

BACHELORARBEIT

zur Erlangung des akademischen Grades

„Bachelor of Science in Engineering“ im Studiengang

Smart Homes and Assistive Technologies

Entwicklung und Evaluierung eines Geräts zum Aufspüren verlorener Gegenstände mittels Bluetooth-Beacons für Menschen mit Sehbehinderung

Ausgeführt von: Katharina Weiss
Personenkennzeichen: sa19b023

1. BegutachterIn: Martin Deinhofer, MSc

Wien, 17.01.2022

Eidesstattliche Erklärung

„Ich, als Autor / als Autorin und Urheber / Urheberin der vorliegenden Arbeit, bestätige mit meiner Unterschrift die Kenntnisnahme der einschlägigen urheber- und hochschulrechtlichen Bestimmungen (vgl. Urheberrechtsgesetz idgF sowie Satzungsteil Studienrechtliche Bestimmungen / Prüfungsordnung der FH Technikum Wien idgF).

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig angefertigt und Gedankengut jeglicher Art aus fremden sowie selbst verfassten Quellen zur Gänze zitiert habe. Ich bin mir bei Nachweis fehlender Eigen- und Selbstständigkeit sowie dem Nachweis eines Vorsatzes zur Erschleichung einer positiven Beurteilung dieser Arbeit der Konsequenzen bewusst, die von der Studiengangsleitung ausgesprochen werden können (vgl. Satzungsteil Studienrechtliche Bestimmungen / Prüfungsordnung der FH Technikum Wien idgF).

Weiters bestätige ich, dass ich die vorliegende Arbeit bis dato nicht veröffentlicht und weder in gleicher noch in ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt habe. Ich versichere, dass die abgegebene Version jener im Uploadtool entspricht.“

Wien,

Ort, Datum

Unterschrift

Kurzfassung

Um Menschen mit Beeinträchtigung den Alltag zu erleichtern, gibt es viele Hilfsmittel und Ideen, z.B. Braille-Tastaturen, Farbfiltereinstellungen bei diversen Betriebssystemen oder auch Scanner, die geschriebene Texte vorlesen können. Dieses Projekt hat als Zielgruppe sehbeeinträchtigte Menschen und soll ihnen helfen verlorene Gegenstände wieder zu finden. Das Bluetooth-Finding-Device sucht über ein Bluetooth-Signal nach gekoppelten Bluetooth-Beacons. Bei erfolgreichem Scan wird der Received Signal Strength Indicator (RSSI) Wert ausgelesen und die Distanz zwischen Box und Beacon berechnet. Über einen Piezoschallwandler wird dann ein Signal erzeugt, das die Distanz in Metern wiedergibt. Am Ende der Arbeit wurde getestet, wie gut sich der RSSI-Wert für die Distanzmessung eignet und ob dieses Device für die Zielgruppe auch einen Nutzen mit sich bringt. Die Distanz über den RSSI Wert zu berechnen ist teilweise sehr unzuverlässig und auch sehr vom verwendeten Bluetooth-Beacon abhängig. Dadurch sinkt auch die Nützlichkeit des Gerätes für die Zielgruppe.

Schlagwörter: BLE, RSSI, Bluetooth-Beacon, Verlorene Gegenstände

Abstract

There are many tools and ideas to make everyday life easier for people with disabilities. Braille keyboards, colour filter settings for various operating systems or scanners that can read out loud written text to name a few of them. The target group of this project are people with visually impairments. The project should help people to find lost objects again. The Bluetooth finding devices uses a Bluetooth signal to search for paired Bluetooth-Beacons. If the scan is successful, the Received Signal Strength Indicator (RSSI) value is read and the distance between the box and the beacon is calculated with the RSSI value. A piezoelectric buzzer generates a sound that indicates the distance in meters. At the end of the work, it is tested how well the RSSI value is suitable for distance measurement and whether this device is also useful designed for the target group. Calculating the distance using the RSSI value is sometimes very unreliable and very dependent on the Bluetooth beacon used. This also reduces the usefulness of the device for the target group.

Keywords: BLE, RSSI, Bluetooth-Beacon, Anti-Loss

Danksagung

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	8
1.1	Motivation/Problemstellung	8
1.2	Ziel	8
1.3	State of the Art	8
2	Theorie Bluetooth	10
2.1	Bluetooth Low Energy	10
2.1.1	GAP	10
2.1.2	GATT	11
2.1.3	Beacon	11
2.1.4	RSSI	11
3	Projekt Suchgerät	12
3.1	Software	12
3.1.1	IDE	12
3.1.2	API	12
3.1.3	Client	12
3.1.4	Distanz	12
3.1.5	Tonsignal mit Piezoschallwandler	12
3.2	Hardware	13
3.2.1	ESP32 und elektronische Bauteile	13
3.2.2	3D-Modellierung und Druck	13
3.2.3	Bluetooth-Beacon	16
3.3	Fertiges Device	18
3.3.1	Handhabung	18
4	Evaluierung	19
4.1	Evaluierung Distanzmessung	19
4.2	Evaluierung Usability	19
5	Ergebnisse und Diskussion	21
5.1	Ergebnisse und Diskussion Distanzmessung	21
6	Schlussfolgerung	22

