

# Peer-to-Peer Kommunikation für Sprachübertragung in einem Praxisrufsystem

IP6 - Bachelor Thesis

8. Januar 2022

Studenten     Joshua Villing

Fachbetreuer     Daniel Jossen

Auftraggeber     Daniel Jossen

Studiengang     Informatik

Hochschule     Hochschule für Technik

## Management Summary

Lorem Ipsum

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Vorgehensweise</b>	<b>3</b>
2.1	Projektplan . . . . .	3
2.2	Meilensteine . . . . .	4
<b>3</b>	<b>Anforderungen</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>Technologie Evaluation</b>	<b>7</b>
4.1	Mobile Client . . . . .	7
4.2	Sprachsynthese . . . . .	9
4.3	Gegensprechanlage . . . . .	11
<b>5</b>	<b>Konzept</b>	<b>13</b>
5.1	SystemArchitektur . . . . .	13
5.2	Migration Benachrichtigungen . . . . .	16
5.3	Sprachsynthese . . . . .	17
5.4	Sprachübertragung . . . . .	21
5.5	Zusammenfassung . . . . .	27
<b>6</b>	<b>Umsetzung</b>	<b>29</b>
6.1	Resultate . . . . .	29
6.2	Tests . . . . .	30
6.3	Fazit . . . . .	31
<b>7</b>	<b>Schluss</b>	<b>32</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>33</b>
	<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>35</b>
<b>A</b>	<b>Aufgabenstellung</b>	<b>36</b>
<b>B</b>	<b>Quellcode</b>	<b>37</b>
<b>C</b>	<b>Ehrlichkeitserklärung</b>	<b>38</b>

# 1 Einleitung

”Ärzte und Zahnärzte haben den Anspruch in Ihren Praxen ein Rufsystem einzusetzen. Dieses Rufsystem ermöglicht, dass der behandelnde Arzt über einen Knopfdruck Hilfe anfordern oder Behandlungsmaterial bestellen kann. Zusätzlich bieten die meisten Rufsysteme die Möglichkeit eine Gegensprechfunktion zu integrieren. Eine durchgeführte Marktanalyse hat gezeigt, dass die meisten auf dem Markt kommerziell erhältlichen Rufsysteme auf proprietären Standards beruhen und ein veraltetes Bussystem oder analoge Funktechnologie zur Signalübermittlung einsetzen. Weiter können diese Systeme nicht in ein TCP/IP-Netzwerk integriert werden und über eine API extern angesteuert werden.

Im Rahmen dieser Arbeit soll ein Cloudbasiertes Praxisrufsystem entwickelt werden. Pro Behandlungszimmer wird ein Android oder IOS basiertes Tablet installiert.

Auf diese Tablet kann die zu entwickelnde App installiert und betrieben werden. Die App deckt dabei die folgenden Ziele ab:

- Evaluation Frameworks für die Übertragung von Sprachinformationen (1:1 und 1:m)
- Erweiterung SW-Architektur für die Übertragung von Sprachdaten
- Definition und Implementierung Text-to-Speech Funktion
- Implementierung Sprachübertragung inklusive Gegensprechfunktion
- Durchführung von Funktions- und Performancetests

Die Hauptproblemstellung dieser Arbeit ist die sichere und effiziente Übertragung von Sprach- und Textmeldungen zwischen den einzelnen Tablets. Dabei soll es möglich sein, dass die App einen Unicast, Broadcast und Multicast Übertragung der Daten ermöglicht. Über eine offene Systemarchitektur müssen die Kommunikationsbuttons in der App frei konfiguriert und parametrisiert werden können.”<sup>1</sup>[1]

Mit dem Projekt IP5 Cloudbasiertes Praxisrufsystem[2] wurde bereits eine mobile Applikation für Praxisruf umgesetzt. Mit dieser Applikation können bereits heute Benachrichtigungen über Praxisruf versendet und empfangen werden. Um die Wartbarkeit und Hardware- sowie Betriebssystemkompatibilität zu gewährleisten wurde im Fazit des Vorgängerprojekts empfohlen, die Applikation neu als native Applikation für iOS und Android zu schreiben.[2] Dieses Projekt beinhaltet damit die Migration des bestehenden Mobile Clients in eine native iOS Applikation sowie die Erweiterung um Sprachbezogene Funktionen.

Bei Projektstart bestehen zwei primäre Gefahren. Die erste Gefahr besteht in der Unerfahrenheit der Projektteilnehmer mit Mobileentwicklung und insbesondere im Bezug Sprachkommunikation. Das Projektteam hat lediglich aus dem Vorgängerprojekt {ip5} Erfahrungen mit mobiler Entwicklung. Dies beinhaltet aber keine native iOS Entwicklung, wie sie für dieses Projekt notwendig ist. Weiter besteht keinerlei Erfahrung mit der Verarbeitung und Übertragung von Sprachdaten und Telefonie. Die Gefahr für das Projekt besteht hier darin, dass die Evaluation und Umsetzung länger als erwartet gehen können oder das Konzept nicht wie erwartet umgesetzt werden können. Dieses Risiko kann durch Recherche und Proof Of Concepts minimiert werden. Die zweite Gefahr besteht in der pandemischen Situation bei Projektstart im Herbst 2021. Es ist damit zu rechnen, dass viele Meetings nicht persönlich stattfinden können. Die Organisation und Kommunikation des Projektes wird auf die Einschränkungen der aktuellen Lage angepasst und von Anfang primär über digitale Werkzeuge organisiert. Präsentationen, Demonstrationen und Tests mit dem Kunden werden, wenn möglich vor Ort abgehalten. Ist dies nicht möglich werden auch Sie über Microsoft Teams abgehalten. Weiter ist es möglich, dass Projektteilnehmende Krankheits halber ausfallen und sich das Projekt deshalb verzögert. Sollte dies der Fall werden müssen Umfang und Prioritäten im Projekt neu evaluiert und gegebenenfalls angepasst werden.

Die Umsetzung des Projekts erfolgt in vier Phasen. Zu Beginn werden die grundlegenden Anforderungen und der Umfang des zu entwickelnden Produkts definiert und festgehalten. Diese Anforderungen werden

---

<sup>1</sup> Ausgangslage, Ziele und Problemstellung im Originaltext der Aufgabenstellung

in Form von Meilensteinen erfasst und priorisiert. In der zweiten Phase werden Technologien evaluiert und ausgewählt, um die Anforderungen an das System umzusetzen. Es werden die Konzepte erstellt, wie das System umgesetzt wird. Die Konzepte müssen dabei nicht abschliessend definiert sein. Es müssen aber Grundabläufe und Schlüsselentscheidungen definiert werden. Wo möglich werden einfache Proof Of Concepts erstellt, um die gewählten Technologien und Konzepte zu validieren. In der dritten Phase werden die Anforderungen schliesslich umgesetzt. Für die Umsetzung wird zuerst ein nativer Mobile Client aufgesetzt und die Funktionalität des bestehenden Mobile Clients übernommen. Anschliessend wird die Sprachsynthese implementiert, da diese eng mit der bestehenden Funktionalität verknüpft ist. Als drittes wird schliesslich die Funktion der Gegensprechanlage umgesetzt. Zum Schluss der dritten Phase ist Zeit eingeplant um die Applikation eingehend zu testen, Fehler zu beheben und andere Optimierungen vorzunehmen. Es werden Tests zusammen mit dem Kunden durchgeführt. Dieser kann Feedback geben und Erweiterungs- und Änderungswünsche angeben. Diese werden gemeinsam priorisiert und soweit wie möglich in das Produkt miteingearbeitet. Der Projektbericht wird während des gesamten Projektes geschrieben. Die vierte Phase zum Schluss des Projektes ist zur vervollständigung und Korrektur des Projektberichtes reserviert.

Im nachfolgenden Hauptteil werden die erarbeiteten Konzepte und Resultate vorgestellt. Zuerst werden Vorgehensweise, Projektplan und die Organisation für das Projekt. Anschliessend werden die Anforderungen vorgestellt, welche für Praxisruf umgesetzt werden. Es wird darauf beschrieben, welche Technologien für die Umsetzung verwendet wurden und begründet, wieso diese Technologien gewählt wurden. Das Kapitel Konzept beschreibt das detaillierte technische Konzept für Funktionsweise und Architektur von Praxisruf. Darauf wird das umgesetzte System und Herausforderungen während der Umsetzung vorgestellt. Am Ende der Arbeit stehen ein Fazit und Schlusswort mit Empfehlungen für das weitere Vorgehen.

