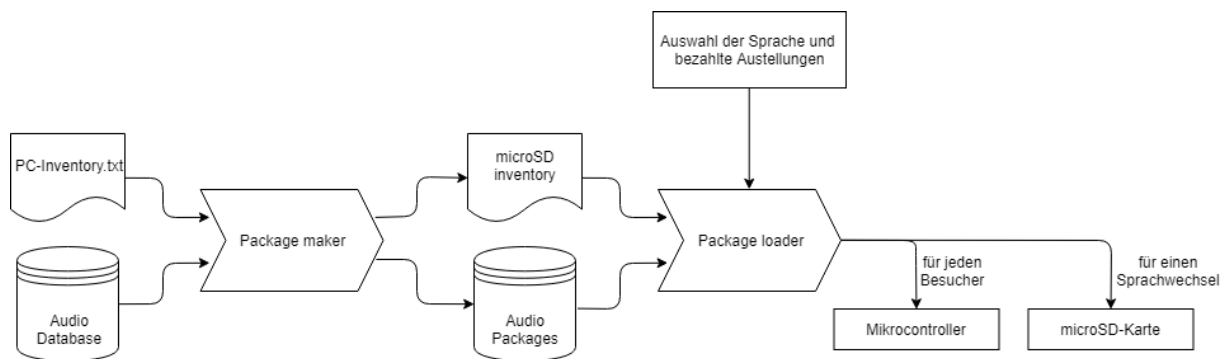


Abbildung 2.3: Data-Flow

Auf dem PC werden die Audiodateien mit für den Nutzer sinnvollen Namen gespeichert, wobei eine Textdatei angibt, welche Audiodateien zu welchen Beacons und Ausstellungen gehören. Diese Textdatei wird vom Nutzer erstellt und kann erweitert werden, sollte sich etwas an den Ausstellungen ändern.

Der Package-maker verwendet die Inventardatei um aus den Audiodateien sprachspezifische Pakete zusammenzustellen, jede mit einer sprachspezifischen Inventarsdatei. Die Audiodateien in den Paketen sind nun umbenannt, damit sie in der richtigen Reihenfolge auf den Audioguide geladen werden können. Die Inventarsdatei hat in derselben Reihenfolge eine Liste der Beacons, wobei jeder Beacon noch ein Datenfeld hat, das angibt, ob der Nutzer Zugriff auf das Ausstellungsobjekt hat und ob das Ausstellungsobjekt geklickt wurde.

3 Testkonzept

3.1 Gesamtsystem

Der Prototyp wird vom Team getestet, indem ein Museumsbesuch simuliert wird und so jede Funktion gebraucht wird. Es wird überprüft, ob die gewünschten Audiodateien abgespielt werden können. Zudem dürfen die nicht gewählten Dateien nicht abgespielt werden. Die Beacon-Erkennung wird simuliert indem drei Beacons in einem Abstand von ca. einem Meter platziert werden. Durch die Erkennung eines Beacons soll ein Vibrationsalarm ausgelöst werden. Der Beacon welcher dem Empfänger am nächsten ist soll gewählt werden und die dazu hinterlegte Audio Datei muss über den Bone Conductor abgespielt werden. 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, 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

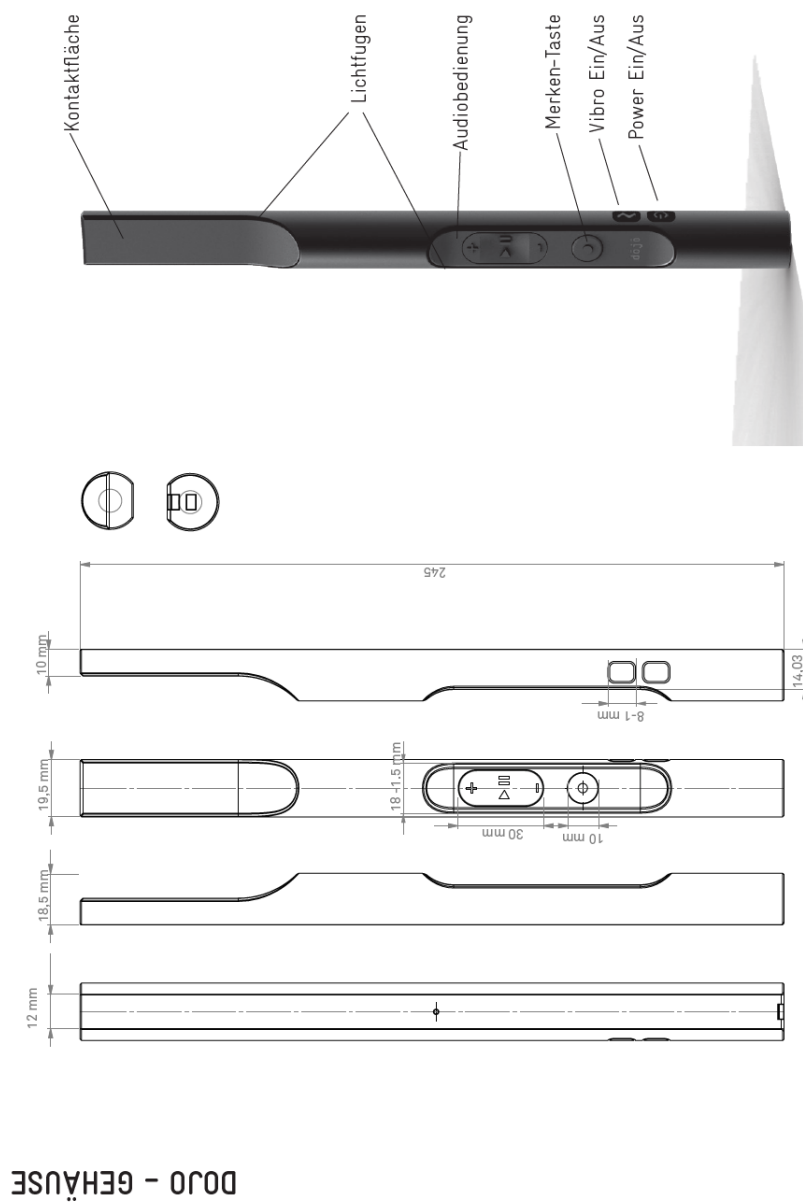


Abbildung 3.1

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
Gesamtpreis:						141.36	