7	Future Work	23
8	Literaturverzeichnis	24
	Abbildungsverzeichnis	25
	Abkürzungsverzeichnis	26

1 Einleitung

1.1 Motivation/Problemstellung

Den meisten Menschen ist es schon einmal passiert, dass sie wichtigen Dinge verlegt haben. Gefühlt passiert dies besonders dann, wenn die Zeit schon besonders knapp scheint. Um dieses Problem zu lösen, gibt es eine bereits gute Lösung. Angefangen bei den Apple AirTags bis hin zu günstigen No-Name Produkten, welche als Schlüsselfinder oder ähnliches fungieren. Die meisten dieser Produkte sind ähnlich konzipiert, ein kleiner, etwa münzgroßer Anhänger wird an wichtige Gegenstände, wie Schlüssel, Geldbörse oder auch einem Hundehalsband, angebracht. Diese Geräte werden auch als Bluetooth-Beacon bezeichnet. Über eine App können diese Anhänger dann geortet werden. Im besten Fall zeigt die App auf dem Bildschirm an, wie nah man dem gesuchten Anhänger ist.

Doch was ist, wenn man nicht in der Lage ist ein Smartphone vollumfassend zu bedienen oder gar keines besitzt? Vor allem sehbeeinträchtigte Menschen sind hier zu beachten. Zwar gibt es inzwischen auf den meisten Smartphones auch Screenreader, das heißt jedoch nicht, dass die dazugehörige App auch barrierefrei konzipiert ist und mit den erwähnten Screenreadern nutzbar ist. Auch die Bedienung ohne haptisches Feedback am Smartphone fällt schwer, wenn der Sehsinn beeinträchtigt oder nicht vorhanden ist. Deshalb ist das Ziel dieser Arbeit, ein Gerät zu entwickeln, das unsere Welt ein klein wenig inklusiver macht und die Erfindung der Beacons auch sehbeeinträchtigten Menschen gänzlich zugänglich macht.

1.2 Ziel

Das Gerät soll die bereits entwickelten und auf dem Markt verfügbaren Bluetooth-Beacon finden und über eine Tonausgabe angeben, wie nah man dem gesuchten Bluetooth-Beacon ist. Dabei ist es wichtig, die Bedienung des Gerätes so einfach wie möglich zu halten und auch für blinde Menschen zugänglich zu gestalten. Es ist ebenfalls geplant die Tonausgabe so zu konzipieren, dass sie möglichst einfach und intuitiv zu verstehen ist. Die Bluetooth-Beacon sollen auf den Meter genau in einer Wohnung lokalisiert werden können. Eine weitere Anforderung an das Gerät ist, dass es möglichst energiesparend und auch portabel sein soll.

1.3 State of the Art

Es gibt bereits einige Geräte auf dem Markt, die auf verschiedenste Art und Weise, z.B. über Wi-Fi oder GPS, gefunden werden können. 2017 haben T. Pavithra und K. Sreenivasa Ravi vom Department of ECM der KL University in Guntrur, Indien, eine Arbeit verfasst, welche sich mit der Thematik befasst, wie diese Schlüsselfinder möglichst energiesparend gefunden werden können. Hierfür wurde ein Bluetooth Modul, auf dem Bluetooth Low Energy (BLE) Standard, verwendet und eine Smartphone App, um das Modul zu finden. Das zu findende Modul ist hierbei so lange in einem Energiesparenden „Sleep“ Modus, bis eine Verbindung von der Smartphone App aus aufgebaut wird. Hierbei wurde festgestellt, dass durch die Verwendung des BLE Standards die eigentliche Verbindungszeit zwischen den beiden Geräten auf einige wenige Millisekunden beschränkt werden kann und damit auch enorm

Energie eingespart wird. [1] Für Bluetooth Beacons empfiehlt sich also Bluetooth Low Energy, um deren Batterien möglichst zu schonen, damit sie im Falle des Verlustes noch auffindbar sind.

Die Distanzmessung von BLE Geräten wird oft mittels des Received Signal Strength Indicator (RSSI) gemessen. Eine Studie der National Taipei University of Technology in Taiwan hat die Verlässlichkeit dieses Wertes mit den aktuellen BLE Standard getestet. Hierbei ist aufgefallen, dass die Meterdistanz über den RSSI Wert berechnet werden kann. Allerdings kann der Wert von Umwelteinflüssen verfälscht werden und zu fehlerhaften Ergebnissen führen. Wie gut die Distanzmessung mit RSSI funktioniert, ist demnach von den Umweltfaktoren abhängig. [2]

2 Theorie | Bluetooth

2.1 Bluetooth Low Energy

Bluetooth Low Energy wurde 2009 von der Bluetooth Special Interest Group (Bluetooth SIG) vorgestellt. Die Technologie wurde entwickelt, um möglichst energiesparend mit Bluetooth arbeiten zu können. Daten können über 40 Kanäle im unlizenzierten 2,4-GHz-ISM-Frequenzband übertragen werden. Es ist sowohl Punkt-zu-Punkt als auch Broadcast Kommunikation möglich. Auch für Mesh-Netzwerke kann Bluetooth Low Energy verwendet werden. [3] Eine Übersicht zu den Funktionalitäten von Bluetooth Classic (links), welches auf Punkt zu Punkt Verbindungen setzt, und Bluetooth Low Energy (rechts), was mehr Funktionen ermöglicht, finden sich in Abbildung 1 Bluetooth Low Energy und Bluetooth Classic Abbildung 1.