## 2 Vorgehensweise

### 2.1 Projektplan



Abbildung 2.1: Projektplan

In der ersten Phase des Projektes (KW38-KW42) wird das Projekt aufgesetzt. Anforderungen und Umfang des Projektes werden zusammen mit dem Auftraggeber erarbeitet und anschliessend dokumentiert. Es wird ein Projektplan erstellt und die ersten Teile des Projektberichts werden aufgesetzt. Infrastruktur und Codebasis des Vorgängerprojektes wird übernommen und wo nötig für dieses Projekt angepasst. Für die Entwicklung des nativen Mobile Clients muss die Entwicklungsumgebung inklusive Apple Hardware aufgesetzt werden. Während dieser Zeit arbeitet sich das Projektteam bereits in die iOS Entwicklung ein um erste Erfahrungen zu sammeln und um zu validieren, dass die Entwicklungsumgebung vollständig und funktionsfähig ist. In der zweiten Phase (KW42-KW47) werden primär Konzepte erarbeitet und validiert. Dies beinhaltet das evaluieren von Technologien, das definieren und dokumentieren von Grundprozessen und Datenstrukturen. Die erstellten Konzepte sollen mit möglichst einfachen Proof Of Concepts validiert werden. Weiter wird dokumentiert, wie die bestehende Systemarchitektur erweitert wird um die neuen Funktionen zu ermöglichen. Dabei müssen insbesondere Skalierbarkeit, Erweiterbarkeit und Integrierbarkeit des Systems bewahrt werden. Die Umsetzung des Systems findet schliesslich in der dritten Phase (KW47-KW08) statt. Die festgehaltenen Anforderungen und Konzepte werden implementiert. Dabei wird als erstes der bestehende Mobile Client neu in eine native iOS Applikation migriert. Darauf wird der Client um die Sprachsynthesefunktion und letztlich um die Funktion Gegensprechanlage erweitert. Die erarbeiteten Konzepte werden in dieser Phase laufend überarbeitet und angepasst. Sobald die Applikation einen gewissen Reifegrad erreicht hat, soll der Kunde mitteilen und Input geben können, welche Änderungen und Erweiterungen er wünscht. Diese werden soweit es der zeitliche Rahmen erlaubt mit eingearbeitet. Während der Umsetzungsphase werden laufend automatisierte Tests geschrieben und Smoketests durchgeführt. Zum Ende der Umsetzungsphase sollen zudem Performance Metriken erfasst werden. Als letzter Test wird schliesslich ein Abnahmetest mit dem Kunden durchgeführt. Die vierte Phase (KW09-KW12) bildet den Abschluss des Projekts. Es werden keine Änderungen mehr an der Applikation vorgenommen. Der Projektbericht wird fertiggestellt und das Projekt wird für die Abgabe vorbereitet.

## 2.2 Meilensteine

In der Anfangsphase des Projektes wurden folgende Meilensteine definiert:

<b>Id</b>	<b>Beschreibung</b>
M01	<b>Initiale Anforderungsanalyse</b> Die Anforderungen an das Projekt aus der Aufgabenstellungen sind in User Stories dokumentiert.
M02	<b>Einarbeit und Setup IOS Umgebung</b> Projektteilnehmende sind mit groben Konzepten der IOS Entwicklung vertraut. Die Entwicklungsumgebung ist bereit für die Umsetzung.
M03	<b>Evaluation Technologien</b> Die Evaluation der Technologien für und Gegensprechanlage (VOIP Kommunikation) ist abgeschlossen.
M04	<b>Konzepte</b> Die Konzepte für Systemarchitektur, Aufbau und Architektur der mobilen Applikation sowie Anpassungen an bestehenden Komponenten im System sind abgeschlossen.
M05	<b>Migration bestehender Funktionalität</b> Die Funktionen die im Mobile Client der Projektarbeit IP5 Cloudbasiertes Praxisrufsystem umgesetzt wurden, stehen in der neu entwickelten nativen IOS Applikation zur Verfügung.
M06	<b>Umsetzung</b> Alle Anforderungen zu der Funktion sind in der neu entwickelten nativen IOS Applikation umgesetzt.
M07	<b>Umsetzung Gegensprechanlage 1:1</b> Alle Anforderungen für die 1:1 Kommunikation über die Funktion Gegensprechanlage sind in der neu entwickelten nativen IOS Applikation umgesetzt.
M08	<b>Umsetzung Gegensprechanlage 1:n</b> Alle Anforderungen für die 1:1 Kommunikation über die Funktion Gegensprechanlage sind in der neu entwickelten nativen IOS Applikation umgesetzt.
M09	<b>Polishing und Erweiterungen</b> Die Applikation wurde eingehend getestet. Bekannte Fehler sind behoben oder dokumentiert. Gewünschte Anpassungen und Erweiterungen sind umgesetzt oder dokumentiert. Bei allen nicht umgesetzten Anpassungen ist beschrieben, wieso diese nicht umgesetzt werden konnten.
M10	<b>Abnahme</b> Die Abnahmetests wurden zusammen mit dem Kunden ausgeführt.
M11	<b>Projektbericht</b> Der Projektbericht ist vollständig.
M12	<b>Abgabe</b> Projektbericht und Quellcode sind fertiggestellt. Das Projekt ist abgegeben.

### 3 Anforderungen

Es gibt drei Rollen von Stakeholdern, welche Anforderungen an Praxisruf stellen. Die meisten Benutzer des Systems fallen in die Rolle Praxismitarbeitende. Diese verwenden die mobile Applikation von Praxisruf, um in der Praxis miteinander zu kommunizieren. Neben der Rolle der Praxismitarbeitenden, arbeitet auch die Rolle des Praxisverantwortlichen mit dem Praxisrufsystem. Diese Benutzergruppe ist dafür verantwortlich, Praxisruf für Praxismitarbeitende zu konfigurieren. Als dritte Rolle hat zudem der Auftraggeber ein Interesse daran, dass gewisse Rahmenbedingungen gesetzt und eingehalten werden. Siehe Projektbericht Cloudbasiertes Praxisrufsystem [2].

Im folgenden Kapitel werden die Anforderungen dokumentiert, die bei Projektstart ermittelt wurden. Die Anforderungen werden dabei aus fachlicher Sicht mit User Stories festgehalten. Jede User Story beschreibt ein konkretes Bedürfnis einer Stakeholdergruppe.

#### User Stories

##### Praxismitarbeitende

<b>Id</b>	<b>Anforderung</b>
U01	Als Praxismitarbeiter/in möchte ich alle Funktionen aus der existierenden Applikation weiterhin verwenden können, damit mir diese weiterhin die Arbeit erleichtern. <sup>2</sup>
U02	Als Praxismitarbeiter/in möchte ich, dass wichtige eingehende Benachrichtigungen vorgelesen werden, damit den Inhalt der Benachrichtigung kenne, ohne meine Aufmerksamkeit auf den Bildschirm zu richten.
U03	Als Praxismitarbeiter/in möchte ich, das Vorlesen von Benachrichtigungen deaktivieren können, damit ich bei der Arbeit nicht unnötig gestört werde.
U04	Als Praxismitarbeiter/in möchte ich, per Button eine Sprachverbindung zu einem anderen Praxiszimmer aufbauen können, damit ich mich mit einer anderen Person absprechen kann.
U05	Als Praxismitarbeiter/in möchte ich, per Button eine Sprachverbindung zu mehreren anderen Praxiszimmern aufbauen können damit, ich mich mit mehreren anderen Personen absprechen kann.
U06	Als Praxismitarbeiter/in möchte ich über geöffnete Sprachverbindungen in Echtzeit kommunizieren können damit es die Funktion einer Gegensprechanlage wirklich erfüllt.
U07	Als Praxismitarbeiter/in möchte ich nur Buttons für Sprachverbindungen sehen, die für mich relevant sind.
U08	Als Praxismitarbeiter/in möchte ich benachrichtigt werden, wenn ein anderes Zimmer eine Sprachverbindung öffnet, damit ich auf die Anfrage Antworten kann.
U09	Als Praxismitarbeiter/in möchte ich vergangene und verpasste Sprachverbindungen nachvollziehen können, damit ich mich zurückmelden kann.
U10	Als Praxismitarbeiter/in möchte ich, dass eingehende Sprachverbindungen aus anderen Praxiszimmern automatisch geöffnet werden damit ich meine Hände für besseres brauchen kann.
U11	Als Praxismitarbeiter/in möchte ich, direkte Sprachverbindungen aus anderen Praxiszimmern trennen können damit ich ein Gespräch beenden kann.
U12	Als Praxismitarbeiter/in möchte ich, aus Sprachverbindungen zu mehreren Praxiszimmern (Gruppenunterhaltungen) austreten können, damit ich nicht unnötig bei der Arbeit gestört werde.



