

# Multi-Room Sound Adapter

Nico Lang, Philipp Immler

Februar 2025



# 1 Projekt

## 1.1 Projektteam

### **Nico Lang**

Wirtschaftsingenieure/Betriebsinformatik  
Grießau  
6651 Häselgehr AT  
Nico.Lang@hak-reutte.ac.at

### **Philipp Immler**

Wirtschaftsingenieure/Betriebsinformatik  
Hoheneggweg 21a  
6682 Vils AT  
Philipp.Immler@hak-reutte.ac.at

## 1.2 Eidesstattliche Erklärung

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen Hilfsmittel als die angegebenen benützt habe. Die Stellen, die anderen Werken (gilt ebenso für Werke aus elektronischen Datenbanken oder aus dem Internet) wörtlich oder sinngemäß entnommen sind, habe ich unter Angabe der Quelle und Einhaltung der Regeln wissenschaftlichen Zitierens kenntlich gemacht. Diese Versicherung umfasst auch in der Arbeit verwendete bildliche Darstellungen, Tabellen, Skizzen und Zeichnungen. Für die Erstellung der Arbeit habe ich auch folgende Hilfsmittel generativer KI-Tools (ChatGPT 3.5) zu folgendem Zweck verwendet: Inspiration und allgemeine Information. Auch Übersetzer (DeepL) wurden zur Hilfe genommen. Die verwendeten Hilfsmittel wurden vollständig und wahrheitsgetreu inkl. Produktversion und Prompt ausgewiesen.

.....  
Ort, Datum

.....  
Unterschrift Schüler/in

.....  
Unterschrift Schüler/in

### 1.3 Abstract Deutsch

Die vorliegende Diplomarbeit beschäftigt sich mit der Entwicklung eines Multi-Room Sound Adapters. Ein einzelner Adapter besitzt dabei die Funktion, einen Audiostream aus dem Internet auf einen Line-Output auszugeben. So lassen sich die Adapter beispielsweise mit aktiven Lautsprechern per Klinkenkabel verbinden, um so Musik in voneinander getrennten Räumen abzuspielen. Welche Musik in welchem Raum spielt, ist frei konfigurierbar. Dabei erfolgt die Konfiguration per Smartphone-App. Das Endergebnis der Diplomarbeit sind somit der Adapter selbst (physischer Prototyp) und die dazugehörige Smartphone-App.

Die Diplomarbeit lässt sich grob in die drei Teile Planung, Entwicklung und Testen/Fehlerbehebung gliedern.

### 1.4 Abstract English

This diploma thesis deals with the development of a multi-room sound adapter. A single adapter has the function of outputting an audio stream from the Internet to a line output. For example, the adapters can be connected to active speakers via a jack cable in order to play music in separate rooms. Which music plays in which room is freely configurable. The configuration is done via smartphone app. The final result of the thesis is the adapter itself (physical prototype) and the corresponding smartphone app.

The thesis can be roughly divided into three parts: planning, development and testing/troubleshooting.

### 1.5 Danksagung

Wir bedanken uns bei den betreuenden Lehrpersonen Dipl. Ing. Dr. Peter L. Steger und Dipl. Päd. Johannes Köll für die kompetente Unterstützung.

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Projekt</b>	<b>2</b>
1.1	Projektteam . . . . .	2
1.2	Eidesstattliche Erklärung . . . . .	3
1.3	Abstract Deutsch . . . . .	4

1.4	Abstract English . . . . .	4
1.5	Danksagung . . . . .	4
<b>2</b>	<b>Einleitung</b>	<b>7</b>
2.1	Einleitung Hardware . . . . .	7
2.2	Einleitung Software . . . . .	7
<b>3</b>	<b>Planung</b>	<b>8</b>
3.1	Festlegung Funktionsweise . . . . .	8
3.1.1	Was soll das System können? . . . . .	8
3.1.2	Was muss es nicht können? . . . . .	10
3.1.3	Wie könnte man es erweitern? . . . . .	10
3.2	Auswahl Hardwarekomponenten . . . . .	11
3.2.1	Auswahl externe Hardware . . . . .	11
3.2.2	Auswahl interne Hardware . . . . .	12
3.3	Auswahl Technologien . . . . .	14
3.3.1	Protokolle . . . . .	14
3.4	Auswahl Softwaretools . . . . .	15
3.4.1	Einleitung . . . . .	15
3.4.2	Bibliotheken Microcontroller . . . . .	16
3.4.3	Softwaretools Smartphoneapp . . . . .	17
<b>4</b>	<b>Entwicklung</b>	<b>18</b>
4.1	Entwicklung Software Adapter . . . . .	18
4.1.1	Anforderungen . . . . .	19
4.1.2	Programmablauf . . . . .	21
4.1.3	Klassen . . . . .	25

4.1.4	Erweiterungsmöglichkeiten . . . . .	28
4.2	Entwicklung Smartphone-App . . . . .	28
4.2.1	Zielsetzung . . . . .	28
4.2.2	Navigation . . . . .	29
4.2.3	Struktur . . . . .	29
4.2.4	UI Design . . . . .	30
4.2.5	Funktionen . . . . .	30
4.2.6	Aufbau . . . . .	31
4.2.7	Komponenten . . . . .	32
4.2.8	Seiten . . . . .	36
4.3	Design Adaptergehäuse . . . . .	37
4.3.1	Grundsätzlicher Aufbau . . . . .	37
4.3.2	Wärmeableitung . . . . .	38
4.3.3	Virtuelles 3D-Design . . . . .	38
4.4	Fertigung Adaptergehäuse . . . . .	42
4.4.1	Drucken des Prototyps . . . . .	42
4.5	Zusammensetzen des Prototypen . . . . .	43
4.5.1	Schaltplan . . . . .	43
4.5.2	Verdrahten . . . . .	44
4.5.3	Kleben . . . . .	44
<b>5</b>	<b>Testen und Fehlerbehebung</b>	<b>45</b>
5.1	Testen des Gesamtsystems . . . . .	45
5.1.1	Testen des Prototypen . . . . .	45
5.2	auftretende Fehler beheben . . . . .	46
5.3	Test auf Cybersecurity . . . . .	46

5.4	Auftretende Sicherheitslücken schließen . . . . .	46
<b>6</b>	<b>Einzelnachweise</b>	<b>46</b>
6.1	Literaturverzeichnis . . . . .	46
6.2	Abbildungsverzeichnis . . . . .	46
6.3	Anhang . . . . .	47
6.3.1	Code Microcontroller . . . . .	47
6.3.2	Code Smartphoneapp . . . . .	47

## 2 Einleitung

Hier befindet sich die allgemeine Einleitung der Diplomarbeit.

### 2.1 Einleitung Hardware

Das Ziel des Hardware-Teils für folgende Diplomarbeit war, einen sinnvollen internen Aufbau des Geräts zu erzielen, die am besten geeigneten Hardware-Komponenten zu finden, das System bzw. die einzelnen Komponenten zusammenzusetzen und zu testen. Dieser Teil der Diplomarbeit wird von Nico Lang übernommen. Zudem beschäftigt sich dieser Teil mit dem Gehäuse des Geräts und bestimmt die technischen Anforderungen (Schnittstellen), die der Adapter letztendlich haben soll. Bei der Planung soll darauf geachtet werden, möglichst viele Kosten einzusparen, ohne dabei die Faktoren der Sicherheit und Qualität zu vergessen.

### 2.2 Einleitung Software

Das Ziel des Software-Teils für folgende Diplomarbeit war, einerseits die Software des Adapters, andererseits die Software der Smartphoneapp zu entwickeln. Dieser Teil der Diplomarbeit wurde von Philipp Immler übernommen. Die Software des Adapters wird mit der Programmiersprache C++ codiert. Die Software der Smartphoneapp wird mit JavaScript codiert. Bei der Programmierung wurden zahlreiche Bibliotheken und Frameworks verwendet. Dies hat den Vorteil, dass diese schon vorgefertigte Lösungen für bestimmte Probleme bieten und man deshalb nicht alles von Grund auf entwickeln muss.

## 3 Planung

### 3.1 Festlegung Funktionsweise

Beim Festlegen einer grundlegenden Funktionsweise des Adapters stellen sich vor allem folgende Fragen:

#### 3.1.1 Was soll das System können?

Das Hauptziel ist, dass das System in verschiedenen, voneinander getrennten Räumlichkeiten bestimmte Audiosignale auf einen Line-Ausgang abspielen kann.

##### **Line-Ausgang**

Ein Line-Ausgang (Line-Out) ist eine Ausgangs-Schnittstelle für analoge Audiosignale, deren Ausgangsspannung immer grob dem Line-Pegel entspricht. Dieser „Line-Pegel beträgt etwa 0,5 Volt bis 1 Volt“.

Diese geringe Spannung reicht jedoch nicht, um das Audio-Signal auszugeben. Es muss zuerst noch durch einen Verstärker verstärkt werden. Solche Verstärker kommen einzeln also extern der Lautsprecher vor (passive Lautsprecher), sind jedoch häufig in einem Gehäuse mit den Lautsprechern inkludiert (aktive Lautsprecher).

(vgl. <https://www.monacor.de/magazin/audio-pegel>)

##### **Aktive vs. Passive Lautsprecher**

Ein klassisches Beispiel für passive Lautsprecher sind herkömmliche Hi-Fi Stereoanlagen. Diese bestehen meistens aus einem oder mehreren Playern, einem Verstärker und zwei oder mehreren (Surround Sound also Raumklang) passiven Lautsprechern. Der Player liest das Signal (beispielsweise einer CD oder einer Schallplatte) und gibt den Line-Pegel über ein Kabel (im Hi-Fi Bereich meist Cinch oder 3,5mm Klinke) an den Verstärker weiter. Dieser Line-Pegel kann aber auch direkt aus einem TV-Gerät oder wie in unserem Fall aus einem Multi-Room Sound Adapter kommen. Der Verstärker verstärkt das Audiosignal nun von der geringen Spannung des Line-Pegels auf die für die Lautsprecher passende Spannung. Mit dem Lautstärkeregler am Verstärker kann man sich die Spannung (also Lautstärke) letztendlich noch auf persönliche Präferenzen anpassen.

Ein klassisches Beispiel für aktive Lautsprecher sind Bluetooth-Lautsprecher, deren Hauptziel es ist, möglichst kompakt und leicht transportierbar zu sein. Solche Bluetooth-Lautsprecher enthalten im Normalfall einen Akku, um auch unterwegs, ohne aktive Stromquelle, Musik hören zu können. Somit enthält das Gehäuse den Verstärker, die Lautsprecher, den Akku und sonstige Elektronik



wie unter anderem ein Bluetooth-Modul. Hier fungiert meist ein herkömmliches Smartphone als Signalgeber, ob über Bluetooth oder 3,5mm Klinke bleibt dem/der Benutzer/-in überlassen.

Lenovo beschreibt Line-Ausgänge zum Beispiel folgendermaßen: „Der Line-Ausgang unterscheidet sich von anderen Audioausgängen wie z. B. Kopfhörerbuchsen, da er ein Signal mit festem Pegel liefert, das nicht von der Lautstärkeregelung Ihres Geräts beeinflusst wird. Er ist für den Anschluss an Geräte gedacht, die das Audiosignal verstärken oder weiterverarbeiten können.“

Man kann also daraus schließen, dass man das Line-Out Signal des Multi-Room Sound Adapter vor dem Lautsprecher noch verstärken muss. Wie genau, ist dem/der Endverbraucher/-in überlassen.

(vgl. <https://www.lenovo.com/at/de/glossary/line-out>)

### Audioqualität

Zudem ist es wichtig, dass das System den Ton zuverlässig und möglichst flüssig überträgt und ausgibt.