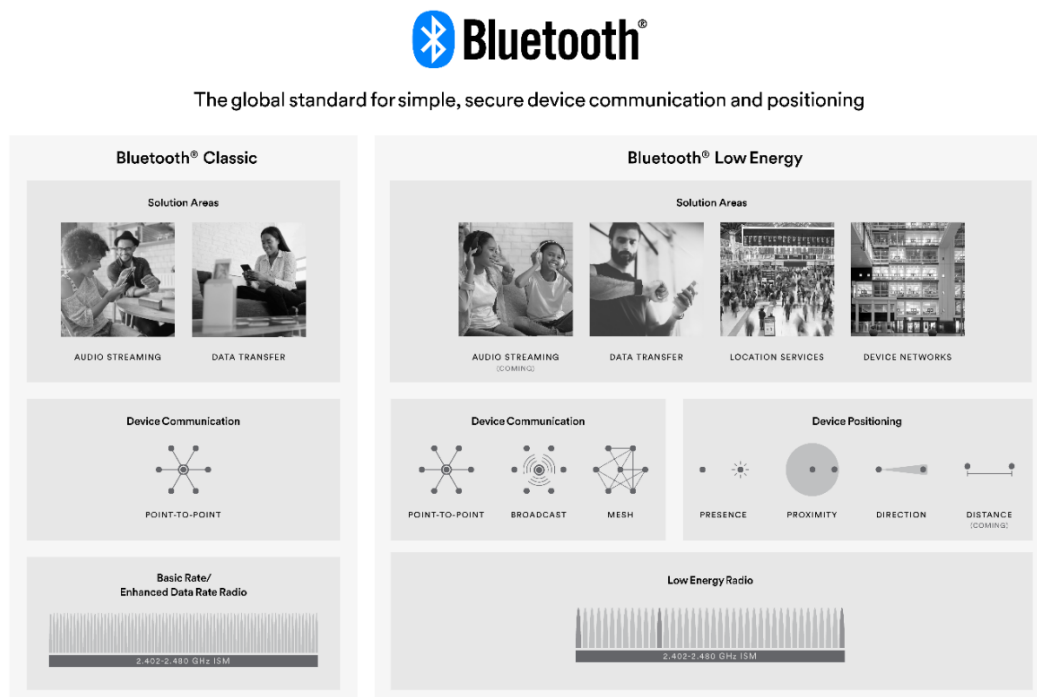


Abbildung 1 Bluetooth Low Energy und Bluetooth Classic [3]

2.1.1 GAP

Die zwei fundamentalen Spezifikationen um mit Bluetooth Low Energy (BLE) arbeiten zu können sind das Generic Access Profile (GAP) und das Generic Attribute Profile (GATT). Diese beiden Profile sind in der BLE Spezifikation definiert und ermöglichen die Zusammenarbeit von Bluetooth Geräten verschiedener Hersteller. GAP befasst sich hierbei vor allem mit der Thematik, wie Verbindungen zustande kommen, wie Sicherheitsebenen verwaltet werden, wie sich Geräte gegenseitig finden können und eine Verbindung aufbauen können. Es ist die oberste Kontrollschicht im BLE Modell. [4]

2.1.2 GATT

Das Generic Attribute Profile befasst sich mit der Thematik, wie Daten zwischen BLE Geräten ausgetauscht werden können. Es definiert eine Basis für das Datenmodell, wie das Prozedere aussieht, um andere Geräte zu finden und deren Daten sowohl zu lesen als auch zu schreiben sowie Daten auszutauschen. Es ist die oberste Datenschicht im BLE Modell. [4]

2.1.3 Beacon

Ein Bluetooth Beacon ist ein kleines, etwa münzgroßes Gerät, das als Server fungiert. Es sendet in regelmäßigen Abständen Signale. Diese Signale können dann vom Client erkannt und verarbeitet werden. Über GAP können auch verschiedene Services über die Universally Unique Identifier (UUID) angesprochen werden. Hierbei handelt es sich um eine, im BLE Bereich 16 Bit große, Zahl, welche genutzt wird, um Attribute eindeutig zugänglich zu machen. Es gibt Listen, in denen gängige Services und Daten bereits feste UUIDs zugewiesen haben. Es besteht aber auch die Möglichkeit eigene Services zu schreiben. Ein Beispiel hierfür wäre der Batterieladezustand. Dieser wird mit der Service UUID für „battery level“ 0x180F gefunden und der eigentliche Wert wird dann über die „battery level characteristic“ UUID 0x2A19 abgerufen. [4]

2.1.4 RSSI

Der RSSI-Wert gibt die Signalstärke wieder. Je weiter das gesuchte Gerät entfernt ist, desto schwächer wird das Signal. Der RSSI – Wert wird als negativer dBm Wert angegeben. Der RSSI Wert sollte umgekehrt proportional zu der Distanz im Quadrat sein. Durch Gegenstände, Rauschen oder andere Signale kann es jedoch sehr leicht zu Störungen des Bluetooth Signals und somit zu Abweichungen des RSSI Wertes kommen.

3 Projekt | Suchgerät

3.1 Software

3.1.1 IDE

Für die Erstellung des Codes wurde die Arduino IDE genutzt und die Dateien als Arduino eigene .ino Dateien abgespeichert. Die IDE bietet ebenfalls die Möglichkeit den Code zu kompilieren und direkt auf den, mit dem Computer verbundenen, Mikrocontroller aufzuspielen.