### Praxisadministrator

<b>Id</b>	<b>Anforderung</b>
U13	Als Praxisadministrator möchte ich konfigurieren können, welche Benachrichtigungen dem Praxismitarbeitenden vorgelesen werden, damit nur relevante Benachrichtigungen vorgelesen werden.
U14	Als Praxisadministrator möchte ich konfigurieren können, aus welchen Zimmern Sprachverbindungen zu welchen anderen Zimmern aufgebaut werden können, damit die Mitarbeitenden das System effizient bedienen können.
U15	Als Praxisadministrator möchte ich Benachrichtigungen, Clients und Benutzer wie zuvor konfigurieren können, damit ich das System weiterhin auf meine Praxis zuschneiden und bestehende Konfigurationen übernehmen kann.

### Auftraggeber

<b>Id</b>	<b>Anforderung</b>
U16	Als Auftraggeber möchte ich die bestehende Betriebsinfrastruktur übernehmen, um von der bereits geleisteten Arbeit profitieren zu können.
U17	Als Auftraggeber möchte ich, dass die bestehenden Komponenten des Systems wo immer möglich weiter verwendet werden, um von der bereits geleisteten Arbeit profitieren zu können.
U18	Als Auftraggeber möchte ich, der bestehende Mobile Client als native iOS Applikation ungeschrieben wird, um Wartbarkeit und Gerätekompatibilität zu gewährleisten.
U19	Als Auftraggeber möchte ich, dass wo möglich der Betrieb von Serverseitigen Dienstleistungen über AWS betrieben wird, damit ich von bestehender Infrastruktur und Erfahrung profitieren kann.

### Features

Aus den User Stories ergeben sich drei Features, welche mit dem Projekt P2P Sprachübertragung in Praxisrufsystemen umgesetzt werden müssen.

<b>Id</b>	<b>Feature</b>
F01	Migration des bestehenden Mobile Client
F02	Sprachsynthese
F03	Gegensprechanlage

Diese Features dienen zur Aufteilung der Umsetzungsphase. F01 Migration des bestehenden Mobile Client bildet die Grundlage für die anderen Features und wird deshalb als erstes umgesetzt. F02 Sprachsynthese ist eng mit der bestehenden Funktionalität verbunden. Es soll deshalb möglichst zeitnah nach F01 umgesetzt werden. F03 Gegensprechanlage ist das Kernstück der neuen Funktionalität. Dieses Feature kann erst umgesetzt werden, wenn die Grundlagenarbeit von F01 umgesetzt ist.

## 4 Technologie Evaluation

In diesem Kapitel wird evaluiert, mit welchen Technologien und Frameworks die Anforderungen für das Projekt umgesetzt werden. Dies beinhaltet die Migration des bestehenden Mobile Clients[2] (F01) sowie die Implementation der neuen Features "Sprachsynthese" (F02) und "Gegensprechanlage" (F03)<sup>2</sup>.

### 4.1 Mobile Client

Mit dem Projekt "IP5 Cloudbasiertes Praxisrufsystem" wurde bereits eine mobile Applikation für Praxisruf umgesetzt. Mit dieser Applikation können bereits heute Benachrichtungen über Praxisruf versendet und empfangen werden.[2] Die bestehende Applikation wurde mit Nativescript[3] als Multi-Platform Applikation gebaut. Um die Wartbarkeit und Hardware- sowie Betriebssystemkompatibilität zu gewährleisten wurde im Fazit des Vorgängerprojekts empfohlen, die Applikation neu als native Applikation für iOS und Android zu schreiben.[2]

Mit diesem Projekt soll die Applikation dementsprechend neu als native iOS Applikation umgesetzt werden. Dabei ist es wichtig, dass sämtliche bestehende Funktionalität auch im neu entwickelten nativen Mobile Client zur Verfügung steht. Um weiterhin Benachrichtungen senden und empfangen zu können, muss die gewählte Technologie es ermöglichen Firebase Cloud Messaging anzubinden und Push Benachrichtigungen im Vorder- sowie im Hintergrund empfangen können. Weiter muss die Technologie es ermöglichen, regelmäßige Aufgaben auszuführen. Dadurch kann überprüft werden, ob der Benutzer ungelesene Benachrichtigungen hat und wenn nötig eine Erinnerung dafür angezeigt werden.

### Programmiersprache

Für die Entwicklung von nativen iOS Applikationen ist die Programmiersprache Swift Industriestandard.[4] Der native iOS Client für Praxisruf wird deshalb mit Swift implementiert.

### Frameworks

Für die Umsetzung von iOS Applikationen stellt Apple die zwei Frameworks UIKit[5] und SwiftUI[6] zur Verfügung. UIKit ist das ältere der beiden Frameworks und ist seit iOS 2.0 verfügbar. Dementsprechend ist das Framework ausgereifter und bietet viele Funktionen zur Integration einer Applikation mit iOS.[5]

SwiftUI ist deutlich neuer und steht seit iOS 13.0 zur Verfügung. Auf der offiziellen Dokumentationsseite zu SwiftUI schreibt Apple "SwiftUI helps you build great-looking apps across all Apple platforms with the power of Swift — and as little code as possible." [6] SwiftUI fokussiert sich auf eine deklarative Syntax, welche es leichtgewichtiger als UIKit macht. Es bietet zudem ausgezeichnete Integration des Entwicklungsworkflows in die XCode Entwicklungsumgebung und viele Standardkomponenten wie Listenansichten, Formfelder und andere UIKomponenten. Dadurch wird es einfacher eine Benutzeroberfläche mit dem nativem Look und Feel einer nativen iOS Applikation umzusetzen.

Da SwiftUI deutlich neuer ist als UIKit, ist es möglich dass es noch nicht alle Funktionen und Betriebssystem Integrationen unterstützt die in UIKit möglich sind. Dieses Problem wird dadurch aufgehoben, dass UIKit Funktionen nahtlos in SwiftUI integriert werden können.[7] Es ist also grundsätzlich möglich, alles was mit UIKit umgesetzt werden kann auch mit SwiftUI umzusetzen.

---

<sup>2</sup>Siehe Kapitel 3

## Unterstützung Benachrichtigungen

Um Notifikationen über Praxisruf versenden und Empfangen zu können, muss Firebase Cloud Messaging in die Applikation integriert werden können. Firebase stellt für die Integration in iOS eine native Library zur Verfügung.[8] Die Integration von Firebase Cloud Messaging kann über Funktionen dieser Library implementiert werden. Dies beinhaltet die Registrierung bei Firebase Cloud Messaging sowie das Empfangen der Benachrichtigungen über Firebase. [9] Damit Push-Benachrichtigungen über das Betriebssystem angezeigt werden können, müssen die Empfangen Benachrichtigungen an das Betriebssystem übergeben werden. Mit AppDelegates ist es möglich sich in den Lifecycle des Betriebssystems einzuhängen[10]. Dadurch ist es auch möglich, Vorder- und Hintergrundbenachrichtigungen über das Benachrichtigungszentrum von iOS anzuzeigen[9].

Die Firebase Cloud Messaging Library kann sowohl mit SwiftUI als auch mit UIKit verwendet werden. AppDelegates sind ein Konzept welches aus UIKit stammt[10]. SwiftUI Applikationen können ohne AppDelegates implementiert werden. UIKit Funktionen können allerdings nahtlos mit SwiftUI integriert werden.[7] Die Firebase Cloud Messaging Library für iOS ermöglicht es also, Benachrichtigungen von Praxisruf sowohl mit UIKit als auch mit SwiftUI umzusetzen.