„Das menschliche Ohr ist theoretisch in der Lage, Frequenzen von 20 Hz bis 20 kHz zu hören. Die Obergrenze von 20 kHz nimmt mit dem Alter ab.“

Es gibt drei wichtige Grundgrößen wenn es um Audioqualität geht: Samplerrate, Auflösung und Bittiefe. Jan Baumann hat diese auf seiner Website sehr gut erklärt:

„Die **Samplerate** (Einheit Hz = Hertz) gibt an, wie oft in einer Sekunde der Audio-Pegel erfasst und gespeichert wird. Eine Angabe von 44.100 Hz (44,1 kHz) bedeutet, dass 44.100 Werte für eine Sekunde Musik gespeichert werden. Übliche Sample-Raten sind 44,1 kHz (Musik CD), 48 kHz (Film) und 96 kHz (Tonstudio).“

„Die **Auflösung** (Einheit Bit) gibt an, wie viel Speicher für so einen Sample-Wert genutzt wird. Zum Beispiel erlauben 16 Bit (2-hoch-16) eine Skala von 65.536 Werten für jeden einzelnen Sample-Wert. Wenn wir viel Speicher für einen Wert haben, können wir das Signal also mit mehr Genauigkeit verarbeiten. Übliche Werte sind 16 Bit (Musik CD) oder 24 Bit bzw. 32 Bit im Studio.“

„Die **Bitrate** bzw. Datenrate (kBit/s) wird oft mit der Auflösung verwechselt. Sie steht für die „Bandbreite“ der Audiodatei, also welche Datenmenge in einer Sekunde verarbeitet wird. Für unkomprimierte Formate wie WAV und AIFF berechnet man die Bitrate ganz einfach, indem man die drei Werte von oben multipliziert:“

Mehr zu Audioqualität aber im Teil Auswahl interne Hardware/Digital-/Analogwandler"

(vgl. <https://www.axis.com/dam/public/ad/35/af/einf%C3%BChrung-in-das-thema-audio:-akustik-, -lautsprecher-und-audio-terminologie-de-DE-191125.pdf>)

(vgl. <https://www.baumannmusic.com/de/2012/sampleratehz-und-khz-aufloesung-bit-und-bitrate-kbits/>)

### **Audio-Quellen**

Grundsätzlich kann jeder beliebige Audio-Stream aus dem Internet verwendet werden. Das können beispielsweise Radiosender sein. Ein Beispiel für einen solchen Audio-Stream wäre der, des österreichischen Radio-Senders „OE3“:

<https://orf-live.ors-shoutcast.at/oe3-q2a>

### **Benutzerfreundlichkeit**

Es wird zudem viel Wert auf Benutzerfreundlichkeit gelegt. Das bedeutet, dass sich der Adapter zum einen leicht einrichten lässt, aber auch, dass er sich (mit Hilfe der Smartphone-App) einfach bedienen lässt.

(vgl. (Fachbuch) <https://books.google.de/books?id=UI2INugaKwIC&pg=PA219#v=onepage>)

### **3.1.2 Was muss es nicht können?**

Dieser Multi-Room Sound Adapter soll als Hi-Fi Produkt für den klassischen Durchschnittsbürger und/oder Musik-Liebhaber durchgehen. Aufgrund dessen wurde die Bedienung sehr einfach und benutzerfreundlich, jedoch eindeutig nicht so präzise oder vielfältig einstellbar gestaltet wie es bei professionellem Audio-Equipment der Fall ist. Während der Laie das Produkt einfach anstecken und benutzen möchte, hätte ein Audio-Nerd gerne noch einen eingebauten Acht-Band Equalizer und vieles mehr. Das war jedoch nicht das Ziel dieser Diplomarbeit. Es ging eher darum, die Hauptfunktion, also Ton kabellos in Räume zu übertragen, und Einstellungsmöglichkeiten per App ohne großes Kopfzerbrechen zu ermöglichen.

Wie schon oben erwähnt liefert der Multi Room Sound-Adapter nur einen Audioausgang mit Line-Pegel und es ist ihm nicht möglich, dieses zu verstärken. Man kann also keine Kopfhörer über 80 Ohm direkt an das Gerät anschließen (man kann theoretisch schon, aber der Ton wird sehr leise sein). Das Audiosignal muss also zuerst mit einem Verstärker verstärkt werden.

### **3.1.3 Wie könnte man es erweitern?**

Unsere Variante des Multi-Room Sound Systems zeichnet sich vor allem durch die beliebige Erweiterbarkeit aus. In der Theorie soll es ein einzelnes Modell, also den Adapter selbst geben. Mit jedem weiteren Adapter kann dementsprechend ein weiterer Lautsprecher oder ein Raum zugefügt werden. In Zukunft wäre es auch vorstellbar, dass man aus mehreren Adaptern Gruppen bilden kann, in

denen die Adapter synchronisiert sind und somit der gleiche Audio-Stream auf mehreren Adaptern synchron läuft. Dies ist aber technisch sehr aufwendig, da die Latenz von WiFi ziemlich hoch ist.

## **3.2 Auswahl Hardwarekomponenten**

Zur Auswahl der Hardwarekomponenten des Adapters wurde zu aller erst die externe Ausstattung des Adapters überlegt. Das bedeutet praktisch alles, mit dem ein Endverbraucher letztendlich zu tun hat. Dann kann der interne Teil, also die Technik dahinter, individuell auf die Anforderungen des externen Teils designed und entwickelt werden.

### **3.2.1 Auswahl externe Hardware**

Der Adapter sollte ein möglichst kompakt konstruiertes und stabiles Gehäuse bekommen. An diesem ist ein einfacher Taster zur Interaktion angebracht. Mit dem Taster sind einige Funktionen des Adapters ermöglicht. Beispielsweise per Klick, Doppelklick oder kurzem Halten. Da sich die Aufgaben des Tasters selbst gering halten (Verbindungsvorgang, Ein- und Ausschalten, ...) wurde nur ein einziger Taster verwendet, um die Komplexität des Gesamtsystems zu senken. Die weitaus komplizierteren Funktionen wurden alle samt in der Smartphone-Applikation ermöglicht. Zusätzlich wurde eine RGB-Leuchtdiode zur Statusanzeige verbaut, um beispielsweise den aktuellen Verbindungsstatus zum Mobilgerät und zum Internet anzuzeigen.

#### **Gehäuse**

Das Gehäuse soll alle Komponenten auf möglichst kleinem Raum zusammenhalten, schützen und kühlen. Da sich Komponenten und möglicherweise auch das Design selbst laufend änderten, wurde dieses erst gegen Ende des Projekts finalisiert. Mehr dazu im Teil "Design Adaptergehäuse".

#### **Taster**

Für den Taster wurde ein herkömmlicher Tactile-Button mit verlängertem Taster in das Gehäuse geplant. Auf ihm klebt eine Art Aufsatz, auf den der/die Endverbraucher/-in letztendlich drückt, um ein gleichbleibendes optisches Design des Gehäuses zu ermöglichen. Mehr dazu im Teil "Design Adaptergehäuse"

#### **LED (Light-Emitting Diode)**

Als Statusanzeige wurde in diesem Fall eine herkömmliche RGB-LED verwendet. Eine RGB-LED besteht ganz kurz erklärt aus drei farbigen LEDs (Rot, Grün und Blau) in einer Komponente, die insgesamt 4 Pins hat. Ein Pin ist für die Kathode, die restlichen drei sind jeweils für die einzelnen Farben zuständig. Die einzelnen LEDs sind dementsprechend an der Kathode zusammengeschal-

tet. Zur Erkennung sind die Pins unterschiedlich lang, wobei der längste für die Kathode ist. So ist es theoretisch möglich alle Farben des RGB-Spektrums (16,7 Mio) mit einer LED darzustellen.

Man muss sich jedoch im klaren darüber sein, für wie viel Spannung die benutzte LED gebaut ist. Dann kann man mit passenden Widerständen arbeiten, um ein kaputtwerden der LED auszuschließen.

(vgl. [https://www.elektronik-kompodium.de/sites/praxis/bauteil\\_rgb-led.htm](https://www.elektronik-kompodium.de/sites/praxis/bauteil_rgb-led.htm))

### 3.2.2 Auswahl interne Hardware

#### Mikroprozessor (ESP32)

Als Herz des Systems wird ein ESP32-WROOM-32 Mikroprozessor mit angebaute Platine (DOIT ESP32 DEVKIT V1) verwendet. Der ESP32 ist ein weit verbreiteter Mikroprozessor. Man kann die Arduino IDE mit C++ als Programmiersprache zum programmieren verwenden. Zudem verfügt er schon Onboard über einen Hybrid WIFI- und Bluetooth-Chip, wodurch externe Module vermieden, und somit Platz eingespart werden kann. Espressif selbst beschreibt den ESP32 als optimal für IoT-Anwendungen; auch wegen der hohen Energieeffizienz.

Hier ein paar Grundfakten des ESP32-WROOM-32 (der Prozessor selbst):

Der von uns benutzte ESP32 hat einen Dual-Core 32-bit Prozessor (2x Tensilica-LX6-Kernen). Der Mikrocontroller hat WLAN (802.11b/g/n) und kann ein eigenes WLAN Netzwerk (Access Point) erstellen (kleiner WebServer). Er unterstützt Bluetooth 4.0 (BLE/Bluetooth Smart) und Bluetooth Classic. Dies ist bei vielen SmartHome und IoT-Anwendungen nützlich. Er hat einen geringen Stromverbrauch von 50-70 mA (kleine Programme ohne WiFi). Der Deep-Sleep Modus macht einen Stromverbrauch von unter 0,1mA möglich. Die Anschaffungskosten fallen mit unter 10 Euro im Vergleich zu anderen Mikrocontrollern auch sehr niedrig aus.

Wie schon erwähnt ist der ESP32 mit der (uns bekannten) Arduino IDE programmierbar und kann auch in industriellen Umgebungen (-40°C bis +125°C) betrieben werden.

Für den Multi Room Sound-Adapter kommt ein ESP32 Entwicklungsboard (DOIT ESP32 DEVKIT V1) zum Einsatz.

Hier eine Beschreibung von Dev-Kits auf [digitalewelt.at](http://digitalewelt.at): „Um alle Funktionen des ESP32 Moduls einfach nutzen zu können, gibt es sogenannte Entwicklungsboards. Diese sind nicht nur mit zusätzlichen Schaltungen für die Spannungsversorgung ausgestattet, sondern bieten uns auch die gängigen Anschlussmöglichkeiten für unsere externen Komponenten.“

(vgl. <https://www.espressif.com/en/products/socs/esp32>)

(vgl. <https://digitalewelt.at/esp32-grundlagen/>)

### Digital-/Analogwandler (Audio-Modul)

Dieses Modul ist ausschlaggebend für eine gute Audioqualität. Das digitale Audiosignal vom ESP32 (Radiostream) muss nämlich für die Line-Out Buchse auf analog konvertiert werden. Dafür wird ein Modul mit dem PCM5102A („2VRMS DirectPath™, 112 dB Audio Stereo DAC mit 32-bit, 384 kHz-PCM-Schnittstelle“) DAC verwendet. Auf diesem Modul befinden sich alle Komponenten sowie die Klinkenbuchse die für die Ausgabe des Audiosignals nötig sind.

(vgl. <https://www.ti.com/product/de-de/PCM5102A>)

### Akku (Li-Ion)

Das Endprodukt soll mithilfe eines Akkus auch ohne Strom auskommen, dafür wird ein Lithium-Ionen-Akku mit 3,7 Volt verwendet. Akkus dieser Art zeichnen sich durch ihre hohe Energiedichte und, unter guten Umständen, hohe Lebensdauer aus. Man verwendet Li-Ionen-Akkus meist für (tragbare) Geräte in denen andere Akkus zu schwer oder zu groß wären. (vgl. <https://www.chemie.de/lexikon/Lithium-Ionen-Akkumulator.html>)

Natürlich haben Li-Ionen-Akkus auch gewisse Nachteile und bergen wie jeder andere Akku Gefahren. Beispiele dafür sind elektrische Überlastung, mechanische Beschädigung und thermische Überlastung:

Eine elektrische Überlast kann etliche Gründe haben, darunter:

- Verwendung eines falschen Ladegerätes
- Tiefenentladung
- Falsche Lagerbedingungen (z.B.: zu hohe Temperaturen)  
Zitat: „Hier kommt es zur Zersetzung der Elektrolytflüssigkeit und infolgedessen zur Bildung leicht brennbarer Gase. Wird anschließend versucht, die tiefentladenen Lithium-Ionen-Zellen wieder aufzuladen, kann die zugeführte Energie durch das Fehlen von Elektrolytflüssigkeit nicht mehr korrekt umgesetzt werden. Es kann zum Kurzschluss beziehungsweise zum Brand kommen.“ (vgl. <https://www.denios.de/services/denios-magazin/gefahren-im-umgang-mit-lithium-ionen-akkus>)

Eine mechanische Beschädigung jeglicher Art kann zu Kurzschlüssen im inneren der Zelle führen. Da unser Gerät nicht dafür gemacht ist, ständig in Bewegung zu sein, spielt dies keine zu große Rolle, es muss jedoch trotzdem ausreichend Schutz (durch das Gehäuse) vorhanden sein.

Wie oben schon kurz erwähnt, muss viel Wert auf die richtige Lagerung/Kühlung des Akkus gelegt werden. Wird dieser zu heiß (etwa durch den Mikroprozessor oder sonstige Bauteile) oder durch äußere Einflüsse beschädigt kann es zum

Brand kommen.

Man kann daraus schließen, dass jeder kleinste Fehler beispielsweise zu einem Brand oder sogar einer Explosion des Akkus führen kann. Es ist daher wichtig, den Akku mit absoluter Vorsicht zu handhaben. Ausreichend Tests (Betriebstemperatur, etc.), richtige Konfiguration des Ladereglers und die Auswahl des Akkus sind ausschlaggebend für die Sicherheit des Endverbrauchers und dessen Umfeld.

(vgl. <https://www.denios.de/services/denios-magazin/gefahren-im-umgang-mit-lithium-ionen-akkus>)

### **Laderegler**

Für einen optimalen Ladeprozess und Schutz des Akkus wird ein Laderegler verwendet. Dieser regelt den Ladevorgang des Akkus und hört auf zu laden, sobald er voll ist.