3.1.2 API

Als Basis für den Code wurde die von Espressif bereitgestellte API für den ESP32 verwendet. Espressif stellt hierbei das „Espressif IoT Development Framework“ esp-idf, inklusive Beispiele und Dokumentation, zur Verfügung. Die API ist explizit für die Entwicklung von Programmen für den ESP32 ausgelegt. Der Code ist in C/C++ geschrieben und beinhaltet bereits einige fertige Konstrukte, um Bits auf dem Mikrocontroller richtig zu setzen und dadurch z.B. einen Timer zu aktivieren oder den Bluetooth Low Energy Mode zu verwenden. [5]

3.1.3 Client

Für die Anwendung wird das Gerät als Bluetooth Client konfiguriert, um nach Bluetooth-Beacons zu scannen, welche als Server fungieren. Hierbei wird über Bluetooth Generic Attributes (GATT) die MAC-Adresse der gefundenen Bluetooth Geräte ausgelesen und mit einer abgespeicherten MAC-Adresse verglichen. Sobald diese der gefundenen Adresse entspricht, wird der RSSI-Wert ausgegeben.

3.1.4 Distanz

Die Distanzmessung läuft über den RSSI Wert. Dieser wird als negative dBm Zahl ausgegeben. Um daraus die Meter zu berechnen wird folgende Formel benötigt:

$$Distanz = 10^{\left(\frac{TxR - RSSI}{10 * N}\right)}$$

N steht hierbei für den Umweltfaktor, er kann die Werte 2 – 4 annehmen, je nachdem ob die Distanz im freien ohne Interferenzen berechnet wird oder ob mehr zwischen den beiden Geräten ist. TxR gibt die Übertragungsstärke an, also wie hoch der RSSI Wert bei genau 1 m ist. RSSI ist die empfangene Signalstärke.

3.1.5 Tonsignal mit Piezoschallwandler

Für die Tonausgabe wird ein passiver Piezoschallwandler verwendet, an den ein Rechtecksignal über den Mikrocontroller gesendet wird. Hierbei können über Dauer und Frequenz verschiedene Tonabfolgen erstellt werden. Dies wird über Intervalle festgelegt und für die einzelnen Noten wird die notes.h Datei von Arduino verwendet. [6]

3.2 Hardware

3.2.1 ESP32 und elektronische Bauteile

Als Haupthardwaremodul wird ein Developmentboard von Sparkfun namens „ESP32 Thing“ verwendet. Dieses hat zusätzlich zu dem Mikrocontroller noch einen USB-Anschluss sowie einen Anschluss für einen LiPo-Akku. Außerdem ist bereits eine Ladelogik integriert, sodass ein verbundener Akku, über den USB-Anschluss, geladen werden kann. Außer dem Board werden noch 3 Buttons, 1 passiver Piezoschallwandler und ein Schiebeschalter verwendet. Die 3 Buttons sind als Input mit den PINs 18, 22 und 23 verbunden und der Buzzer auf PIN 4.

3.2.2 3D-Modellierung und Druck

Das 3D Modell wird mithilfe von FreeCAD erstellt und als .slt Datei abgespeichert. Anschließend wurde mit dem Programm Cura der G-Code für den 3D-Drucker Anycubic i3 Mega S erstellt und das Gehäuse gedruckt. Das 3D-Modell ist in den Abbildungen: Abbildung 2 (Oberteil des Gehäuses), Abbildung 3 und Abbildung 4 (Unterteil des Gehäuses), zu sehen. Die Braille Beschriftung wurde mit dem Braillegenerator der „Regionalen Wissensdrehscheibe für Barrierefreie Technologien“ erstellt. [7]

Das fertige Unterteil des Gehäuses ist in Abbildung 5 zu sehen und in Abbildung 6 ist zu erkennen, wie das mit der Hardware im Gehäuse aussieht. Die Lochplatte wird dann auf den 3 Säulen über dem Developmentboard, Akku und Buzzer platziert. Auf der Oberseite der Lochplatte sind die 3 Buttons angebracht. Durch die Lösung mit der Lochplatte können die Buttons nicht verrutschen und bieten auch genügend Widerstand, um gedrückt werden zu können. Abbildung 7 zeigt die fertige Platte für die Oberseite des Gehäuses, die bereits über die Buttons gestülpt ist. Das fertige Projekt mit allen Bedienelementen ist in Abbildung 11 zu sehen.