## Benachrichtigungen prüfen

Der Mobile Client soll den Benutzer regelmässig erinnern, wenn es ungelesene empfangene Benachrichtigungen gibt. Dazu muss regelmässig geprüft werden, ob es solche Benachrichtigungen gibt und gegebenenfalls ein Erinnerungston abgespielt werden. Die standard iOS Libraries von Apple bieten Mittel, mit welchen regelmässige Aufgaben angestoßen werden können. Einerseits können über "Timer" in Regelmässigen abständen Events veröffentlicht werden. Auf einer SwiftUI View kann ein beliebiger Listener registriert werden, der beim Empfang eines Events des Timers aufgerufen wird. Dies bringt die Einschränkung mit sich, dass die Prüfung nur ausgeführt ist, wenn die App im Vordergrund läuft und die View geladen wurde.[11] Da der bestehende Mobile Client dieselbe Einschränkung hat, könnte mit einem Timer trotzdem genau dasselbe Verhalten wie im bestehenden Client umgesetzt werden. Apple bietet allerdings auch Mittel, um Aufgaben im Hintergrund zu verarbeiten. Über die Klasse BGTaskScheduler können Aufgaben erfasst werden, die im Hintergrund ausgeführt werden.[12]

Die Umsetzung von der Erinnerungsfunktion kann also ohne zusätzliche Frameworks umgesetzt werden. Es besteht zudem die Möglichkeit den Umfang des bestehenden Clients zu erweitern und die Prüfungen auch im Hintergrund laufen zu lassen.

## Entscheid

Der native iOS Mobile Client für Praxisruf wird mit Swift und SwiftUI umgesetzt. Der deklarative Syntax, ermöglicht es einfacher übersichtliche und lesbare Komponenten zu implementieren. Ausgezeichnete Integration in die XCode Entwicklungsumgebung und die zur Verfügung gestellten Standard Komponenten reduzieren den Entwicklungsaufwand weiter. Die Neuheit von SwiftUI bedeutet, dass möglicherweise gewisse Funktionen noch nicht mit purem SwiftUI umgesetzt werden können. Um diese Wahrscheinlichkeit zu minimieren, wird iOS15 als Zielplattform gewählt. Mit der Verwendung der neusten iOS Version als Zielplattform kann auch die neuste Version von SwiftUI und damit alle zur Verfügung stehenden Funktionen aus SwiftUI verwendet werden. Sollten trotzdem Funktionen benötigt werden, die SwiftUI nicht unterstützt, können diese dank der nahtlosen Integration mit UIKit implementiert und in Zukunft migriert werden.

## 4.2 Sprachsynthese

Praxisruf soll es neu Unterstützen, dass empfangene Benachrichtigungen vorgelesen werden.<sup>3</sup> Um dies zu ermöglichen muss eine Technologie integriert werden, die es erlaubt den Textinhalt einer Benachrichtigung in eine Sprachdatei zu konvertieren. Diese Sprachdatei muss Audio beinhalten, welches vom Mobile Client abgespielt werden kann.

Diese Integration kann mit den Standardbibliotheken für iOS oder durch die Anbindung eines externen Providers umgesetzt werden. Die Anbindung eines externen Provider kann entweder direkt im Mobile Client implementiert werden. Alternativ das Backend von Praxisruf<sup>4</sup> an den Provider angebunden werden und dem Mobile Client eine Schnittstelle bieten, um diese Daten abzufragen.

### Apple Speech Synthesis

Die Standardbibliothek von für iOS unterstützt das Konvertieren von Text zu Sprache.[13] Sprachsynthese könnte dadurch ohne die Anbindung eines externen Providers umgesetzt werden. Durch die Verwendung Funktionalität die Apple selbst zur Verfügung stellt, ist zudem die Kompatibilität mit nativen iOS Clients garantiert. Gleichzeitig entsteht auch eine starke Bindung an Apple als Sprachsyntheseprovder. Sollte die Funktion in künftigen Versionen nicht mehr unterstützt werden, müsste die ganze Integration von Sprachsynthese neu implementiert werden. Weiter bringt diese Variante den Nachteil, dass der Mobile Client komplexer wird, weil er mit einer zusätzlichen Instanz kommunizieren muss. Letztlich hat diese Variante den Nachteil, dass dieselbe Funktionalität für einen Android Client komplett neu entwickelt werden müsste.

### Amazon Polly

Vom Auftraggeber ist explizit gewünscht, dass Infrastruktur und Services wo möglich über Amazon Webservices bestellt werden.<sup>5</sup> Mit dem Service "Polly" bietet Amazon Webservices einen Service, welcher Text in Sprachdaten verwandeln kann.[14] Amazon Webservices stellt dazu Libraries für iOS[15] als auch für Java zur Verfügung[16]. Polly kann damit sowohl direkt in den nativen Mobile Client als auch in den Cloud Service integriert werden.

Polly von AWS Webservices bietet eine Library für die Intagration in iOS. [15] Mit dieser Library ist es möglich, die Anbindung des externen Sprachsyntheseprovders direkt im Mobile Client zu implementieren. Damit wird eine Lösung eingesetzt, die analog auch für zukünftige Android Clients eingesetzt werden kann. Die starke Bindung zu Apple wird durch diese Lösung ebenfalls aufgehoben. Sie wird allerdings durch eine starke bindung zu Amazon Webservices ersetzt. Ein Wechsel des Providers bleibt auch in dieser Variante aufwändig. Weiter bringt auch diese Variante den Nachteil, dass der Mobile Client komplexer wird, weil er mit einer zusätzlichen Instanz kommunizieren muss.

---

<sup>3</sup>F02 Sprachsynthese

<sup>4</sup>Cloud Service

<sup>5</sup>Siehe Kapitel 3 - F19

Alternativ ist es möglich, die Anbindung des Sprachsyntheseproviders im Cloud Service vorzunehmen. Dies hat einerseits den Vorteil, dass alle Clients eine einheitliche Schnittstelle haben können. Sowohl iOS als auch Android und WebClients können die Audiodaten über genau dieselbe Schnittstelle beziehen. Dies ermöglicht es auch den Provider in Zukunft auszutauschen ohne in den Clients etwas verändern zu müssen. Die Option hat zusätzlich den Vorteil, dass Optimierungen, die nicht Client spezifisch sind getroffen werden können. So wäre es möglich einen externen File Storage anzubinden auf, welchem Audiodaten gespeichert werden. Dadurch müsste der Sprachsynthese Provider weniger oft angesprochen werden. Die Variante hat den Nachteil, dass der Cloud Service komplexer wird. Durch die Integration von Sprachsynthese muss aber mindestens eine Komponente im System ausgebaut werden. Wie stark die Komplexität des System wächst, kann jedoch minimiert werden, indem die neue Funktionalität gekapselt wird. Sie kann so umgesetzt werden, dass sie unabhängig von restlichen System bleibt und alle nötigen Daten über die Schnittstelle der anderen Module bezieht.<sup>6</sup>

## Entscheidung

Die Sprachsynthese wird durch die Anbindung des externen Providers AWS Polly umgesetzt. Der Cloud Service übernimmt die Kommunikation mit AWS Polly und bietet eine Schnittstelle, über welche Clients Audiodaten beziehen können.

Durch diesen Ansatz kann die Abhängigkeit zu einem spezifischen Provider minimiert werden und die Anbindung für alle Client Plattformen gleich gelöst werden. Dies macht diese Variante zukunftssicher und einfacher betreibbar. Der Einfluss von zusätzlicher Komplexität, die dieser Ansatz mit sich bringt, soll durch eine entsprechende Kapselung in der Systemarchitektur minimiert werden.

---

<sup>6</sup>Siehe Kapitel 5.1

## 4.3 Gegensprechanlage

Praxisruf soll um die Funktion einer Gegensprechanlage erweitert werden. Um dies zu ermöglichen, muss das System Sprachübertragung zwischen Mobile Clients in Echtzeit unterstützen. In diesem Kapitel werden die Technologien evaluiert, mit denen dies umgesetzt werden kann.

### 4.3.1 Amazon Chime

Eine Möglichkeit um Sprachverbindungen in Praxisruf zu implementieren, ist die Integration einer bestehenden Business Kommunikationslösung, wie Webex oder Microsoft Teams. Amazon Webservices bietet für diesen Zweck "Amazon Chime" an. Amazon Chime ist ein Kommunikations Service welcher Funktionen für Meetings, Chats und Geschäftsanrufe ermöglicht.[17] Mit dem Amazon Chime SDK für iOS, ist es möglich Sprach- und Videoanrufe bis hin zu Screensharing in native iOS Applikationen zu integrieren.[18]

Die Integration eines solchen Dienstes hat den Vorteil, dass die Telefonie in einen etablierten Provider ausgelagert werden kann. Durch Verträge mit dem Provider können Verfügbarkeitsgarantien und Supportleistungen vereinbart werden. Dies erhöht die Stabilität des Systems und ermöglicht effizienteres Reagieren im Fehlerfall. Weiter fallen für Praxisruf selbst wenig bis keine Aufwände für den Betrieb der nötigen Telefonieinfrastruktur. Die Kosten, welche durch die Anbindung eines Providers anfallen, sind damit schlimmstenfalls gerechtfertigt und bestennfalls die günstigere Option, als die Infrastruktur selbst zu betreiben.