## **3.3 Auswahl Technologien**

### **3.3.1 Protokolle**

In diesem Kapitel geht es um die Recherche und Auswahl von Protokollen, die für den Austausch von Daten verwendet werden.

#### **HTTP**

Das Hyper Text Transfer Protocol ist ein weitverbreitetes Protokoll im Web und wird größtenteils für die Kommunikation zwischen Browsern und Webservern eingesetzt. Dabei basiert das Protokoll auf sogenannten „Requests“ (auf Deutsch: Anfragen). Es gibt zahlreiche Anwendungen für HTTP. Wir nutzen es einerseits für die Kommunikation zwischen Smartphoneapp (Client) und Microcontroller (Server) mittels REST-API und zum Empfangen der Audio-Streams. (vgl. URLPI02)

#### **I2S**

Das Inter IC Sound Protocol wird verwendet, um Stereo-Audio-Daten zwischen ICs auszutauschen. Es benötigt für die Datenübertragung folgende Leitungen:

- Taktleitung
- Wortauswahl
- mindestens eine Datenleitung

Die Datenübertragung erfolgt seriell und synchron. Seriell bedeutet, dass die Daten nur durch eine Leitung (die Datenleitung) übertragen werden. Synchron

bedeutet, dass die Daten in einem bestimmten Takt übertragen werden. Dieser Takt wird von der Taktleitung vorgegeben. Die Leitung für die Wortauswahl wählt den Stereokanal aus (links oder rechts). (vgl. URLPI12)

In unserem Projekt wird das I2S Protokoll verwendet, um die digitalen Stereo-Audio-Daten vom Microcontroller an den Digital-Analog-Wandler zu übertragen. Dabei werden die digitalen Buffer, die der Microcontroller vom Audio-Stream erhält, mittels I2S an den Digital-Analog-Wandler gesendet, welcher die digitalen Daten in analoge Daten umwandelt, so dass diese dann anschließend auf der Lautsprecherbox ausgegeben werden können.

## 3.4 Auswahl Softwaretools

### 3.4.1 Einleitung

In diesem Kapitel geht es um die Recherche und Auswahl von geeigneten Softwaretools, welche für die App-Entwicklung, als auch für die Entwicklung der Software des Microcontrollers verwendet werden. Zusätzlich werden auch die Softwaretools zum Schreiben dieser Diplomarbeit kurz beschrieben.

#### **LaTeX**

"LaTeX ist ein hochwertiges Satzsystem, das Funktionen für die Erstellung technischer und wissenschaftlicher Dokumentationen enthält. LaTeX ist der De-facto-Standard für die Kommunikation und Veröffentlichung von wissenschaftlichen Dokumenten." (Übersetzung des englischen Originals von: <https://www.latex-project.org/>)

Wir haben uns für das Schreiben unserer Diplomarbeit in LaTeX entschieden, weil es sich sehr gut für wissenschaftliche Arbeiten eignet und wir somit schon damit vertraut sind, wenn wir es in der Zukunft brauchen.

**draw.io** "draw.io ist eine kostenlose Online-Diagrammsoftware zur Erstellung von Flussdiagrammen, Prozessdiagrammen, Organigrammen, UML, ER und Netzwerkdiagrammen." (Übersetzung des englischen Originals von: <https://app.diagrams.net/>)

Wir haben alle Diagramme unserer Diplomarbeit in draw.io erstellt, weil es einfach zu handhaben ist und es eine große Auswahl an Diagrammtypen und Formen gibt.

#### **Visual Studio Code**

"Visual Studio Code ist ein leichtgewichtiger, aber leistungsstarker Quellcode-Editor, der auf Ihrem Desktop läuft und für Windows, macOS und Linux verfügbar ist. Er bietet integrierte Unterstützung für JavaScript, TypeScript und Node.js und verfügt über ein umfangreiches Ökosystem von Erweiterungen für andere Sprachen und Laufzeiten (wie C++, C#, Java, Python, PHP, Go, .NET)." (Übersetzung des englischen Originals von: <https://code.visualstudio.com/docs>)

Wir haben Visual Studio Code als IDE für unsere Diplomarbeit gewählt, weil

durch die unzähligen Erweiterungen viele verschiedenen Programmiersprachen und Bibliotheken unterstützt und wir auch schon etwas Erfahrung damit haben.

### **GitHub**

"GitHub ist eine webbasierte Schnittstelle, die Git verwendet, die Open-Source-Software zur Versionskontrolle, mit der mehrere Personen gleichzeitig separate Änderungen an Webseiten vornehmen können. Wie Carpenter anmerkt, fördert GitHub die Zusammenarbeit von Teams bei der Erstellung und Bearbeitung von Website-Inhalten, da es eine Zusammenarbeit in Echtzeit ermöglicht." (Übersetzung des englischen Originals von: <https://digital.gov/resources/introduction-github/>)

Wir verwenden GitHub für die Verwaltung unseres Codes und unserer Dokumente. Der Vorteil dabei ist, dass jedes Projektmitglied auf seinem lokalen PC an den Dokumenten arbeiten kann und die Änderungen dann per GitHub synchronisiert werden können.

### **DeepL**

Wir verwenden DeepL um englische Texte, welche für unsere Diplomarbeit relevant sind, ins Deutsche zu übersetzen. Wir haben uns für DeepL entschieden weil dieser einer der genauesten Übersetzer ist und man dießen außerdem kostenlos nutzen kann.

## **3.4.2 Bibliotheken Microcontroller**

Im folgenden werden die verwendeten Bibliotheken im Code des Microcontrollers aufgezählt und kurz beschrieben:

### **arduino-esp32**

(<https://github.com/espressif/arduino-esp32>)

Die arduino-esp32-Bibliothek wurde verwendet um den ESP32 ähnlich wie einen Arduino programmieren zu können. Es erleichtert dabei die Programmierung enorm, vorallem dann, wenn man schon Vorerfahrung mit der Programmierung von Arduinos hat. Ein weiterer Vorteil ist, dass diese Bibliothek bereits weitere nützliche Bibliotheken beinhaltet, welche für die Programmierung benötigt werden.

### **WiFi**

(<https://github.com/espressif/arduino-esp32/tree/master/libraries/WiFi>)

Die WiFi-Bibliothek ist eine offizielle Bibliothek von Arduino, welche ebenfalls in der arduino-esp32-Bibliothek inkludiert ist. Sie wird verwendet, um die Funktionen der eingebauten WiFi-Antenne des ESP32 zu verwenden. Der ESP32 kann dabei entweder als Access Point oder als Client fungieren. Wenn er als Access Point fungiert, stellt er ein eigenes WiFi-Netzwerk bereit, mit dem sich andere Geräte verbinden können und der ESP32 somit einen Host darstellt. Als Client



kann er sich mit anderen WiFi-Netzwerken bzw. Access Points verbinden. In unserem Projekt fungiert der ESP32 sowohl als Access Point, als auch als Client.

### **ArduinoJson**

(<https://github.com/bblanchon/ArduinoJson>)

Die ArduinoJson-Bibliothek wird verwendet, um Daten in das JSON-Format zu kodieren. JSON (Java Script Object Notation) ist ein Datenformat, welches oft für den einheitlichen Datenaustausch zwischen Server und Client verwendet wird. Dabei verwendet JSON sogenannte Schlüssel-Wert-Paare. Das heißt, ein Wert hat immer einen eindeutigen Schlüssel. In unserem Projekt wird die ArduinoJson-Bibliothek für den einheitlichen Datenaustausch zwischen Webserver (ESP32) und Client (Smartphone) verwendet. (vgl. URLPI11)

### **WebServer**

Die WebServer-Bibliothek wird verwendet, um einen Webserver auf dem ESP32 bereitzustellen. Dieser ist wichtig für die Funktion als REST-API und somit für den Datenaustausch zwischen ESP32 und Smartphoneapp. Der Webserver erhält Anfragen von Clients und sendet diesen dementsprechende Antworten zurück. Dabei gibt es vordefinierte Routen, welche aufrufbar sind.

### **ESP32-audioI2S**

(<https://github.com/schreibfaul1/ESP32-audioI2S>)

Die ESP32-audioI2S-Bibliothek wird verwendet, um die MP3-kodierten Audio-Daten vom HLS-Stream zu empfangen, diese in PCM-Signale umzuwandeln und diese dann an den Digital-Analog-Wandler per I2S-Protokoll zu senden. Der ESP32 verfügt bereits standardmäßig über Funktionen, mit deren Hilfe man Audiodaten mittels I2S übertragen kann. Allerdings sind diese sehr komplex in der Verwendung und Konfiguration. Da die ESP32-audioI2S-Bibliothek bereits die perfekte Lösung für unsere Anforderungen bietet, wird diese in unserer Diplomarbeit verwendet.

### **Preferences**

(<https://github.com/espressif/arduino-esp32/tree/master/libraries/Preferences>)

Die Preferences-Bibliothek wird verwendet, um Schreib- und Lesezugriffe auf den eingebauten EEPROM (Electrical Erasable Programmable Read Only Memory) durchzuführen. Dabei werden die im EEPROM gespeicherten Werte mittels eindeutiger Schlüssel identifiziert.

## **3.4.3 Softwaretools Smartphoneapp**

Im folgenden Teil werden die Softwaretools, welche für die Entwicklung der Smartphoneapp verwendet wurden, genauer beschrieben.

### **React Native**

React Native ist ein Framework, welches die plattformübergreifende Entwicklung von Apps ermöglicht. Das heißt, man schreibt einen Code und kann diesen dann für IOS, Android und fürs Web verwenden. Der Code wird in JavaScript geschrieben. React Native wurde erstmals 2015 von Meta (damals noch Facebook) als Open-Source-Projekt veröffentlicht. Seither wird es weiterhin von Meta instandgehalten und hat eine riesige Community, welche ständig neue Bibliotheken für das Framework veröffentlicht. React Native basiert auf React, welches man bereits aus der Webentwicklung kennt. Der Vorteil von React im Gegensatz zur normalen Webentwicklung ist, dass man wiederverwendbare Komponenten bauen kann. Dies ist auch mit React Native möglich. In React Native stehen dabei einige Standardkomponenten zur Verfügung, welche dann jeweils in native Komponenten, passend für das jeweilige Betriebssystem, gerendert werden. Wir haben React Native für unsere Smartphoneapp verwendet, weil es sehr aufwendig gewesen wäre, für jede Plattform einen eigenen Code zu schreiben und dies außerdem sehr viel Wissen in unterschiedlichen Bereichen vorausgesetzt hätte. Außerdem hatten wir auch schon etwas Erfahrung mit JavaScript und React, was uns den Einstieg erleichterte. (vgl. URLPI07)

### **Expo**

Um das Entwickeln der Smartphoneapp noch einfacher bzw. effizienter zu gestalten, wurde das Expo Framework verwendet. Dieses Framework basiert auf React Native und stellt noch zusätzlich hilfreiche Bibliotheken und eine Projektstruktur zur Verfügung. Dies hat den Vorteil, dass man bereits den Grundlegenden Aufbau einer App gegeben hat und diesen dann erweitern kann. Ein weiterer Vorteil von Expo ist das File-basierte Routing. Mithilfe diesem ist es möglich die App-Navigation auf der Ordnerstruktur zu stützen was die Entwicklung noch einfacher und übersichtlicher macht. (vgl. URLPI08)

## **4 Entwicklung**

### **4.1 Entwicklung Software Adapter**

In diesem Kapitel wird der Übergang der Planung in die Entwicklung der Software des Adapters beschrieben. Zur Entwicklung der Software des Microcontrollers wurde die IDE Visual Studio Code in Verbindung mit dem Framework PlatformIO verwendet. Um die Entwicklung in C++ zu ermöglichen wurden die bereits erwähnten Bibliotheken verwendet.

#### 4.1.1 Anforderungen

Im folgenden wird beschrieben, welche Anforderungen an die Software des Adapters gestellt werden:

##### **Access Point**

Ein Access Point ist ein Gerät, welches ein WLAN-Netzwerk aufbaut. Dabei können sich WLAN-Clients mit diesem verbinden. Der Microcontroller soll im Konfigurationsmodus als Access Point arbeiten. Somit ist es möglich, sich mit der Smartphoneapp als Client zu verbinden und dem Microcontroller mittels HTTP Daten, welche wichtig für die Konfiguration sind (z.B: WLAN-Anmeldedaten), zu senden. (vgl. URLPI10)

##### **WLAN Client**

WLAN-Clients sind die Geräte, welche mit einem Access Point verbunden sind und somit Teilnehmer in einem WLAN darstellen. Sie können dabei untereinander Daten austauschen. Wenn der Adapter vollständig konfiguriert ist bzw. alle notwendigen Daten festgelegt sind, soll dieser als WLAN-Client arbeiten. Somit ist es möglich, wenn die Smartphoneapp im gleichen Netzwerk wie der Microcontroller ist, mit diesem zu kommunizieren. Dies geschieht durch die REST-API welcher der Microcontroller zur Verfügung stellt.