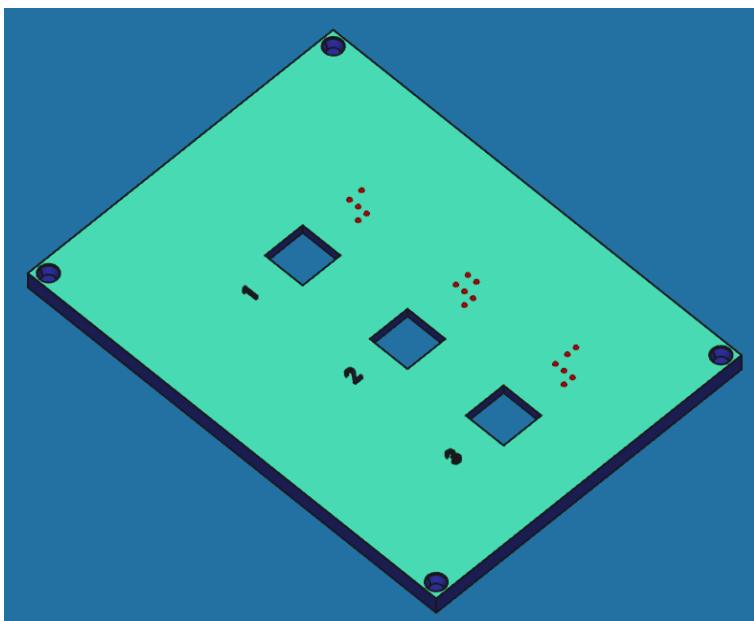


Abbildung 2 Gehäuse Oberteil mit Braille Beschriftung

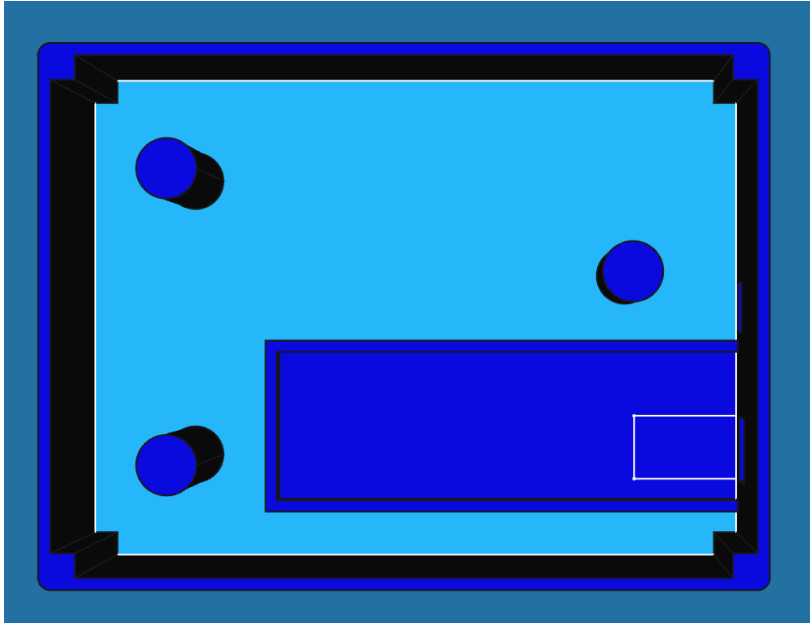


Abbildung 3 Gehäuse Unterteil mit Säulen für die Lochplatte und Aussparung für das Developmentboard

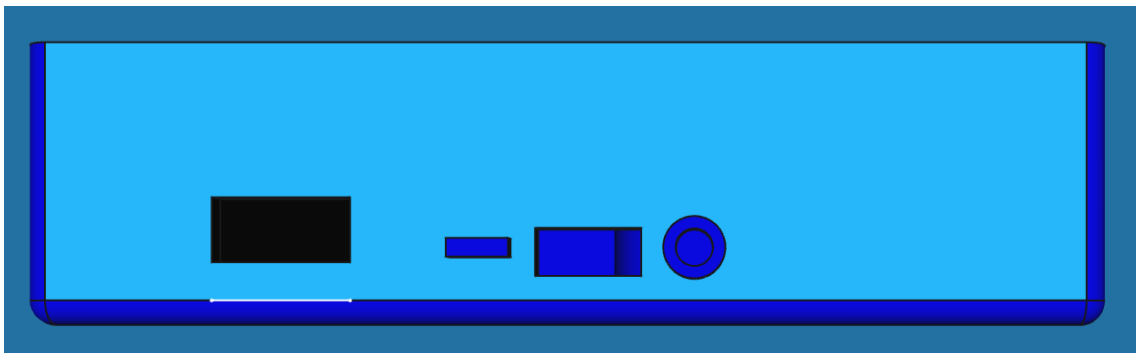


Abbildung 4 Gehäuse Unterteil Vorderseite mit Aussparung für den USB-Anschluss sowie An-/Ausschalter



Abbildung 5 Gedrucktes Unterteil des Gehäuses

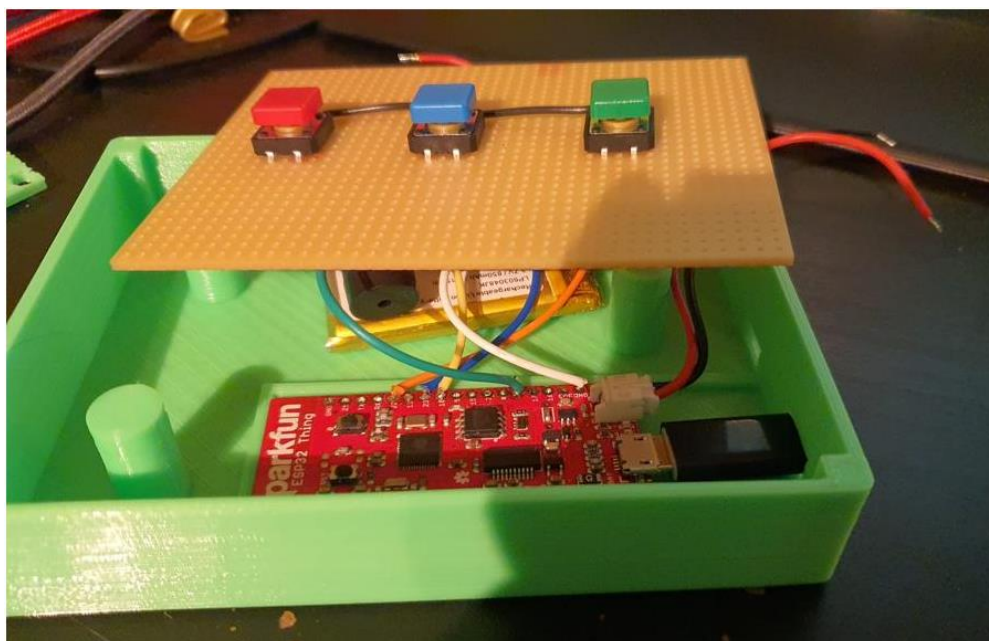


Abbildung 6 Gedrucktes Unterteil mit Developmentboard, Lochplatte, Akku, Buzzer und den 3 Buttons