Die Funktionen für Chats, Videounterhaltungen, Meetings und Bildschirmübertragung sind für den Anwendungsfall "Gegensprechanlage in einem Praxisrufsystem" nicht relevant. Bei der Verwendung von Amazon Chime würde also nur ein kleines Subset der Möglichkeiten die der Service bietet verwendet. Der Nachteil daran ist, dass damit eine starke Bindung an den Amazon Chime SDK und die Abläufe, die Amazon Chime zum Verbindungsaufbau vorsieht.

### 4.3.2 WebRTC

WebRTC steht für Web Real-Time Communication. Es ist ein Open Source Projekt, welches Echtzeitkommunikation für mobile Applikationen und Browser Applikationen ermöglicht. Es unterstützt Video-, Sprach- und generische Daten, die zwischen Peers gesendet werden. Die Technologien hinter WebRTC sind als offener Webstandard implementiert und in allen gängigen Browsern als reguläre JavaScript-APIs verfügbar. Für native Clients wie Android- und iOS-Anwendungen steht eine Bibliothek mit derselben Funktionalität zur Verfügung.[19] WebRTC baut zur Kommunikation direkte Peer To Peer Verbindungen zwischen den Kommunikationspartnern auf. Um dies zu ermöglichen ist eine Signaling Instanz notwendig, welche Informationen die zum Verbindungsaufbau notwendig sind zwischen den Partnern vermittelt. WebRTC spezifiziert nicht, wie diese Signaling Instanz aussehen muss. Neben dieser Signaling Instanz ist keine Infrastruktur notwendig, um Daten auszutauschen. Sämtliche Sprachdaten werden direkt über die Peer To Peer Verbindungen zwischen Clients ausgetauscht.

Dies hat den Vorteil, dass die Infrastruktur schlank gehalten werden kann. Zudem kann der Signaling Service auf die eigenen Bedürfnisse zugeschnitten werden. Die Kanäle über die Signale ausgetauscht werden, können frei gewählt werden. Das Signaling im Kontext von Praxisruf kann damit im Cloud Service implementiert werden. Für die Benachrichtigung bei verpassten Anrufen können eigene Mechanismen eingebunden werden. Im Fall von Praxisruf, kann dafür der Notification Teil des Cloud Services verwendet werden. Diese Flexibilität bedeutet auch, dass der Signaling Service weitgehend unabhängig von der spezifischen Technologie implementiert werden kann.

Die Verwendung von WebRTC hat den Nachteil, dass kein fachlicher Support bei Verbindungsproblemen zur Verfügung steht. Dies wird dadurch relativiert, dass der eigene Signaling Service sehr einfach gehalten werden kann. Es wird weiter dadurch relativiert, dass der eigene Signaling Service ebenfalls bei einem Cloud Provider betrieben wird. Dafür können wiederum Supportvereinbarungen getroffen werden.

Die Verwendung von Peer To Peer Verbindungen ist effizient für Verbindungen bei 1:1 Unterhaltungen. Für 1:m Verbindungen müssen aber tatsächlich m Verbindungen aufgebaut werden. Bei grossen Gruppen, ist diese Art des Verbindungsaufbaus ineffizient. Grundsätzlich wäre es möglich, die Kommunikation über einen zentralen Peer zu bündeln.[20] Um dies zu ermöglichen ist aber wieder Infrastruktur nötig, über welche Sprachdaten übertragen werden können.

### **4.3.3 Entscheidung**

Die Funktion Gegensprechanlage wird mit WebRTC umgesetzt. Dazu wird der Cloud Service um ein Modul erweitert, welches Signaling Informationen vermittelt. Im Mobile Client wird die WebRTC iOS Library integriert, um Peer To Peer Sprachverbindungen aufzubauen.

Durch die Verwendung von WebRTC, können Sprachverbindungen aufgebaut werden, ohne einen neuen externen Service zu integrieren. Weiter kann der Infrastruktur zur Signalvermittlung unabhängig von der gewählten Technologie umgesetzt werden. Die Verfügbaren Libraries für iOS, Android und Javascript bedeuten, dass künftige Web- und Android Clients leicht in das System integriert werden können. Support für die Verfügbarkeit des Signaling Services wird über die Verfügbarkeit des Cloud Providers sichergestellt.

## 5 Konzept

### 5.1 SystemArchitektur

Dieses Kapitel beschreibt die Erweiterungen und Anpassungen an der Systemarchitektur des bestehenden Praxisrufsystems. Das System wird um Komponenten zur Signalvermittlung und Sprachsynthese erweitert. Weiter wird die interne Struktur des Cloud Services angepasst um die Weiterentwicklung und Betrieb des Systems zu optimieren.

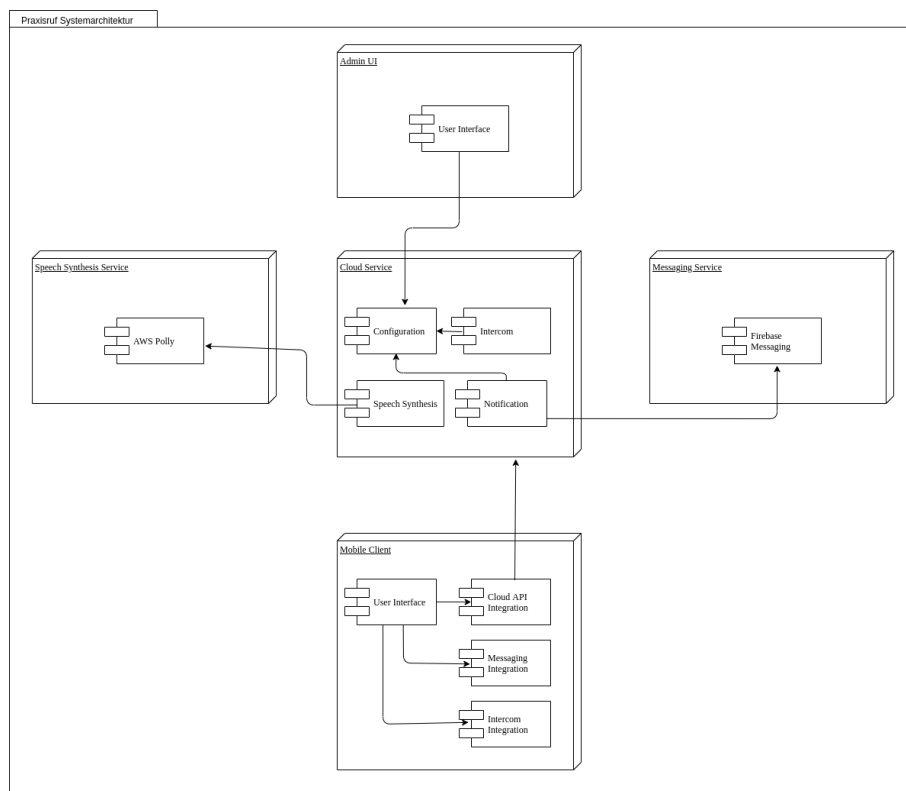


Abbildung 5.1: Systemarchitektur Praxisruf

#### 5.1.1 Systemkomponenten

Dieses Kapitel gibt eine Übersicht zu den Systemkomponenten von Praxisruf. Dabei wird für jede Komponente beschrieben, welche Aufgaben ihr zufallen und welche Teile davon mit diesem Projekt angepasst werden.

##### Cloudservice

Der Cloudservice bildet das zentrale Backend des Praxisruf Systems. Der Cloud Service wird in die zwei Domänen Notification und Configuration aufgeteilt. Dabei ist die Domäne Notification für das Versenden von Benachrichtigungen und die Domäne Configuration für die Verwaltung und Auswertung der Konfigurationen verantwortlich. Zwischen den beiden Domänen besteht eine gerichtete Abhängigkeit. Die Domäne Notification benötigt zum Versenden von Benachrichtigungen Informationen aus der Configuration Domäne. Das Identifizieren der relevanten Empfänger geschieht in der Configuration Domäne. Dementsprechend benötigt die Notification Domäne beim Versenden die Information, an welche Empfänger die Benachrichtigung versendet werden soll.



Die Domänentrennung innerhalb des Cloudservices findet bis heute lediglich auf Package-Ebene statt. Mit diesem Projekt soll die Trennung einen Schritt weiter gehen. Die Applikation wird in mehrere Module aufgeteilt.<sup>7</sup> Diese können zu einem späteren Zeitpunkt in einzelne Microservices aufgeteilt werden.