##### **REST-API**

Der Microcontroller soll eine REST-API zur Verfügung stellen, mithilfe der es möglich ist, Daten an den Microcontroller per HTTP zu senden bzw. Daten von diesem zu empfangen. Eine REST-API ist eine API, welche den Designprinzipien der REST-Architektur folgt. Dies heißt, sie muss bestimmte Regeln erfüllen, welche von der REST-Architektur vorgegeben werden. Sie dient dabei zur Kommunikation zwischen Server und Client. Der Client kann mittels HTTP Anfragen an den Server senden. Der Server liefert dann eine Antwort, welche Daten enthalten kann. (vgl. URLPI04) Auf diese Weise kommuniziert die Smartphoneapp mit dem Microcontroller. Der Client kann dabei sogenannte Routen aufrufen. Die aufgerufene Route bestimmt die Aktion, welche auf dem Server aufgerufen wird. Im folgenden werden die einzelnen Routen genauer beschrieben:

Route	Anfragen-Typ	Funktion
/getInfo	GET	Client bekommt die Daten Name, MAC-Adresse, Akku-stand, Lautstärke und Stream-URL vom Microcontroller, als JSON kodiert.
/getAvailableNetworks	GET	Client bekommt eine Liste gefüllt mit SSID und RSSI (Stärke) von verfügbaren Netzwerken in der Nähe des Microcontrollers, als JSON kodiert.
/setConfigData	POST	Client sendet SSID und Passwort, des gewünschten Netzwerks, sowie Name des Adapters als JSON kodiert, an den Microcontroller. Dieser speichert dann die erhaltenen Daten in den EEPROM und startet neu.
/setStreamUrl	PUT	Client sendet die URL des gewünschten Audio-Streams an den Microcontroller. Dieser startet dann den Empfang dieses Streams und gibt diesen auf dem Line-Out aus.
/setVolume	PUT	Client sendet die gewünschte Lautstärke (von 0 bis 100, in Prozent) des ausgegebenen Audio-Signals an den Microcontroller. Dieser legt dann die übertragene Lautstärke beim Audio-Modul fest.

### Audio-Streaming

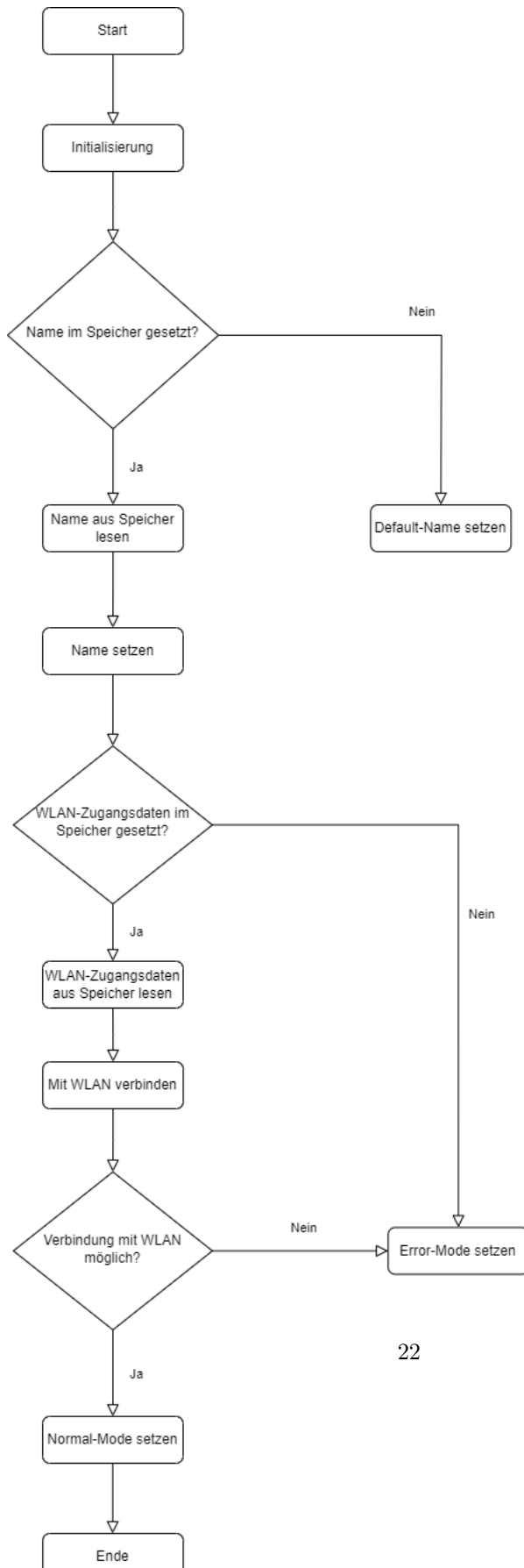
Der Microcontroller sollte in der Lage sein, Audio-Streams aus dem Internet zu empfangen, diese zu dekodieren und die dekodierten Daten als Signale auf dem Line-Out auszugeben. Die meisten Audio-Streams werden mit dem HLS-Protokoll, welches auf dem HTTP-Protokoll basiert, übertragen. Dabei wird das Audiofile in mehrere kleine Stücke zerteilt, welche dann per HTTP an den Client gesendet werden. Dieser fügt diese Stücke dann wieder zu einem Audiofile zusammen. In weiterer Folge wird das MP3-File von dem externen Digital-Analog-Wandler zu einem PCM(„Pulse Code Modulation“) - Signale übertragen, welches dann auf der Lautsprecherbox ausgegeben werden kann.

### 4.1.2 Programmablauf

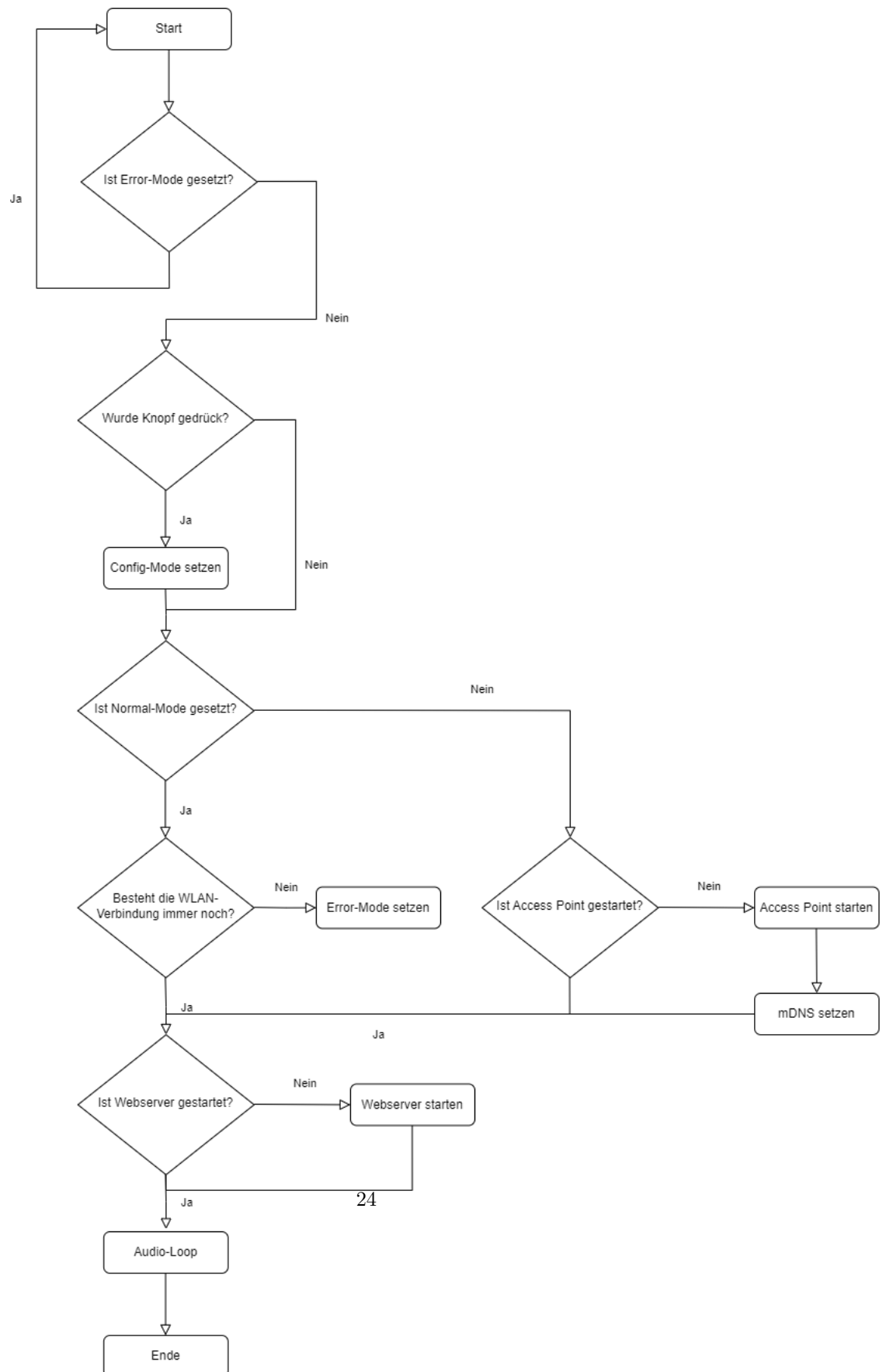
Da die arduino-esp32-Bibliothek verwendet wurde ist der Programmablauf gleich wie bei einem standardmäßigen Arduino-Programm. Ausgeführt wird das Main-File welches aus einer Funktion `setup()` und einer Funktion `loop()` besteht. Die Funktion `setup()` wird beim Start des Microcontrollers einmalig ausgeführt. Anschließend wird die Funktion `loop()` in einer Endlosschleife ausgeführt, wenn also das Ende der Funktion `loop()` erreicht wird, fängt diese wieder von vorne an. Im folgenden Teil wird der Ablauf innerhalb den einzelnen Funktionen genauer beschrieben.

#### Setup

Im Setup werden zuerst Konstanten, welche später im Programm benötigt werden, definiert. Auch werden am Anfang die entsprechenden Singleton-Klassen instanziiert. Anschließend wird mithilfe der Klasse `MemoryManager` überprüft ob ein Name im EEPROM gesetzt ist. Ist dies der Fall, so wird der Name lokal als Variable gesetzt. Ist der Name allerdings nicht im EEPROM vorhanden, wird der Default-Name verwendet. Der Default-Name setzt sich zusammen aus MSA (kurz für Multiroom Sound Adapter) und den letzten zwei Stellen der Mac. Er ist somit für jeden Adapter einmalig. Der Name wird später als SSID des Access Points bzw. für die mDNS verwendet. Nachdem der Name gesetzt ist, wird wiederum mit der Klasse `MemoryManager` überprüft ob WLAN-Zugangsdaten im EEPROM gespeichert sind. Ist dies der Fall, wird versucht eine Verbindung mit dem gespeicherten WLAN herzustellen. Ist dies möglich wird der Modus auf Normal gesetzt. Ist dies nicht möglich bzw. sind keine WLAN-Zugangsdaten gespeichert, wird der Modus auf Error gesetzt.



**Loop**





Am Anfang der Loop-Funktion wird abgefragt ob der Modus auf Error gesetzt ist. Ist dies der Fall, wird nichts mehr ausgeführt, das heißt die Funktion springt wieder an den Startpunkt. Ist der Modus allerdings nicht auf Error gesetzt, wird überprüft ob der Knopf gedrückt ist. Wird dieser gedrückt, wird der Modus auf Config gesetzt. Anschließend wird überprüft ob der Modus auf Normal gesetzt ist. Ist dies der Fall wird überprüft ob immer noch eine Verbindung mit dem WLAN besteht. Dies geschieht mithilfe der Klasse NetworkManager. Wenn dies wahr ist, wird mithilfe der Klasse ServerManager überprüft ob der Webserver läuft. Wenn nicht, wird dieser gestartet. Ist der Modus allerdings nicht auf Normal gesetzt, also auf Config, so wird zuerst überprüft ob der Access Point gestartet ist. Wenn nicht, wird dieser schließlich gestartet und die mDNS wird gesetzt. Diese Prozesse werden wieder mithilfe der NetworkManager-Klasse durchgeführt. Anschließend wird ebenfalls der Zustand des Webservers überprüft. Am Schluss der Loop-Funktion wird noch die loop Funktion der Klasse Audio-Manager ausgeführt. Diese regelt das Audio-Streaming.