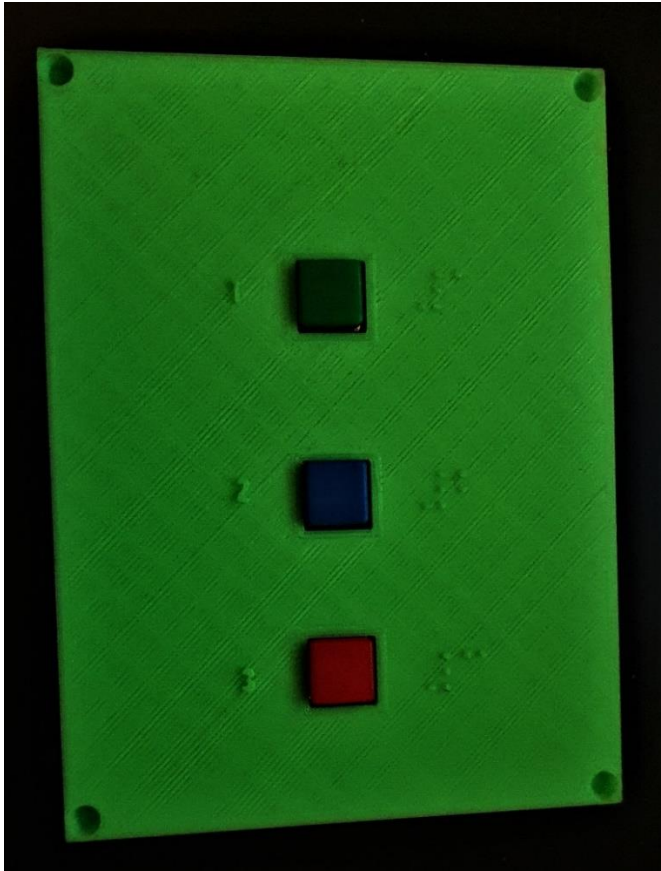


Abbildung 7 Gedrucktes Gehäuse Oberteil mit Beschriftung als Relief, Braille und 3 Buttons

3.2.3 Bluetooth-Beacon

Um möglichst diverse Bluetooth-Beacon mit dem Gerät zu testen, wurden folgende 3 Beacons während der Entwicklung des Gerätes verwendet:

1. **MetaWear C von MbientLab**

Die amerikanische Firma MbientLab bietet kleine Bluetooth Sensor-Geräte an, die für die Entwicklung, Forschung und Prototypen gedacht sind. Dementsprechend finden sich neben den Hardwareelementen auf der Website auch OpenSource Software und diverse Anleitungen. Es wäre bei diesem Beacon auch möglich eigene Software aufzuspielen. Der Beacon hat kein Gehäuse. Mit der App „MetaWear“ ist es auch möglich Informationen wie den Temperaturwert auszulesen, oder auch Werte zum Beacon zu schicken und so die interne LED in anderen Farben aufleuchten zu lassen. Des Weiteren bietet dieser Beacon auch ein Accelerometer, wodurch auch die Möglichkeit besteht Raumorientierung und Bewegung festzustellen. Außerdem gibt es auch noch die Möglichkeit die GPIO Pins an der Unterseite anzusteuern.

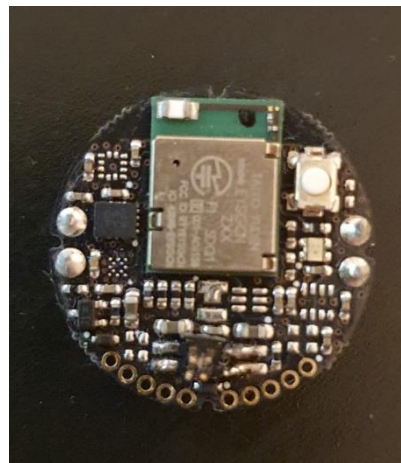


Abbildung 8 MetaWearC Beacon

2. Keeper von Gigaset

Dieser Bluetooth-Beacon wird von der Firma Gigaset vermarktet und liegt im mittleren Preissegment. Die deutsche Firma ist primär in der Telefon und Telekommunikationsbranche tätig, bietet additiv dazu aber auch einige Smarte Geräte an. Der Bluetooth-Beacon kommt in einem festen Gehäuse, das sich nicht einfach öffnen lässt. Ein Batterietausch, ohne passendes Werkzeug, ist also nicht möglich. Über die herstellereigene App „Keeper“, kann der Bluetooth-Beacon in einen Pairing Modus gebracht werden und daraufhin auch gesucht werden. Dieser Beacon bietet die Möglichkeit sowohl ein LED-Signal als auch ein Tonsignal von sich zu geben. In der App wird außerdem noch angezeigt, ob der Beacon überhaupt in Reichweite ist und wie der Akkustand der Batterie ist.