Nachdem die Auftrennung in Module statgefunden hat, wird der Cloudservice um zwei Module erweitert. Das neue Modul Signaling ist für die Signalvermittlung zwischen Mobile Clients verantwortlich. Dies ist nötig um Peer To Peer Sprachverbindungen zwischen Mobile Clients aufzubauen. Das Modul Signaling hat eine gerichtete Abhängigkeit zum Module Notification. Über das Notification Modul sollen Mobile Clients informiert werden, wenn ein Signal nicht versendet werden konnte, weil sie nicht mit dem Cloud Service verbunden waren. Das neue Modul Speech Synthesis dient als einheitliche Schnittstelle zu einem externen Speech Synthesis Service. Dadurch kann auch wenn ein Android oder Web Client kommt, dieser genau gleich angebunden werden. Garantie, dass die Konfiguration und Funktionsweise dieselbe für alle Clients ist.

### **Mobile Client**

Mit dem Vorgängerprojekt wurde bereits ein Mobile Client umgesetzt. Dieser wurde als Shared Platform Applikation mit Nativescript umgesetzt. Er bietet Praxismitarbeitenden die Möglichkeit Benachrichtigungen zu versenden und zu empfangen. Mit diesem Projekt wird der Mobile Client als native iOS Applikation komplett neugeschrieben. Der neue iOS Client muss sämtliche Funktionen des bestehenden Mobile Clients unterstützen. Zudem wird im neuen Client die Funktion der Gegensprechanlage und das Vorlesen von Benachrichtigungen über Sprachsynthese umgesetzt.

### **Admin UI**

Das Admin UI ermöglicht dem Praxisadministrator, die Konfiguration des Systems zu verwalten. Die Konfiguration des Systems wird mit diesem Projekt erweitert. Einerseits können neue Buttons für die Gegensprechanlage konfiguriert werden. Andererseits kann eingestellt werden, welche Benachrichtigungen vorgelesen werden sollen. Beide Informationen müssen über das Admin UI verwaltet werden können.

### **Messaging Service**

Der Messaging Service ist für die Zustellung von Push Benachrichtigungen an Mobile Clients verantwortlich. Der Cloudservice muss an den Messaging Service angebunden sein, um Benachrichtigungen anhand der Konfiguration zu versenden. Die Anbindung des Cloudservices an den Messaging Service ist mit dem Vorgängerprojekt bereits umgesetzt und muss für dieses Projekt nicht angepasst werden. Der neu entwickelte native Mobile Client muss mit diesem Projekt an den Messaging Service angebunden werden, um Benachrichtigungen zu empfangen. Als Messaging Service wird Firebase Cloud Messaging verwendet.

### **Speech Synthesis Service**

Um Sprach Synthese zu ermöglichen, wird ein externer Service angebunden. Dieser übernimmt die Konvertierung von Text aus Benachrichtigungen zu synthetisierter Sprache. Die Anbindung an den Speech Synthesis Service wird ausschliesslich im Cloudservice implementiert. Sämtliche andere Komponenten die Sprachdaten benötigen, fragen diese beim Cloud Service ab. Welcher die Abfrage an den Speech Synthesis Service übernimmt und die Resultate dem Anfrager zur Verfügung stellt. Als Speech Synthesis Service wird Amazon Polly verwendet.

---

<sup>7</sup>Siehe Kapitel 5.1.2

### 5.1.2 Modularisierung CloudService

Mit dem Projekt IP5 Cloudbasiertes Praxisrufsystem wurde der Cloud Service implementiert. Der Cloud Service trennt intern die beiden Domänen Notification und Configuration. Die Domäne Configuration ist für die Verwaltung und Auswertung der Konfiguration des Systems verantwortlich. Die Domäne Notification ist für das Versenden von Benachrichtigungen verantwortlich. Für das Versenden von Benachrichtigungen werden in der Notification Domäne Informationen aus der Configuration Domäne benötigt. Diese Informationen werden über eine REST-Schnittstelle abgefragt.

Die Trennung der Notification und Configuration Domänen, ermöglicht es die beiden Teile der Applikation in separaten Services zu betreiben. So können diese unabhängig voneinander betrieben und erweitert werden. Weiter wird es dadurch möglich, einzelnen Teilen der Applikation mehr Ressourcen zuzuteilen. Die Trennung der beiden Domänen in eigene Microservices wurde mit dem Projekt IP5 noch nicht vorgenommen. Die beiden Domänen wurden lediglich durch die Package Struktur innerhalb eines einzelnen monolithischen Services getrennt. Mit diesem Projekt soll die Trennung der Domänen einen Schritt weiter vorangetrieben werden.

Neu soll es pro Domäne ein Gradle Modul geben, welches sämtliche Domänenobjekte, Services und Schnittstellen der jeweiligen Domäne kapselt. Dadurch ist garantiert, dass die Domänen sauber voneinander getrennt sind. Sämtliche Kommunikation zwischen den Modulen muss über REST-Schnittstellen geschehen.

Um den Betrieb des Cloud Services für dieses Projekt möglichst simpel zu halten, werden die einzelnen Teile immer noch als monolithische Applikation gestartet. Dazu wird ein Modul **App** erstellt, welches alle Domänen Module kapselt und in einer Applikation startet. Um die Applikation zukünftig in einzelne Micro Services aufzutrennen, müssen die einzelnen Module um eine Klasse erweitert werden, welche nur dieses Modul als Applikation startet. Komponenten, welche in mehr als einer Domäne verwendet werden, werden in ein zusätzliches **Commons** Modul verlegt. Dazu gehören Data Transfer Objects für Schnittstellen zwischen den Modulen, geteilte Clients um Abfragen auf andere Module abzusetzen sowie Komponenten für Security und Fehlerhandling. Neben den Modulen App und Commons, werden vier weitere Module für die Domänen Configuration, Notification, Speech Synthesis und Signaling erstellt. Das Modul **Configuration** beinhaltet alle Domänenobjekte, Services und Schnittstellen für die Verwaltung, Auswertung und Abfrage der Systemkonfiguration. Das Modul **Notification** beinhaltet alle Domänenobjekte, Services und Schnittstellen für das Versenden von Benachrichtigungen. Das Modul **Speech Synthesis** beinhaltet die Anbindung an den Speech Synthesis Service und stellt eine Schnittstelle zur Verfügung über den das restliche System Sprachdaten beziehen kann. Das Modul **Signaling** beinhaltet Domänenobjekte, Services und Schnittstellen für die Signalvermittlung zwischen Mobile Clients.

## 5.2 Migration Benachrichtigungen

Mit IP5 wurde bereits ein Client umgesetzt. Dieser muss für IP6 migriert werden. Hier wird beschrieben, wie die bestehenden Anforderungen mit dem nativen client umgesetzt werden können.

### Benutzeroberfläche

SwiftUI bietet alles was man braucht.

### Anbindung Cloud Service

Anbindung an REST Schnittstellen ist mit SwiftUI natürlich Möglich. Ein zentraler API Service wird erstellt. Pro Domain die angesprochen wird, wird eine Extension erstellt. Der Api Service macht den Rest call, setzt authentication. Es muss für jeden Api Call ein Callback mitgegeben werden, dass bei completion ausgeführt wird. Dabei muss dieses Callback den Erfolgs und den Fehlerfall behandeln.

Integration in die Benutzeroberfläche funktioniert über einen zwischengeschalteten Service (ViewModel?). Dieses verwendet @ObservableObject um die View über den SwiftUI Lifecycle zu aktualisieren.

Sämtliche Calls und Abläufe können mit diesen Mitteln analog zu IP5 umgesetzt werden.

### Anbindung Firebase

Die Anbindung von Firebase ist nicht rein mit SwiftUI möglich. Wir benötigen die Lifecycle Integration zu iOS, die mit den AppDelegate von UIKit möglich ist. Auch mit SwiftUI können AppDelegate verwendet werden. Die Anbindung an Firebase Messaging wird dementsprechend mit AppDelegate gelöst. Die Anbindung erfolgt damit wie in der offiziellen Dokumentation vorgesehen. Damit die Abhängigkeit zu AppDelegate minimiert ist, sollen innerhalb der AppDelegate nur minimale Logik ausgeführt werden. Die echte Logik wird an unabhängige Services delegiert.

### Scheduled Reminder für Inbox

IOS Development unterstützt scheduled tasks.

## 5.3 Sprachsynthese

### Benutzeroberfläche

Erweiterung Inbox um T2S Icon.

Erweiterung Admin UI um Checkbox.

Zusätzlich Configuration Page mit preferences.