#### **4.1.3 Klassen**

Um eine hohe Softwarequalität zu gewährleisten, wurde in der Entwicklung der Software für den Adapter auf objektorientierte Programmierung gesetzt. Für einen Großteil der Klassen wurde das Singleton-Pattern verwendet. Dies gewährleistet, dass immer nur eine Instanz der Klasse vorhanden ist. Dieses Verhalten macht Sinn, bei Klassen von denen nicht mehrere Instanzen verfügbar sind. Im folgenden Teil werden die dabei erstellten Klassen genauer beschrieben. Das folgende UML-Klassendiagramm veranschaulicht die Beziehung der verschiedenen Klassen zueinander:

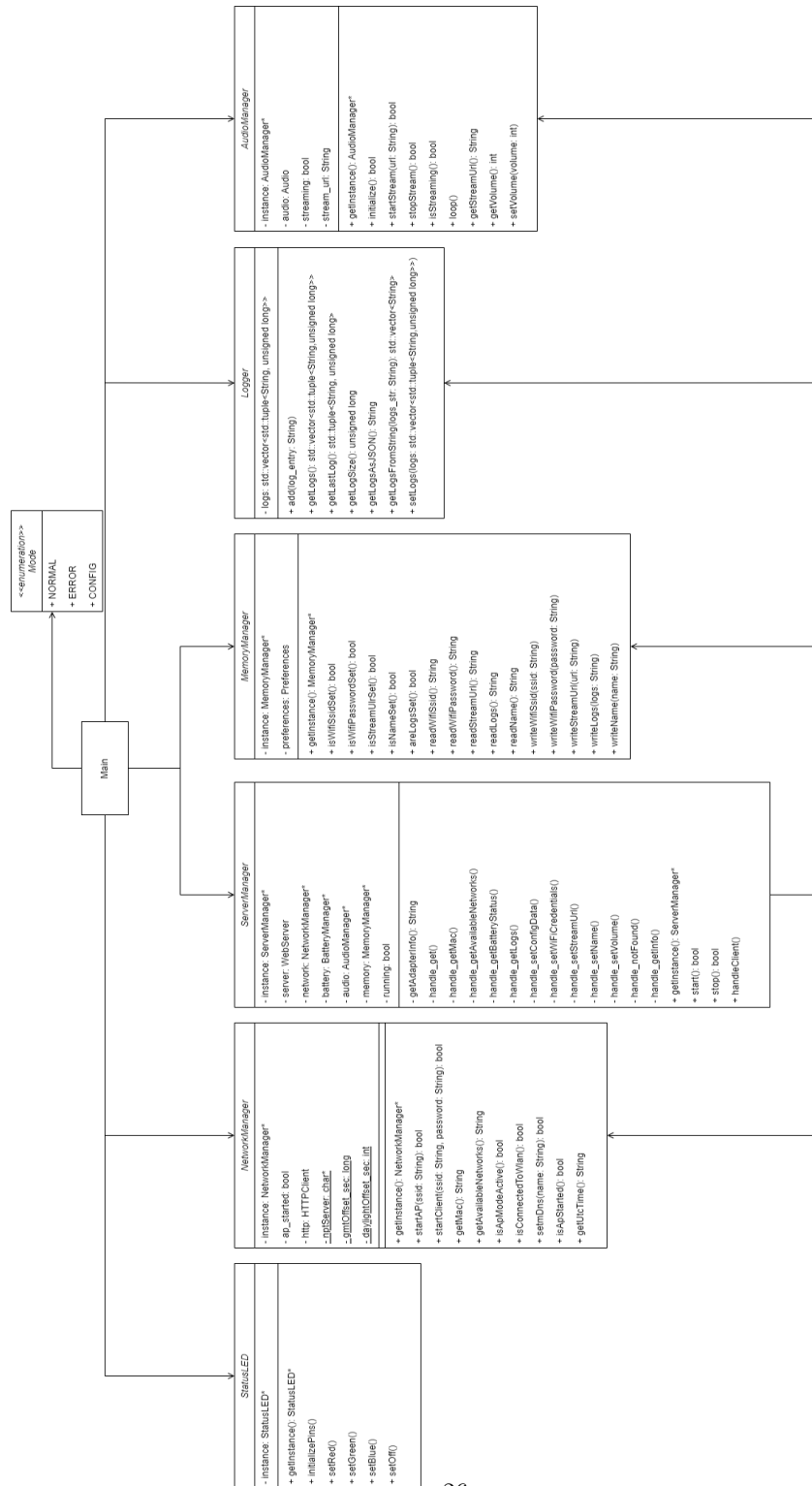


Abbildung 3: UML-Klassendiagramm Microcontroller

## Mode

Im ENUM Mode werden die verschiedenen Modi der Software definiert. Ein ENUM ist wie eine Art Datentyp, der nur bestimmte Werte zulässt. In dem Fall definiert der ENUM die drei Modi NORMAL, CONFIG und ERROR. Diese geben den Status des Microcontrollers an. Der Modus NORMAL signalisiert, dass sich der Microcontroller im normalen Ablauf befindet. Im Modus CONFIG fungiert der Microcontroller als Access Point. Somit können sich Clients mit diesem verbinden und Konfigurationsdaten, wie WLAN-Anmeldedaten und Microcontroller-Name senden. Der Modus ERROR wird gesetzt, wenn ein Fehler im Programm auftritt. Dies ist zum Beispiel der Fall wenn die Verbindung mit dem WLAN-Netzwerk nicht möglich ist. **StatusLED**

Mithilfe der Klasse StatusLED wird die RGB-LED, welche am Microcontroller angeschlossen ist, gesteuert. Mit ihr wird der aktuelle Modus des Microcontrollers angezeigt. Die nachstehende Tabelle beschreibt welche Farbe für welchen Modus steht:

Modus	Farbe	
NORMAL	Grün	
CONFIG	Blau	
ERROR	Rot	

## NetworkManager

Die Klasse NetworkManager kümmert sich um alle Funktionen, die mit dem WiFi des ESP32 zu tun haben. Es ist hier möglich den Access Point - Modus bzw. den Client-Modus zu aktivieren, sowie nach verfügbaren Netzwerken zu suchen und die MAC-Adresse des Adapters zu lesen. Diese Funktionen werden alle mithilfe der WiFi-Bibliothek verwirklicht.

## AudioManager

Die Klasse AudioManager ist für das Empfangen des Internet-Audio-Streams, für das dekodieren und für die Ausgabe der Audio-Signale zuständig. Dafür wird größtenteils die ESP32-I2SAudio Bibliothek verwendet.

## Logger

Die Klasse Logger ist für die Verwaltung von Logs, welche von anderen Klassen geschrieben werden, zuständig. In ihr ist ein Vektor, welcher Tuples, bestehend aus Log-Text und Log-Zeitpunkt, speichert, definiert. Diese Logs sind essentiell für die Fehlerbehebung, da man sehen kann welche Aktionen im Programm ausgeführt wurden. Die Klasse bietet Funktionen zum Hinzufügen von Logs und zum Anzeigen bestehender Logs. Die Funktionen sind alle statisch, das heißt man muss kein Objekt dieser Klasse erzeugen, um die Funktionen auszuführen.

**ServerManager** Die Klasse ServerManager ist für das Verwalten des Webserver, welcher auf dem Microcontroller läuft, zuständig. In ihr werden die Funktionen, welche durch die Aufrufe der REST-API ausgeführt werden, definiert.

Die Kernfunktionen der Klasse werden vorallem durch die WebServer-Bibliothek bereitgestellt.

**MemoryManager** Die Klasse MemoryManager ist für das Schreiben in und das Lesen vom EEPROMs des Microcontrollers zuständig. Um das zu erreichen, wird die Preferences-Bibliothek verwendet. **BatteryManager** Die Klasse BatteryManager regelt die Ladung des ESP32 und liest den Akkustand aus.

#### 4.1.4 Erweiterungsmöglichkeiten

Hier werden Erweiterungsmöglichkeiten der Software erleutert. Es wäre denkbar eine Funktion zu implementieren, die es ermöglicht mehrere Adapter zu Gruppen zu verbinden. In diesen Gruppen soll dann jeweils der gleiche Audio-Stream synchron empfangen und ausgegeben werden. Die Synchronisierung der Adapter bringt aber eine hohe Komplexizität mit sich, da man per WLAN-Verbindung mit sehr großen Latenzen zu rechnen hat.

## 4.2 Entwicklung Smartphone-App

In diesem Kapitel wird der Übergang der Planung in die Entwicklung der Smartphone-App beschrieben. Die verwendeten Tools wurden schon genauer im Kapitel ... beschrieben.

### 4.2.1 Zielsetzung

Es wurde festgelegt, dass die Smartphoneapp folgende Anforderungen erfüllen soll:

#### **Konfiguration der Adapter**

Mit der App soll es einerseits möglich sein, neue Adapter zu konfigurieren, andererseits, bereits hinzugefügte Adapter zu verwalten. Dabei können von den Adaptern verschiedene Daten, wie z.B. Akkustand eingesehen werden.

#### **Verwaltung der Adapter**

Mehrere Adapter abspeichern und bestimmen, welcher Adapter welchen Stream erhalten soll.

#### **Suche nach Audio-Streams**

Suche nach URLs von Audio-Streams von Internet-Radios mittels der RadioBrowser-API.

### 4.2.2 Navigation

Für die Navigation in der App wurde einerseits die Tab-Navigation und andererseits die Stack-Navigation von Expo Router verwendet. Die App ist grundsätzlich in die drei Tabs Verbindungen, Adapter und Musik gegliedert. Zwischen diesen Tabs kann mittels dem Tab-Navigator gewechselt werden. In den einzelnen Tabs befinden sich jeweils mehrere Seiten. Diese Seiten sind mithilfe des Stack-Navigators aufrufbar. Der Stack-Navigator arbeitet mit einem sogenannten Stack, auf Deutsch SStapel". Zu diesem werden mittels des Last In - First Out - Prinzipes (kurz LIFO) Seiten hinzugefügt bzw. von diesem entfernt. Mithilfe der Methode `router.push()` werden dem Stack Seiten hinzugefügt. Es wird also sozusagen eine Seite auf den Stapel gelegt. Mithilfe der Methode `router.pop()` wird eine Seite vom Stack entfernt. Es wird also sozusagen die oberste Seite vom Stapel heruntergenommen.

### 4.2.3 Struktur

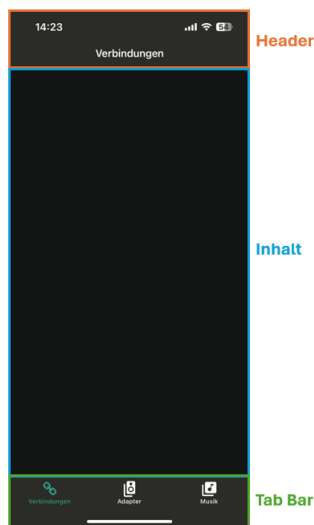


Abbildung 4: Aufbau Seite

Die Seiten der App sind alle gleich strukturiert. Ganz oben ist der Header, in welchem der Seitenname steht. Ganz unten ist die Tab Bar, welche die einzelnen Tabs anzeigt und auch sichtbar macht, in welchem Tab man sich aktuell befindet (mehr dazu im Kapitel Navigation). Zwischen dem Header und der Tab Bar ist der jeweilige Inhalt der Seite. Die App ist in drei Tabs gegliedert. Im folgenden werden die einzelnen Tabs genauer beschrieben.

## Verbindungen

Dieser Tab ist für die Verwaltung von Verbindungen zwischen Adaptern und Audioquellen zuständig. Hier kann konfiguriert werden, welcher Adapter welchen Stream empfangen soll. Es ist außerdem möglich, laufende Streams zu stoppen, deren Lautstärke zu ändern und zu löschen.

## Adapter

Dieser Tab ist für die Verwaltung von Adaptern zuständig. Es ist hier möglich, gespeicherte Adapter anzusehen, zu löschen und neue Adapter hinzuzufügen. Der Tab besteht aus den Seiten index und addAdapter, welche im Kapitel Seiten noch genauer beschrieben werden.

## Musik

Dieser Tab ist für die Verwaltung von Audio-Quellen zuständig. Vorerst werden hier als Quellen nur Internet-Radios verwendet. In Zukunft wäre es aber auch denkbar, Streaming-Dienste als Quellen zu implementieren. Mit jetzigem Stand ist es in diesem Tab möglich, neue Radiosender zu der Favoritenliste hinzuzufügen und die Favoritenliste anzusehen bzw. Favoriten zu löschen. Der Tab besteht aus den Seiten index und searchStations, welche im Kapitel Seiten noch genauer beschrieben werden.

### 4.2.4 UI Design

Das User Interface der App wurde eher schlicht gehalten und der verwendete Stil wurde durch alle Komponenten durchgezogen. Der globale Style wurde in der App unter constants festgelegt. Folgende Farben wurde in der App verwendet:

Bezeichnung	Farbcode (hex)	
grey	# 2B2C28	
lightTurquoise	# 7DE2D1	
white	# FFFAFB	
red	# d90b0b	
lightGrey	# 3e403a	

Die Hauptfarben der App sind sehr dunkel und die sekundären eher knalliger, was einen guten Kontrast bildet.