Abbildung 9 Keeper Beacon

3. Bluetooth Tracker Key von NICALVY

Dieser Bluetooth-Beacon kommt aus China und ist im unterem Preissegment angesiedelt. Der Beacon kommt ebenfalls mit Gehäuse und die Batterie lässt sich einfach über ein Batteriefach wechseln. Dieser Beacon hat ebenfalls die Möglichkeit sowohl ein Licht und Tonsignal von sich zu geben und kann auch ausgeschaltet werden. Anders zum Keeper Beacon jedoch, gibt dieser Beacon dann ein Tonsignal von sich, wenn er von der App getrennt wird. Auch hier gibt es wieder eine herstellereigene App namens „kindelf“, in der alle Beacons als „iTag“ gelistet sind und auch die Entfernung abgelesen werden kann.



Abbildung 10 NICLVY Beacon

3.3 Fertiges Device



Abbildung 11 Fertiges Projekt in der Vorderansicht

3.3.1 Handhabung

Um das Gerät einzuschalten, muss der Schiebeschalter auf „ON“ geschoben werden. Nach einem kurzen Willkommens-Signal kann der User über die 3 Buttons auswählen, welchen Beacon er suchen möchte. Alle Buttons und Schalter sind mittels Reliefs beschriftet. Sobald der gesuchte Beacon gefunden wurde, wird die Distanz in Metern als Ton-Signal ausgegeben. Die Anzahl der Töne entspricht hierbei der Distanz in Metern. Eine Distanz unter einem Meter kann nicht wiedergegeben werden. Das Gerät sucht und misst so lange die Distanz, bis ein anderer Button gedrückt oder das Gerät mit dem Schiebeschalter abgeschaltet wurde.

4 Evaluierung

4.1 Evaluierung Distanzmessung

Für die Evaluierung der Distanzmessung wurde zuerst mit dem Meterstab der Abstand von 2 Metern ohne Hindernisse zwischen dem Bluetooth-Beacon und dem Gerät gemessen. Danach wurde das Gerät gestartet und die Messergebnisse in einer Tabelle dokumentiert. Dieser Vorgang wurde für alle 3 verbundenen Bluetooth-Beacons wiederholt. Für diese Messung wurde der Umweltfaktor 2 für die Berechnung der Distanz verwendet sowie der RSSI Wert vorher aus 5 Werten gemittelt. Wie in Abbildung 12 zu sehen, gab es bei einem Beacon enorme Ausreißer, weshalb die maximale Meterdistanz, die über den Buzzer ausgegeben wird auf 30 Meter begrenzt wurde.

```
Verbunden
-80
Distance: 5.623413
-86
Distance: 11.220183
-83
Distance: 7.943282
-105
Distance: 100.000000
-86
Distance: 11.220183
-84
Distance: 8.912509
-98
Distance: 44.668358
-110
Distance: 177.827942
-87
Distance: 12.589254
-103
Distance: 79.432816
-107
Distance: 125.892517
```

Abbildung 12 Distanz und RSSI Werte des Bluetooth-Beacons von NICLVY

4.2 Evaluierung Usability

Für die Evaluierung der Usability wurde ein Fragebogen erstellt, der sich nach den Vorgaben des System Usability Scale (SUS) richtet. Die Testpersonen konnten hierbei das Gerät ausgiebig ausprobieren und haben im Anschluss den Fragebogen ausgefüllt. SUS wurde verwendet, weil es einfach und schnell anwendbar ist, sowie ausgiebig getestet wurde.

Erwartet:

Aufgrund der Ungenauigkeit und der fehlenden Richtung wäre es vermutlich besser, bei Auffinden des Beacons, den Beacon und nicht das Finding-Device Tonsignale ausgeben zu lassen. Dies ist allerdings nicht mit allen Beacons möglich.

5 Ergebnisse und Diskussion

5.1 Ergebnisse und Diskussion Distanzmessung

Messung	Blaue Pfote (NICLVY)	MetaWearC (MbientLab)	Keeper (Gigaset)
1	7	10	4
2	7	4	4
3	1	15	8
4	1	9	4
5	8	16	6
6	3	7	4
7	27	10	8
8	3	9	5
9	4	8	4
10	18	10	3

Abbildung 13 Ergebnisse erste Distanzmessung

Wie in Abbildung 13 zu sehen ist, kommen bei den Bluetooth-Beacons bei einem Abstand von 2 Metern, sehr unterschiedliche Messwerte heraus. Während bei den ersten beiden sehr große Unterschiede gemessen wurden und auch alle Messwerte über 30 Meter verworfen wurden, konnten beim letzten Beacon zumindest halbwegs konstante Werte erzielt werden. Die Berechnung der Distanz ist von den Werten des Umweltfaktors, der tatsächlichen Übertragungsstärke und der Transission Power abhängig. Wenn die Abweichung wie bei der letzten Messung konstant ein bisschen Zuviel ist, könnte das auch daran liegen das eine feste Transission Power im Code hinterlegt ist, die für dieses Gerät unpassend ist. Außerdem kann auch noch der Umweltfaktor erhöht werden, um Störfaktoren wie Wände oder andere technische Geräte wie Mikrowellen, die Störungen verursachen, auszugleichen. Wie gut die tatsächliche Signalstärke ist, unterscheidet sich jedoch von Gerät zu Gerät und ist zusätzlich noch oft vom Batterielevel abhängig.