### Konfiguration

Erweiterung NotificationType um ein boolean Flag für isTextToSpeech. Wenn Aktiviert, wird Benachrichtigung bei Empfang vorgelesen.

Weiter wird auf dem NotificationType ein Feld version hinzugefügt. Damit soll die aktuelle Version des NotificationType verfolgt werden. Wird eine Änderung am NotificationType persistiert, wird die Version entsprechend angepasst. Sowohl das Flag isTextToSpeech als auch das version Property werden neu beim Versenden von Benachrichtigungen mitgegeben.

Sprachsynthese kann auf Client Seite deaktiviert werden. Ist es deaktiviert, werden keine Benachrichtigungen vorgelesen. Audio Signal, dass Benachrichtigung empfangen wurde ertönt aber trotzdem. Keine zusätzlichen Endpoints am Cloud Service nötig.

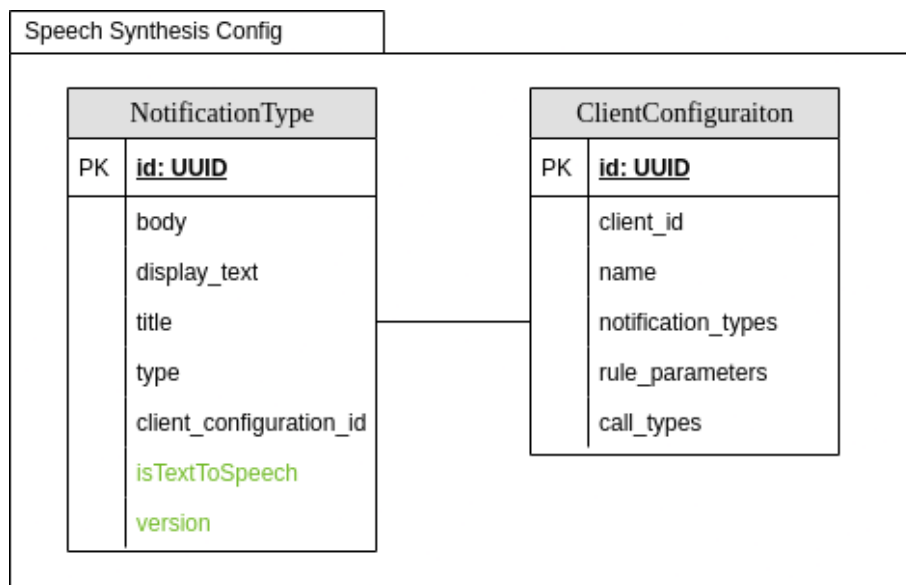


Abbildung 5.2: ERD Ausschnitt - Konfiguration Sprachsynthese

## Anbindung Sprachsynthese Service

Die Anbindung des Sprachsynthese Service erfolgt zentral über den Cloud Service. Dazu wird der Cloud Service um ein modul Speech erweitert. Dieses Modul stellt einen Endpoint zur verfügung über den die Sprachdaten zu einer Benachrichtigung abgefragt werden können. Einziger Parameter für diese Anfrage ist die technische Identifikation des Benachrichtigungstyps der relevanten Benachrichtigung. Das Speech-Modul kann anhand dieser Identifikation den NotificationType beim Configuration-Modul abholen. Dem NotificationType kann der Text entnommen werden, der synetisiert werden soll. Dieser Text kann dann an den Sprachsynthese Service gesendet werden. Das Resultat dieser Anfrage wird als Resultat der Abfrage vom Client zurückgegeben.

```

1 @RestController
2 @RequestMapping("/api/speech")
3 @Api(tags = "Speech Synthesis")
4 @AllArgsConstructor
5 public class SpeechSynthesisController {
6
7     private final SpeechSynthesisService service;
8
9     @GetMapping(path =("/{id}", produces = "audio/mp3")
10    public ResponseEntity synthesizeTestAudio(@PathVariable("id") UUID id) {
11        InputStreamResource inputStreamResource = service.synthesize(id);
12        return new ResponseEntity(inputStreamResource, HttpStatus.OK);
13    }
14
15 }
```

Listing 1: SpeechSynthesisController.java

Auf Client seite kann dieser Endpunkt nun als Download angesprochen werden.

```

1 extension PraxisrufApi {
2     func synthesize(authToken: String, completion: @escaping (Result<URL,
3         PraxisrufApiError>) -> Void) {
4         guard let audioUrl = URL(string: "\(baseUrlValue)/speechsynthesis") else {
5             completion(.failure(.custom(errorMessage: "Invalid url configuration")))
6             return
7         }
8         var request = URLRequest(url: audioUrl)
9         request.addValue("Bearer \(authToken)", forHTTPHeaderField: "Authorization")
10        URLSession.shared.downloadTask(with: request) { result, response, error in
11            guard let audioFileLocation = result else {
12                completion(.failure(.custom(errorMessage: "No audio received")))
13                return
14            }
15            completion(.success(audioFileLocation))
16        }.resume()
17    }
18 }
```

Listing 2: PraxisrufApi+Speech.swift

Um die Anbindung im Cloud Service vom konkreten Anbieter möglichst unabhängig zu machen, wird die Integration an den Speech Synthese Service über ein Interface abstrahiert. Soll ein neuer Sprachsynthese Service angebunden werden, muss lediglich dieses Interface für den neuen Service implementiert werden und alles andere kann unberührt bleiben.

```

1  /**
2   * Contracts for getting speech synthesis data from a speech synthesis provider.
3   */
4  public interface SpeechSynthesisService {
5
6      /**
7       * Requests the NotificationType with the given id from the configuration
8       * and then sends a request to a speech synthesis provider.
9       *
10      * The result from the provider is written into a InputStreamResource
11      * containing MP3 audio data.
12      */
13      InputStreamResource synthesize(UUID id);
14
15  }

```

Listing 3: SpeechSynthesisService.java

Für dieses Projekt wird AWS Polly verwendet. Dementsprechend wird das SprachSyntheseService Interface für AWS Polly implementiert. AWS Polly bietet einen Java SDK, welcher die Anbindung ermöglicht. Dieser SDK bietet alle Klassen die für die Anbindung an AWS Polly nötig sind. Da im Cloud Service Spring Boot verwendet wird, können die für die Verbindung nötigen Klassen mit einer Spring Config erstellt werden und dann über Dependency Injection im AwsPollySpeechSynthesis Service verwendet werden.

```

1  @Configuration
2  @ConfigurationProperties(prefix = "praxis-intercom.aws")
3  public class AwsConfiguration {
4
5      private String accessKey, secretKey, region, language;
6
7      @Bean
8      public AmazonPollyClient amazonPollyClient() {
9          var credentialsProvider = credentialsProvider();
10         var clientConfiguration = new ClientConfiguration();
11         var polly = new AmazonPollyClient(credentialsProvider, clientConfiguration);
12         polly.setRegion(region);
13         return polly;
14     }
15
16     @Bean
17     public Voice voice(AmazonPollyClient polly) {
18         var describeVoicesRequest = new DescribeVoicesRequest();
19         var describeVoicesResult = polly.describeVoices(describeVoicesRequest);
20         return describeVoicesResult.getVoices().stream()
21             .filter(v -> v.getLanguageName().equals(language)).findFirst().get();
22     }
23
24     private AWSStaticCredentialsProvider credentialsProvider() {
25         var basicAWSCredentials = new BasicAWSCredentials(accessKey, secretKey);
26         return new AWSStaticCredentialsProvider(basicAWSCredentials);
27     }
28 }

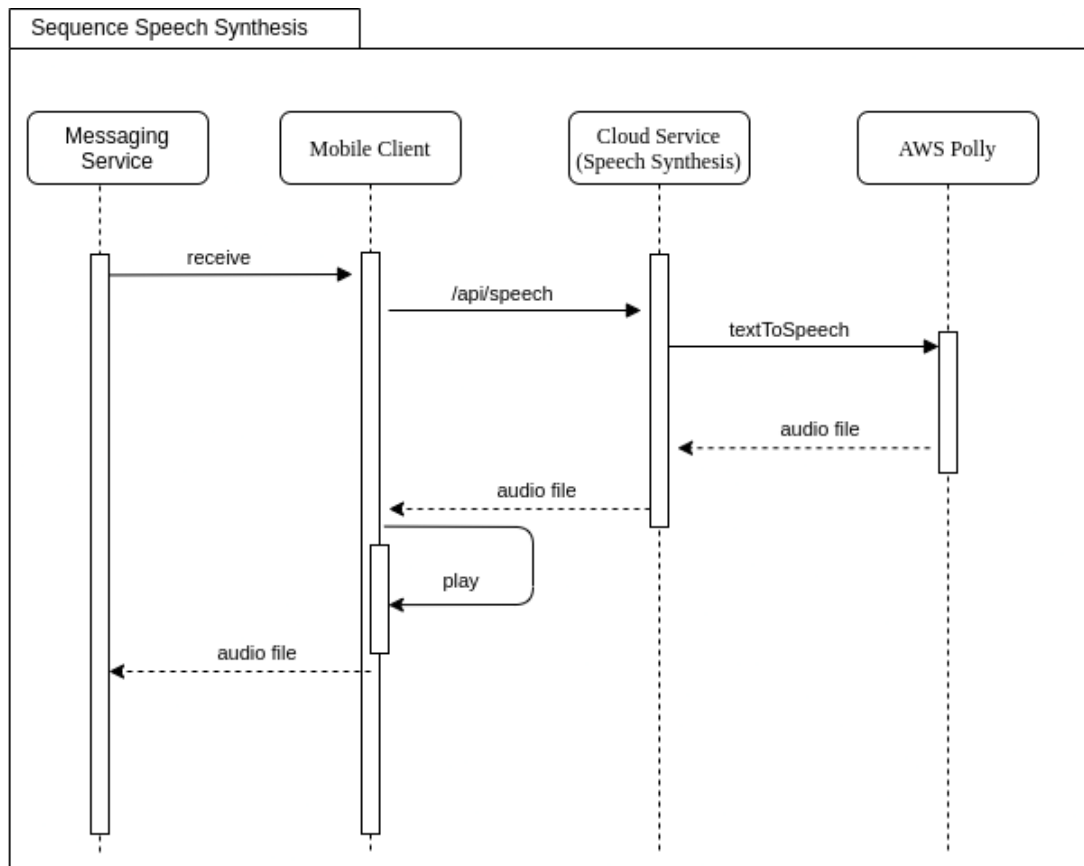
```