### 4.2.5 Funktionen

In der Datei Utilities, wurden Funktionen definiert, welche dabei helfen Aktionen, welche für die App notwendig sind durchzuführen. Dazu gehören Abfragen der RadioBrowser-API und Abfragen an den jeweiligen Adapter. Im folgenden werden die Funktionen genauer beschrieben:

### **getCountries**

Die Funktion `getCountries` fragt alle verfügbaren Ländernamen der `RadioBrowser-API` ab. Der `GET-Request` wird dabei mit `Axios` ausgeführt. Als Rückgabe liefert die Funktion einen `Promise`, welcher entweder ein `String-Array` oder `null` ist. Das `String-Array` ist gefüllt mit allen verfügbaren Ländernamen. `Null` wird dann zurückgeliefert, wenn bei der Abfrage ein Fehler auftritt.

### **getLanguages**

Die Funktion `getLanguages` ist gleich aufgebaut wie die Funktion `getCountries`. Der einzige Unterschied liegt in der `URL`. Hier werden nämlich alle verfügbaren Sprachen der `RadioBrowser-API` abgefragt. Da die Sprachen, welche zurückgeliefert werden, alle kleingeschrieben sind, werden diese anschließend noch umgewandelt, in groß geschriebene Wörter. Dies hat designtechnische Gründe.

### **getStations**

Die Funktion `getStations` fragt alle `Stations`, welche die übergebene Sprache bzw. das übergebene Land haben von der `RadioBrowser-API` ab und gibt diese dann als `String-Array` zurück. Wenn bei der Abfrage ein Fehler entsteht, wird `null` zurückgeliefert.

### **getFavouriteStations**

...

### **addFavouriteStations**

...

### **removeFavouriteStation**

...

### **clearFavouriteStationList**

...

### **Allgemeines**

Für die `API-Abfragen` wurden asynchrone Funktionen verwendet. Asynchrone Funktionen müssen immer dann verwendet werden, wenn eine Aktion länger dauert, bzw. man auf Daten warten muss. Dies ist bei der Abfrage von `APIs` der Fall. Asynchrone Funktionen werden in `Java Script` mit `async function` definiert.

## **4.2.6 Aufbau**

In diesem Kapitel wird die Strukturierung bzw. Aufteilung der App beschrieben. Zur grundlegenden Navigation wurde ein `Tab-Navigator` verwendet. Es gibt dabei die `Tabs` `Verbindungen`, `Adapter` und `Musik`. Neben dem `Tab-Navigator` wur-

de auch noch ein Stack-Navigator verwendet. Dieser ermöglicht das Navigieren zwischen Seiten mittels einem Stack. Die Navigation mittels Stack funktioniert nach dem Last In First Out - Prinzip. Das heißt, wenn eine neue Seite aufgerufen wird, wird diese dem Stack hinzugefügt, also sozusagen auf den Stapel oben drauf gelegt. Wenn man wieder auf die vorherige Seite will, wird die aktuelle Seite einfach vom Stack entfernt, also vom Stapel oben herabgenommen.

#### 4.2.7 Komponenten

In diesem Kapitel werden die selbst erstellten React-Komponenten genauer beschrieben.

##### AdapterItem



Abbildung 5: AdapterItem, verbunden



Abbildung 6: AdapterItem, nicht verbunden



Abbildung 7: AdapterItem, ausgewählt

Die Komponente AdapterItem wird dazu verwendet, die Daten eines einzelnen Adapters abzufragen und diese anzuzeigen. Dabei muss man dieser Komponente ein Objekt der Klasse Adapter als Argument mitgeben. Beim rendern wird direkt versucht eine Verbindung zum Webserver mit der IP-Adresse des übergebenen Adapters herzustellen. Ist dies erfolgreich, so wird ein GET-Request auf die /getInfo - Route des Adapters mittels Axios durchgeführt. Dabei werden die erhaltenen Informationen grafisch dargestellt. Zu diesen Daten zählt Lautstärke und Akkustand des Adapters. Ist der Adapter allerdings nicht erreichbar, werden die Daten nicht angezeigt. Gleichzeitig ändert sich die Hintergrundfarbe



der Komponente zu einem helleren Grauton und es erscheint rechts eine durchgestrichene Wolke. Dies soll signalisieren, dass der Adapter nicht erreichbar ist. Diese Informations-Abfrage wird in einem Intervall von 5 Sekunden ausgeführt, um Änderungen in den Daten des Adapters bzw. der Verbindung des Adapters schnellstmöglich zu signalisieren. Dieses Intervall wird mit der JavaScript-Methode `setInterval` verwirklicht. Am Ende des renders, wird das Interval noch geschlossen, um zu vermeiden, dass es mehrere Instanzen davon gibt.

### AdapterList

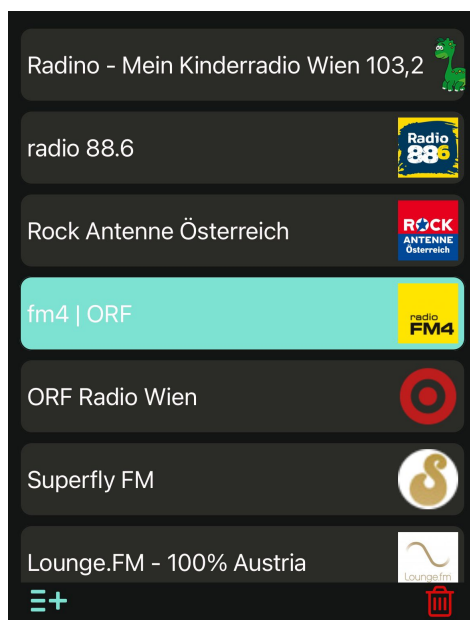


Abbildung 8: StationList, editable

Die Komponente `AdapterList` stellt eine Liste dar, in der alle bisher hinzugefügten Adaptern aufgelistet sind. Die Adapter werden dabei mithilfe der `AdapterItem`-Komponente dargestellt. Die Adapter werden mithilfe der Methode `getAdapter()` aus dem Speicher abgefragt. Wenn noch keine hinzugefügten Adapter vorhanden sind bzw. die Methode `getAdapter()` null zurückgibt, wird die Komponente `ErrorScreen` dargestellt.

### AddToListButton

Die Komponente `AddToListButton` wurde verwendet, um ein drückbares Icon darzustellen, welches symbolisieren soll, ein weiteres Element zu einer Liste hinzuzufügen. Für die Umsetzung der Drück-Funktion wurde die `Pressable`-Komponente von React Native verwendet. Das Icon wurde von der Entypo-

Bibliothek importiert.

### **BatteryIndicator**

Die Komponente BatteryIndicator zeigt die Batterieladung in Prozent mit dazugehörigem Icon an. Dabei erwartet sie als Argument die Batterieladung in Prozent. Je nachdem, in welchem Bereich diese Batterieladung liegt, wird ein entsprechendes Icon gerendert. Wenn für die Batterieladung ein negativer Wert (-1) übergeben wird, bedeutet dies, dass der Akku aktuell geladen wird. In diesem Fall, wird ein Lade-Icon dargestellt.

### **ConnectionItem**

...

### **DeleteButton**

Die Komponente DeleteButton stellt ein drückbares Icon dar, welches signalisieren soll, ein Element zu löschen. Dabei wurde die Drück-Funktion mit der Pressable-Komponente realisiert. Das Icon wurde von der FontAwesome-Bibliothek importiert.

### **ErrorScreen**

Die Komponente ErrorScreen stellt eine Ansicht bereit, die signalisieren soll, dass ein Fehler aufgetreten ist. Dabei wird die Fehlermeldung als Text angezeigt und man hat die Möglichkeit auf einen Knopf zu drücken, welcher dann eine Aktion ausführt. Als Parameter werden der zu anzeigende Text, der Text des Knopfs und die Funktion, welche beim druck auf den Knopf ausgeführt wird, übergeben. Der Fehlertext wird durch die Text-Komponente angezeigt und für den Knopf wurde eine Button-Komponente verwendet.

### **FavouriteStationList**

Die Komponente FavouriteStationList stellt eine Liste aus mehreren StationItem-Komponenten dar. Die Daten dafür, werden beim Rendern der Komponente mithilfe der Funktion getFavouriteStations() aus dem Speicher ausgelesen. Wenn noch keine Favoriten im Speicher sind, wird die ErrorScreen-Komponente gerendert. Dabei ist es möglich, bei längerem Drücken auf ein FavouriteStationItem dieses zu selektieren und in weiterer Folge aus der Liste zu löschen. Die Selektierung wird mit einem kurzen Klick auf ein FavouriteStationItem wieder aufgehoben. Beim Druck auf die AddToListButton-Komponente, wird zum Screen SStationsearch"navigiert. Beim druck auf die DeleteButton-Komponente, wird die ausgewählte Komponente aus dem Speicher gelöscht.

### **LoadingScreen**

Die Komponente LoadingScreen soll signalisieren, dass ein Vorgang durchgeführt wird und deshalb der Screen bzw. die Komponenten noch nicht angezeigt werden können. Dies kann zum Beispiel das Laden von Daten sein. Als Argument wird der Text übergeben, welcher in der Komponente angezeigt wird. Der Ladevorgang wird mit der ActivityIndicator-Komponente signalisiert.

### NetworkItem

Die Komponente NetworkItem stellt Daten von einem Netzwerk dar. Dabei werden als Argumente die SSID und RSSI des Netzwerks übergeben. Die SSID wird mit der Text-Komponente angezeigt. Abhängig von dem Wert der RSSI werden verschiedene Icons angezeigt. Diese Icons stellen die Stärke des Netzwerks dar. Das Argument selected gibt an, ob die Komponente ausgewählt wurde. Wenn dies der Fall ist, verändert sich die Hintergrundfarbe der Komponente.

### StationItem



Abbildung 9: StationItem



Abbildung 10: StationItem, selected

Die Komponente StationItem stellt Name und Icon einer Radiostation dar. Die Radiostation wird dabei bei den Argumenten, als Objekt der Klasse Station übergeben. Das Argument selected gibt an, ob die Station ausgewählt ist. Wenn dies der Fall ist, verändert sich die Hintergrundfarbe der Komponente.

### TextInputWindow

Die Komponente TextInputWindow ermöglicht es Text in einem Fenster, welches vor dem anderen Content gerendert wird, einzugeben. Dabei ist unter dem Text ein Knopf "Bestätigen" und ein Knopf "Abbrechen" verfügbar. Der Text, welcher ganz oben angezeigt wird, wird als Argument übergeben. Außerdem wird mit isPassword festgelegt, ob die Eingabe in das Textfeld sichtbar sein soll oder nicht und die übergebenen Funktionen onEnter bzw. onCancel bestimmen, was passiert, wenn man den "Abbrechen" oder "Bestätigen"-Knopf drückt.

### VolumeIndicator

Die Komponente VolumeIndicator zeigt eine Lautstärke in Prozent an, mit einem Lautstärke-Icon davor. Das Lautstärke-Icon wird von der Feather-Bibliothek importiert. Die Lautstärke in Prozent wird mit einer Text-Komponente angezeigt. Als Argument wird die Lautstärke in Prozent übergeben. Wenn diese kleiner als 0 ist, wird ein Icon angezeigt, welches symbolisiert, dass die Laut-

stärke stumm ist.

### **WifiItem**

Die Komponente WifiItem dient dazu, die Informationen eines WLAN-Netzwerkes darzustellen. Zu diesen Informationen zählt die SSID, welche sozusagen der Name des Netzwerks ist und die RSSI, welche die Stärke des Netzwerks angibt. Diese zwei Werte werden als Parameter der Komponente übergeben.

## **4.2.8 Seiten**

In diesem Kapitel werden die einzelnen Seiten der App genauer beschrieben.

### **Startseite Verbindungen**

Diese Seite ist die Startseite des Tabs Verbindungen. Auf ihr werden aktive Verbindungen zwischen Adaptern und Audio-Quellen angezeigt. Die Darstellung wird mithilfe der Komponente ConnectionList verwirklicht. Es ist hier möglich neue Verbindungen zu erstellen, aktive Verbindungen zu trennen, die Lautstärke von aktiven Verbindungen zu ändern und aktive Verbindungen zu pausieren bzw. fortzusetzen.

### **Verbindung hinzufügen**

Diese Seite befindet sich im Tab Verbindungen. Hier ist es möglich neue Verbindungen hinzuzufügen. Dazu muss zuerst ein Adapter ausgewählt werden und in weiterer Folge eine Audio-Quelle, von der der Adapter den Stream empfangen soll. Dabei können nur verbundene Adapter, das heißt, Adapter die im Netz erreichbar sind, ausgewählt werden. Zum Anzeigen der Adapter wurde die Komponente AdapterList verwendet, zum Anzeigen der Stationen die Komponente Station List. Der Parameter editable wurde dabei bei beiden Stationen auf false gesetzt, da ein bearbeiten der Listen in dieser Ansicht nicht möglich sein soll. Wenn jeweils ein Adapter und eine Station ausgewählt ist, ist es möglich den Knopf unten zu drücken und die Verbindung wird erstellt. **Startseite Adapter**

Diese Seite ist die Startseite des Tabs Adapter. Auf ihr werden hinzugefügte Adapter angezeigt. Dies geschieht mithilfe der Komponente AdapterList. Der Parameter editable der AdapterList hat den Wert true, da es hier möglich sein soll neue Adapter hinzuzufügen bzw. bestehende Adapter zu entfernen.