6 Schlussfolgerung

Wie gut die Beacons aufgefunden werden können ist nicht nur vom suchenden Gerät, sondern auch von den verwendeten Bluetooth-Beacons abhängig. Um dieses Gerät Usern zur Verfügung zu stellen, wäre es auf jeden Fall notwendig vorher diverse in frage kommende Bluetooth-Beacons zu testen, ob diese die nötigen Parameter mit senden und kompatibel sind. Aufgrund dieses Tests könnte dann eine Liste kompatibler Beacons erstellt werden. So wie das Gerät momentan konzipiert ist, ist es jedoch für die Zielgruppe nur sehr bedingt brauchbar.

7 Future Work

Das Projekt bietet noch viel Spielraum für Verbesserungsmöglichkeiten. Die Distanzmessung ist nicht sehr präzise und es fehlt zudem die Information in welcher Richtung sich das Gerät befindet. Vor allem von Seiten der Bluetooth SIG finden sich regelmäßig neue Projekte, die sich genau mit dieser Thematik, also wie kann die Distanz noch präziser, am Besten mit Richtungsangabe, bestimmt werden, beschäftigt. [8] Zudem wäre es für zukünftige Projekte wünschenswert auch die Beacon zu programmieren und damit die gesendeten Parameter zu bestimmen. Hierbei könnten dann auch Tonausgaben von Beacon Seite aus erfolgen, oder auch Bewegungs- und Temperaturdaten ermittelt werden. Auch bei der Usability ist noch viel Luft nach oben. Es könnten noch andere Tonvarianten eingebracht werden, ein Standard entwickelt werden, der Weltweit einheitlich ist für „Ein“, „Aus“ oder „leerer Akku“. Außerdem könnte noch getestet werden, ob Braille als 3D Druck genauso gut lesbar ist, wie Brailleschrift, die von einem Braille Drucker generiert worden ist.

8 Literaturverzeichnis

- [1] [1] [2] T. P. a. K. S. Ravi, „Anti-Loss Key Tag Using Bluetooth Smart,“ *Indian Journal of Science and Technology*, Bd. 10, Nr. 4, 2017.
- [3] [2] [4] C.-Y. H. C.-A. L. P.-T. L. H.-W. L. u. S.-H. L. Ramiro Ramirez, „A Practice of BLE RSSI Measurment for Indoor Positioning,“ *Sensors*, 2021.
- [5] [3] [6] Bluetooth SIG, „Bluetooth,“ [Online]. Available: <https://www.bluetooth.com/>. [Zugriff am 05 12 2021].
- [7] [4] [8] C. C. A. a. R. D. Kevin Townsend, *Getting Started with Bluetooth Low Energy*, United States of America: O`Reilly Media Inc., 2014.
- [9] [5] [10] Espressif, „Espressif,“ [Online]. Available: <https://docs.espressif.com/projects/esp-idf/en/latest/esp32/index.html>. [Zugriff am 05 12 2021].
- [11] [6] [12] Arduino, „Arduino,“ Arduion Ag, [Online]. Available: <https://www.arduino.cc/en/Tutorial/BuiltInExamples/toneMelody>. [Zugriff am 14 1 2022].
- [13] [7] [14] FH Technikum Wien, Stadt Wien, „Regionale Wissensdrehscheibe für Barrierefreie Technolgien,“ [Online]. Available: <https://wbt.wien/online-tools/braillegenerator>. [Zugriff am 14 01 2022].
- [15] [8] [16] Bluetooth SIG, „bluetooth,“ [Online]. Available: <https://www.bluetooth.com/de/specifications/in-development/>. [Zugriff am 14 1 2022].
- [17] [9] [18] D. K. C. B. Joonyoung Jung, „Distance Estimation of Smart Device using Bluetooth,“ in *The Eight Internation Converence on Systems and Networks Communications*, Deajeon, Korea, 2013.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Bluetooth Low Energy und Bluetooth Classic [3].....	10
Abbildung 2 Gehäuse Oberteil mit Braille Beschriftung	13
Abbildung 3 Gehäuse Unterteil mit Säulen für die Lochplatte und Aussparung für das Developmentboard	14
Abbildung 4 Gehäuse Unterteil Vorderseite mit Aussparung für den USB-Anschluss sowie An-/Ausschalter	14
Abbildung 5 Gedrucktes Unterteil des Gehäuses	15
Abbildung 6 Gedrucktes Unterteil mit Developmentboard, Lochplatte, Akku, Buzzer und den 3 Buttons.....	15
Abbildung 7 Gedrucktes Gehäuse Oberteil mit Beschriftung als Relief, Braille und 3 Buttons	16
Abbildung 8 MetaWearC Beacon	17
Abbildung 9 Keeper Beacon	17
Abbildung 10 NICLVY Beacon.....	18
Abbildung 11 Fertiges Projekt in der Vorderansicht	18
Abbildung 12 Distanz und RSSI Werte des Bluetooth-Beacons von NICLVY	19
Abbildung 13 Ergebnisse erste Distanzmessung.....	21

Abkürzungsverzeichnis

SIG	Special Interest Group
BLE	Bluetooth Low Energy
GATT	Generic Attribute Profile
GAP	Generic Access Profile
UUID	Universal Unique Identifier