### **Startseite Musik**

Diese Seite ist die Startseite des Tabs Musik. Auf ihr werden die Favoriten der Radiostationen mithilfe der Komponente StationList dargestellt. Der Parameter selectable der StationList-Komponente hat dabei den Wert true, da es auf dieser Seite möglich sein soll, neue Favoriten hinzuzufügen bzw. bestehende Favoriten zu entfernen. In Zukunft wäre denkbar, dass hier noch Streaming-Dienste implementiert werden, welche dann auch als Audio-Quelle benutzt werden können.

### **Stationen filtern**

Diese Seite befindet sich im Tab Musik. Hier ist es möglich Land und Sprache auswählen, nach denen in weiterer Folge die Stationen auf der Seite Stationen auswählen gefiltert werden. Der Sprachen-Datensatz wird dabei mithilfe der Methode `getLanguages()` von `Utilities` abgerufen. Der Länder-Datensatz wird mit der Methode `getCountries()` von `Utilities` aufgerufen. Mit druck auf den Knopf wird die Seite Stationen auswählen aufgerufen und die Parameter werden an diese übergeben.

### **Stationen auswählen**

Diese Seite befindet sich im Tab Musik. Hier ist es möglich Stationen, welche zu der Favoritenliste hinzugefügt werden sollen, auszuwählen. Als Parameter werden Ländername und Sprache übergeben. Dementsprechend werden die zu auswählenden Stationen nach diesen Parametern gefiltert. Das Abrufen der Stationen erfolgt mithilfe der Methode `getStations()` und die Darstellung mithilfe der `StationList`-Komponente. Nach klick auf den Haken rechts unten werden die Stationen mithilfe der Funktion `addFavouriteStations()` zur Favoritenliste hinzugefügt.

### **Favoriten-Auswahl**

Auf dieser Seite wird eine Liste, mit allen Stationen, welche dem ausgewählten Land und der ausgewählten Sprache entsprechen, angezeigt. Hier kann man Radio-Stationen markieren und mit klick auf den Haken diese zu seiner Favoritenliste hinzufügen.

## **4.3 Design Adaptergehäuse**

Das Adaptergehäuse trägt einen wesentlichen Teil zur Sicherheit des Endverbrauchers sowie zur optimalen Funktionalität der Komponenten bei. Zudem soll es möglichst kompakt sein.

### **4.3.1 Grundsätzlicher Aufbau**

Die Grundlage für den Prototyp bildet ein Kasten mit Deckel.

Das Gehäuse wurde mit frei schwebenden, jedoch an den Wänden befestigten Stützen ausgestattet, um den Mikrocontroller fest montieren zu können. Der Prototyp wurde zudem mit kleinen Zylindern auf den Stützen ausgestattet, um den Mikrocontroller mit seinen bereits vorhandenen Aussparungen darauf platzieren zu können. Der Digital-/Analogwandler und der Akku-Laderegler finden auch auf solchen Stützen ihren Platz. Der Gedanke dahinter war, den Akku un-

ter den Bauteilen zu platzieren. Mehr dazu im Teil "Wärmeableitung". Zudem wurden in einer Wand des Gehäuses Aussparungen für die Buchsen platziert. Die Aussparungen für die RGB-LED und den Taster wurden im Deckel platziert. Eine Art Abdeckung für den Taster selbst wird auf diesen geklebt um ein gleichbleibendes Erscheinungsbild des Gehäuses zu behalten. Der Deckel, der von oben auf das Gehäuse gedrückt wird, schließt dieses. Im Deckel ist zusätzlich ein Belüftungsgitter eingelassen.

#### **4.3.2 Wärmeableitung**

Wärmeableitung ist wichtig, da Mikroprozessoren, wie alle anderen Prozessoren auch, bei intensivem Betrieb Hitze entwickeln. Laut einer eigens durchgeführten Messung wird der in diesem Fall eingesetzte ESP32 meistens nur rund 38°C warm. Bei hoher Rechenleistung sind jedoch auch höhere Temperaturen möglich. Der ESP32 hat laut Hersteller eine mögliche Betriebstemperatur von -40°C bis +125°C. Damit die entstandene Wärme gut ableiten kann und keine der Komponenten beeinflusst (vor allem den Akku, da dieser bei hohen Temperaturen Explosionsgefahr ausgesetzt ist), wird der Mikrocontroller im Gehäuse oben, also auf Stützen angebracht. Die aufsteigende Wärme kann somit nach oben durch das dafür vorgesehene Gitter entweichen und staut sich somit nicht im Inneren des Gehäuses. Der Akku liegt dementsprechend unter dem Mikrocontroller und allen anderen Komponenten und wird durch die abstrahlende Hitze dementsprechend nur etwas wärmer als Raumtemperatur.

vgl. <https://www.espressif.com/en/products/socs/esp32>

#### **4.3.3 Virtuelles 3D-Design**

Um ein 3D-Modell des Prototypen zu zeichnen, wurde AUTODESK Fusion verwendet. Der Anbieter beschreibt seine Software folgendermaßen: "Autodesk Fusion verbindet Ihren gesamten Fertigungsprozess durch die Integration von CAD, CAM, CAE und PCB in einer einzigen Lösung, mit der Sie Ihre Ideen verwirklichen und praktisch alles fertigen können."

Wenn man schon früh beachtet, dass die Prototypen mit einem 3D-Drucker gefertigt werden, kann man schon das 3D-Design für eine gute Druckbarkeit auf 3D-Drucker anpassen. Damit ist hauptsächlich gemeint, überhängende Drucke, komplizierte Stützstrukturen oder ähnliches zu vermeiden.

##### **Basis**

Die Basis des Adapters bildet ein 71x58x27mm großer Kasten mit 2mm Wanddicke. Aus Erfahrung kann man sagen, dass diese Dicke bei 3D-Drucken stabil ist, während sie jedoch nicht zu klobig wirkt.

Die Stützen des Mikrocontroller beginnen auf 11mm Höhe und sind auf einer

Längenseite 6x6x5mm und auf der anderen 6,9x6x5mm groß. Sie sind jeweils mit einer oder zwei Seiten an der Wand der Basis und somit überhängend. Dies wird im Teil "Drucken des Prototyps/Stützstruktur" noch wichtig.

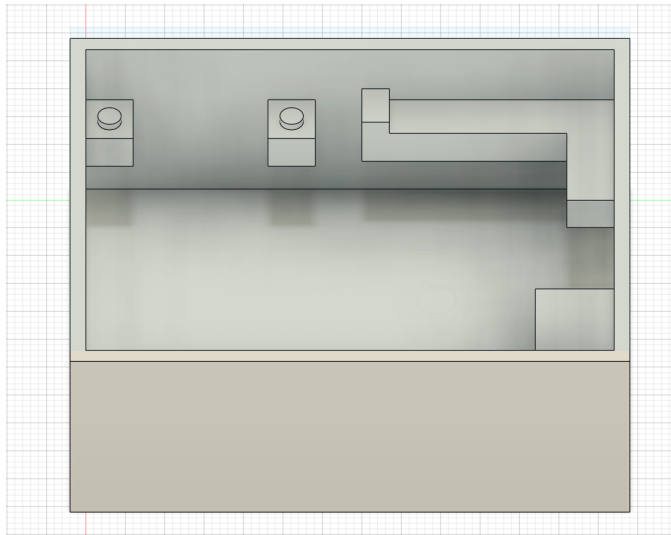


Abbildung 11: Abbildung der Stützen für die Komponenten

Auf den Stützen befinden sich jeweils Zylinder, die genau auf die Aussparungen des Mikrocontroller vermessen wurden. Die Zylinder haben einen Durchmesser von exakt 3mm. Der Abstand der Mittelpunkte dieser Zylinder war bei unserem Modell 47,10mm in der Länge und 23,10mm in der Breite. Auf einer Seite befindet sich zwischen Wand und Zylinder etwas mehr Platz, da der USB-C Port des Mikrocontrollers etwas über diesen herausragt. Deswegen auch der zuletzt erwähnte Versatz der Stütze von 0,9mm.

Die Breite der Basis ist also genau auf die Länge von dem von uns benutzten Mikrocontroller zugeschnitten.

In den gegenüberliegenden Ecken der Basis befinden sich der Digital-/Analogwandler und der Laderegler. Die Maße des Digital-/Analogwandler sind 31,8x17,2mm. Die Maße des Laderegler sind 28x17,45mm. Beide liegen, wie der Mikrocontroller auch, auf überhängenden, 5mm hohen Stützen auf. Aufgrund der USB-C Buchse wird der Halt des Laderegler noch von einer 3,5mm breiten 2mm-Erhöhung am Ende der Stütze verstärkt. Die USB-C Buchse wurde passend zum Laderegler und der Norm entsprechend (8,34x2,56mm Größe) eingelassen. Der Digital-/Analogwandler wird aufgrund der 3,5mm Klinkenbuchse von einer herabstehenden Wand gestützt, die im Teil "Deckel" genauer beschrieben wird. Die Aussparung der AUX-Buchse wurde auch passend für den Digital-

/Analogwandler platziert und hat einen Durchmesser von 6mm.

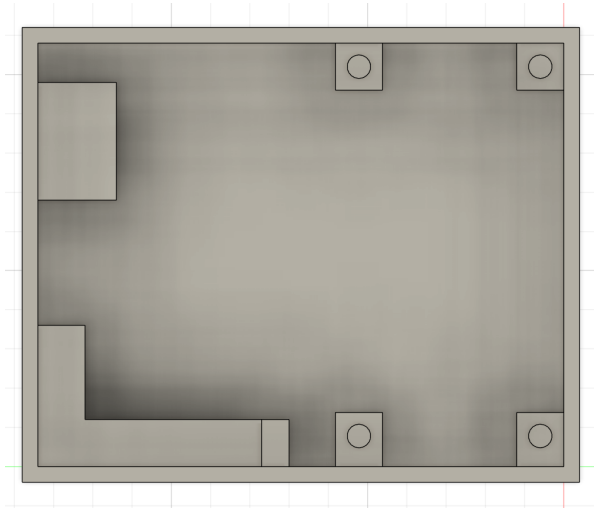


Abbildung 12: Draufsicht der Basis in AUTODESK Fusion

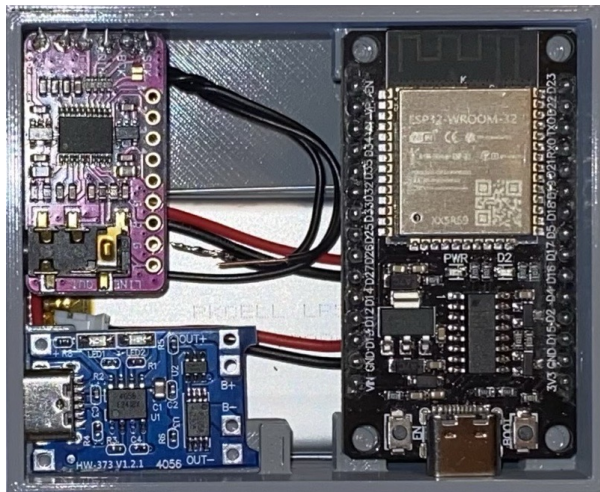


Abbildung 13: Bild der Basis mit den wichtigsten Komponenten an Ort und Stelle

Deckel



Der Deckel des Adapters ist grundsätzlich, wie die Wände der Basis, 71x58x2mm groß. Dieser hat jedoch eine zentrierte 67x54x1mm große Stufe. Mit dieser Stufe lässt sich der Deckel kleberlos auf den Adapter setzen und hält aufgrund der Eigenschaften des 3D-Drucks auch, zumindest für den Prototypen, fest genug. Wie schon erwähnt, wird der DAW durch eine herabstehende Wand zusätzlich gestützt. Die Maße dieser Wand sind 32x2x10mm. Es würde keinen Sinn machen, die Wand wie beim Laderegler von der Außenwand aus überhängend zu machen, da der DAW länger als der Laderegler ist und die Buchse sich eher mittig in der entsprechenden Außenwand der Basis befindet.

An der freien Seite der Stützwand (nicht die des DAW) befindet sich ein runder Schacht für die RGB-LED mit 5mm Durchmesser und eine Aussparung für den Aufsatz des Tasters mit 10,10mm Durchmesser. Der Taster mit den Grundmaßen 6x6mm wird durch eine Art U-Form aus Wänden im Gehäuse gehalten. Eine Wand davon bildet die gerade eben beschriebene Stützwand. Die untere Wand, auf der der Taster aufliegt, hat zudem zwei auf den Taster angepasste, 1mm große Aussparungen für die zwei Pole des Tasters.

Wenn man in der Draufsicht auf den Deckel schaut, ist dort wo sich der Prozessor selbst befindet, ein Gitter in den Deckel eingelassen. Dieses Gitter hat die Maße 19,9x21,6mm, was etwas größer als der Prozessor des ESP32 ist. Das Gitter besteht aus diagonalen Streben, die jeweils 1,5mm breit sowie 1,5mm weit voneinander entfernt sind. So entsteht eine einfache und stabile Möglichkeit, Wärme durch den Deckel abzuleiten.

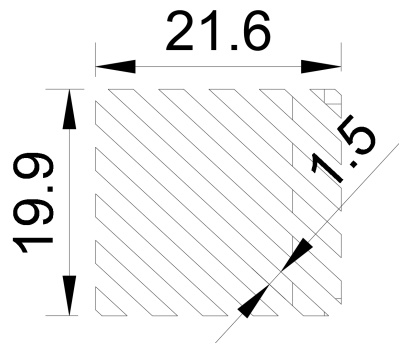


Abbildung 14: bemaßte Skizze des Belüftungsgitters in AUTODESK Fusion

#### **Tasteraufsatz**

Den Tasteraufsatz bildet ein Zylinder mit 9,5mm Durchmesser, auf dem sich ein weiterer Zylinder mit 5,5mm Durchmesser und zentrierter 3,5mm Aussparung für den Taster befindet.

vgl. <https://www.autodesk.com/de/products/fusion-360/overview>  
vgl. <https://www.elektronik-kompodium.de/sites/com/2009021.htm>

## 4.4 Fertigung Adaptergehäuse

Das Material unseres Gehäuses wurde auf Kunststoff begrenzt. Für die Fertigung von Kunststoffgehäusen gibt es hauptsächlich diese Möglichkeiten, welche für uns in Frage kommen:

### Spritzgießen

„Beim Spritzgießen wird der Kunststoff aus einem Plastifiziergerät (erwärmt den Kunststoff auf Schmelztemperatur) in einen Hohlraum (Formwerkzeug) gespritzt, in welchem er erst verdichtet wird und dann erkaltet.“

Ein Vorteil für dieses Verfahren ist, dass auch komplizierte Formteile voll automatisiert sehr schnell in hohen Stückzahlen produziert werden können. Der große Nachteil sind jedoch die hohen Stückkosten für die Formwerkzeuge.

vgl. <https://www.chemie.de/lexikon/Kunststoffverarbeitung.html>

### 3D-Druck

Die zwei gängigsten 3D-Druck-Methoden sind Filament und Resin Harz. Aufgrund des hohen Aufwands, den ein Resin-Drucker mit sich bringt, wurde für dieses Projekt die Methode mit Filament gewählt.

Beim 3D-Drucken durch Fused Deposition Modeling (Schichtschmelzverfahren) wird Kunststoff in Drahtform (Filament) (die häufigsten Dicken sind 2,85mm (allgemein als 3mm bezeichnet) und 1,75mm wobei die 1,75mm Version weltweit am häufigsten verbreitet ist) durch beheizte Düsen geleitet und somit geschmolzen. Das nun weiche Filament wird in Schichten auf die Druckplatte aufgetragen und erhärtet kurz darauf. Durch dieses Schichten lassen sich präzise Körper aus Kunststoff bauen.

vgl. <https://www.printer-care.de/de/drucker-ratgeber/wie-funktioniert-ein-3d-drucker>

vgl. [https://help.prusa3d.com/de/glossary/175-mm\\_134816](https://help.prusa3d.com/de/glossary/175-mm_134816)

#### 4.4.1 Drucken des Prototyps

Die Gehäuse-Prototypen wurden mit einem „PRUSA MK4S“ 3D-Drucker gefertigt. Alle FFF-Drucker von Prusa sind für 1,75-Filament konfiguriert.

### Druckeinstellungen

Die Temperatur der Build Plate lag bei uns Standardmäßig auf 60°C. Die Drucktemperatur, also die der Nozzle (Düse) wurde beim ersten Layer auf 200°C ein-

gestellt (praktisch 190°C), die finale Temperatur lag bei 185°C.

Das erste Layer wurde 0,15mm Dick gedruckt, die restlichen 0,2mm dick.

Als Infill-Pattern wurde „Grid“ mit 20% Dichte und 4mm Line-Distance gewählt.

Das Drucken verlief mit den von uns gewählten Einstellungen reibungslos, jedoch an manchen Stellen etwas unsauber. Beispielsweise war das Ergebnis der Aussparung für den Taster im Deckel des Adapters so ungenau, dass der Durchmesser des Aufsatzes für den Taster um 0,5mm verkleinert werden musste. Sonstige Ungenauheiten stellten, zumindest abgesehen von der Optik, kein Problem dar.

Für die Basis und den Deckel

vgl. [https://help.prusa3d.com/de/glossary/175-mm\\_134816](https://help.prusa3d.com/de/glossary/175-mm_134816)

## 4.5 Zusammensetzen des Prototypen

Die Komponenten werden jeweils einzeln direkt mit dem Mikrocontroller verbunden. Bei diesem Prototyp lässt sich der Mikrocontroller nämlich vorerst als Platine betrachten, welcher zusätzliche Komponenten zugefügt werden.

### 4.5.1 Schaltplan

Die Pinbelegung zwischen den Komponenten und dem Mikrocontroller ist folgendermaßen gelöst:

#### **Digital-/Analogwandler**

BCK (Wandler) an D26 (Mikrocontroller)

LCK (Wandler) an D25 (Mikrocontroller)

DIN (Wandler) an D22 (Mikrocontroller)

#### **Taster**

1 (Taster) an 3V3 (Mikrocontroller)

2 (Taster) an D12 (Mikrocontroller)

#### **RGB-LED**

R (LED) an D15 (Mikrocontroller)

G (LED) an D2 (Mikrocontroller)

B (LED) an D4 (Mikrocontroller)

GND (LED) an GND (Mikrocontroller)

#### 4.5.2 Verdrahten

Bei unserem Prototypen wurden alle Komponenten, der Pinbelegung entsprechend, mit dem Mikrocontroller verbunden. Dabei kamen Drahtkabel, Litzenkabel und Steckkabel (Litze) zur Verwendung. Dies hatte hauptsächlich den Grund, dass zum Beispiel nur mit Drähten nicht alle Verbindungen optimal möglich gewesen wären. Das ist hauptsächlich der Löt haftung an einigen Komponenten zu verschulden. Um keine Wackelkontakte, oder gar unterbrochene Verbindungen zu riskieren, wurde für jede Verbindung einzeln entschieden, welches der genannten Verfahren sich am besten eignet. So entstanden zum Beispiel Steckverbindungen, gelötete Drahtverbindungen oder Mischungen aus gelöteten Litze- und Steckverbindungen (jeweils am anderen Ende des Kabels).

#### Löten

„Das Löten ist das Verbinden von Metallteilen durch eine Metalllegierung (das Lot) unter Einfluss von Wärme/Hitze.“

Man unterscheidet grundsätzlich zwischen Weich- und Hartlöten. Ausschlaggebend dabei ist die Schmelztemperatur des Lots. So haben Weichlote eine Schmelztemperatur unter 450°C während Hartlote erst ab 450°C bis etwa 1100°C schmelzen. „Das Weichlot wird verwendet, wenn die Verbindung zweier Metalle dicht und leitfähig sein soll und um die mechanische Belastbarkeit keine hohe Anforderung gestellt wird.“ Weichlöten war für dieses Projekt also die bessere Wahl.

Um einen Lötvorgang aus eigener Erfahrung möglichst kurz zu beschreiben: Man hat beispielsweise zwei Kabel die man verbinden möchte und die Verbindung sollte möglichst fest halten und gut leiten. Zuerst müssen die Enden der Kabel abisoliert werden. Es kann helfen, wenn man die Enden schon vor der eigentlichen Verbindung sozusagen etwas „verzinnt“. Nun richtet man die Kabel zueinander so aus, wie sie später fixiert sein sollen. Man fährt mit dem Ende des Lots (umgangssprachlich Löt zinn) an die heiße Spitze des Löt kolben und schmilzt so etwas Lot auf die Verbindungsstelle (nicht zu viel, sonst erhält man dicke Tropfen; jedoch auch nicht zu wenig, da die Verbindung dann möglicherweise nicht ausreichend hält). Nach dem abkühlen macht es Sinn, die Lötverbindung durch leichtes rütteln oder ziehen zu überprüfen. Löten ist letztendlich aber ein Handwerk, das für saubere Ergebnisse Geduld und Übung voraussetzt.

(vgl. <https://www.elektronik-kompodium.de/sites/grd/0705261.htm>)

#### 4.5.3 Kleben

Damit alle Komponenten und Teile sicher im Gehäuse sitzen und nichts klappert oder sich gar bewegt, müssen gewisse Komponenten angeklebt werden. Vorallem bei den Buchsen ist eine feste Verbindung wichtig, da diese bei jedem Ein- und

Ausstecken großer Belastung ausgesetzt sind. Somit wurden der Laderegler und der Digital-/Analogwandler an den dafür gedruckten Stützen angeklebt. Zudem wurde der gedruckte Aufsatz in Gehäuseoptik für den Taster auf diesem befestigt. Für alle Klebverbindungen im Adapter wurden entweder herkömmliches Cyanacrylat (Superkleber) oder Schmelzklebstoff (Heißkleber) verwendet.

## 5 Testen und Fehlerbehebung

### 5.1 Testen des Gesamtsystems

#### 5.1.1 Testen des Prototypen

Es gibt unzählbar viele Möglichkeiten einen Prototypen auf Herz und Nieren zu testen. Diese Diplomarbeit beschränkt sich jedoch auf einige wesentliche Aspekte wie Verarbeitung, Funktion und Useability.

#### **Verarbeitung**

Positives:

Die äußere Verarbeitung des Multi Room Sound-Adapters ist für einen Prototypen sehr gut ausgefallen. Fertig zusammengesetzt wirkt das Gerät stabil und wertig. Es hat etwas Gewicht und nichts klappert wenn man es schüttelt. Die Buchsen halten der für Buchsen normalen Belastung stand. Beide der Buchsen lassen sich problemlos benutzen, beim Ein- und Ausstecken gibt es keine Probleme. Der Taster des Adapters ist, zumindest unseren Erwartungen nach, besonders gut ausgefallen, er hat ein angenehmes Klickfeeling und lässt sich reibungslos betätigen. Die Statusanzeige funktioniert so wie sie soll.

Negatives:

Man sieht dem Gehäuse bei guter Beleuchtung eindeutig an, dass es 3D-gedruckt wurde. Manche Oberflächen wirken eher geriffelt als flach. Diese Oberflächeneigenschaften sind jedoch völlig normal für 3D-Drucker und beeinflussen die Funktionsweise des Gesamtsystems nicht. Bei einem tatsächlichen Vertrieb des Produkts müsste man sich jedoch noch einmal genau über Oberflächenbeschaffenheiten beim 3D-Druck informieren oder das Gehäuse, wie auch bei der Auswahl des Fertigungsverfahrens schon kurz diskutiert, gar Spritzgießen lassen. Ein Spritzguss hat nämlich bessere Oberflächeneigenschaften als ein 3D-Druck.

(vgl. <https://2d-spritzguss.de/3d-druck-spritzguss>)

#### **Funktion**

Der Adapter funktioniert und erfüllt seine Funktionen ohne größere Fehler oder

Komplikationen.

### **Usability**

Die Anwendung des Adapter ist grundsätzlich angenehm. Es gilt jedoch zu bedenken, dass uns sowohl Software als auch Hardware schon bekannt sind. Wie sich die Usability verändert, wenn den Adapter jemand benutzt, der ihn noch nie gesehen hat, kann man nur schlecht sagen. Dafür wären mehrere Produkttests nötig. Falls ein Vertrieb des Produkts in betracht gezogen werden würde, wäre dies auf jeden Fall ein wichtiger Punkt.

## **5.2 auftretende Fehler beheben**

## **5.3 Test auf Cybersecurity**

In diesem Kapitel wird der gesamte Code auf Sicherheitslücken getestet.

## **5.4 Auftretende Sicherheitslücken schließen**

In diesem Kapitel werden die bei den Tests aufgetretenen Sicherheitslücken geschlossen.

# **6 Einzelnachweise**

## **6.1 Literaturverzeichnis**

## **6.2 Abbildungsverzeichnis**

### **Abbildungsverzeichnis**

1	UML-Ablaufdiagramm Microcontroller Setup . . . . .	22
2	UML-Ablaufdiagramm Microcontroller Loop . . . . .	24
3	UML-Klassendiagramm Microcontroller . . . . .	26
4	Aufbau Seite . . . . .	29
5	AdapterItem, verbunden . . . . .	32

6	AdapterItem, nicht verbunden . . . . .	32
7	AdapterItem, ausgewählt . . . . .	32
8	StationList, editable . . . . .	33
9	StationItem . . . . .	35
10	StationItem, selected . . . . .	35
11	Abbildung der Stützen für die Komponenten . . . . .	39
12	Draufsicht der Basis in AUTODESK Fusion . . . . .	40
13	Bild der Basis mit den wichtigsten Komponenten an Ort und Stelle	40
14	bemaßte Skizze des Belüftungsgitters in AUTODESK Fusion . .	41

## 6.3 Anhang

### 6.3.1 Code Microcontroller

### 6.3.2 Code Smartphoneapp