Listing 4: AwsConfiguration.java

In der Implementation des Services kann nun über den injizierten AmazonPollyClient eine Abfrage an den Speech Synthesis Service gesendet werden.

## Laufzeitsicht

Benachrichtigungen für welche Sprachsynthese aktiviert ist, sollen beim Empfang automatisch vorgelesen werden. Dazu müssen die Sprachdaten geladen werden, wenn die Benachrichtigung empfangen werden. Diese Daten können über den neuen Speech Endpoint des Cloud Services bezogen werden. Die Informationen die dazu nötig sind, sind als Metadaten in der empfangenen Benachrichtigung vorhanden.



**Abbildung 5.3:** Ablauf Benachrichtigung empfangen

Wird eine Benachrichtigung empfangen, wird die Benachrichtigung auf dem Client als Push Notifikation angezeigt und an die Inbox übergeben. Anschliessend prüft der Client ob die Sprachdaten für die Empfangene Benachrichtigung bereits lokal zur Verfügung stehen. Dies wird gemacht in dem er überprüft ob es im Applikationsverzeichnis bereits eine MP3-Datei für den Empfangenen Benachrichtigungstyp (NotificationType) in der Version der Empfangenen Benachrichtigung vorhanden ist. Sind die Daten bereits lokal vorhanden, wird keine Abfrage an den Cloud Service gespielt sondern die lokal vorhandene Sprachdatei abgespielt. Sind die Daten lokal nicht oder nur in einer anderen Version vorhanden, werden die Daten beim Cloudservice angefragt. Sobald diese Daten geladen sind, werden sie in einer MP3 Datei mit Id und Version des Benachrichtigungstyps (NotificationType) gespeichert.

## 5.4 Sprachübertragung

### Übersicht

Mit dem Einbau von synchroner Sprachübertragung wird Praxisruf um die Funktion einer Gegensprechanlage erweitert. Um Sprachverbindungen zu anderen Zimmern aufbauen zu können, wird die Ansicht der Mobilanwendung um einen Bereich für die Gegensprechanlage erweitert. In diesem Bereich sind analog zum Bereich um Benachrichtigungen zu versenden Buttons vorhanden, über welche eine Sprachverbindung aufgebaut werden kann. Welche Buttons in einem Client zu Verfügung stehen muss vom Praxismitarbeitenden über das Admin UI konfiguriert werden. Die Konfiguration eines Buttons beinhaltet den Text der auf Clientseite angezeigt wird, sowie eine Liste zu welchen Clients Sprachverbindungen aufgebaut werden sollen.

Mit der gewählten Technologie WebRTC werden die Sprachverbindungen zwischen Clients Peer to Peer aufgebaut. Die Verbindungen werden dabei vom Client selbst initialisiert. Damit dies möglich ist, benötigt es einen Signaling Server, welcher die einzelnen verfügbaren Clients kennt und den Austausch der Daten die zum Verbindungsaufbau notwendig sind koordiniert.

### Benutzeroberfläche

#### 5.4.1 User Interface

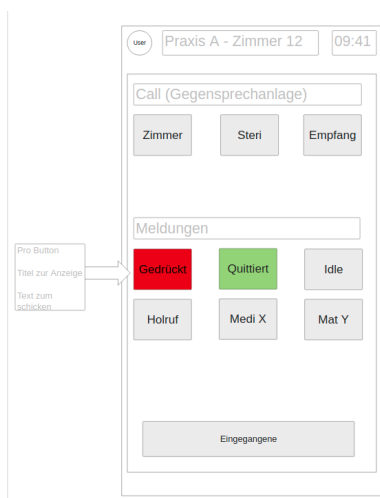


Abbildung 5.4: Mockup Home

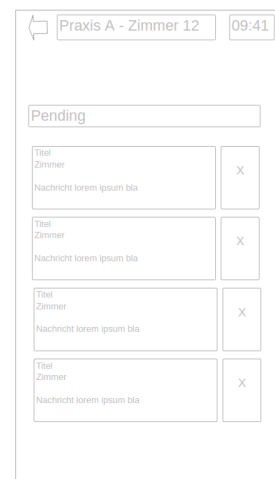


Abbildung 5.5: Mockup Inbox

Active Call Screen

Erweiterung Admin UI für Konfiguration CallType



## Konfiguration

Praxisruf wird um die Funktion einer Gegensprechanlage erweitert. Dabei soll von einem Administrator zentral konfiguriert werden können, zwischen welchen Clients Sprachverbindungen aufgebaut werden können. Damit dies möglich ist, sind Änderungen an der Configuration Domain des Cloud Service von Praxisruf notwendig.

Praxisruf bietet bereits heute die Möglichkeit Buttons zu konfigurieren, über welche Benachrichtigungen versendet werden können. Diese Buttons werden mit der Entität NotificationType konfiguriert, welche wiederum einer ClientConfiguration zugeordnet werden können. Diese ClientConfiguration wird bei der Anmeldung auf dem Mobile Client geladen und verwendet um die nötigen Buttons darzustellen. Analog dazu wird für den Aufbau von Sprachverbindungen eine Entität CallType erstellt. Diese kann mehreren ClientConfigurations zugeordnet werden. Ein CallType beinhaltet den Text, welcher auf dem zugehörigen Button auf Clientseite angezeigt wird und eine Liste von Clients, welche als Ziel der Sprachverbindung verwendet werden. Es ist möglich, dass dieselbe Gruppe an Zielen auf verschiedenen Clients verschieden heissen soll. Um dies einfach zu ermöglichen, werden die Ziele der Unterhaltung in eine eigene Entität CallGroup ausgelagert. So kann pro Client ein CallType definiert werden der einen eigenen Anzeigtext definiert. Die CallGroup muss aber nur einmal erstellt werden und kann auf mehreren CallTypes verwendet werden. Die ClientConfiguration die bei der Anmeldung vom Mobile Client geladen wird, wird um diese CallTypes erweitert. Dabei werden für jeden CallType aber nur der technische Identifikator und der Anzeigename mitgegeben. Zu welchen Zielen Verbindungen aufgebaut werden sollen, wird bei jedem Verbindungsabbau erneut beim CloudService angefragt. Dies ermöglicht es, dass Änderungen an der Konfiguration sofort angewendet werden, ohne dass die ganze Konfiguration neu geladen werden muss. Für die beiden neuen Entitäten werden Endpoints für CRUD Operationen analog zu den anderen Konfigurationseinstellungen hinzugefügt. Zudem wird das Admin UI um Ansichten erweitert, um diese Entitäten anzuzeigen, bearbeiten und löschen.

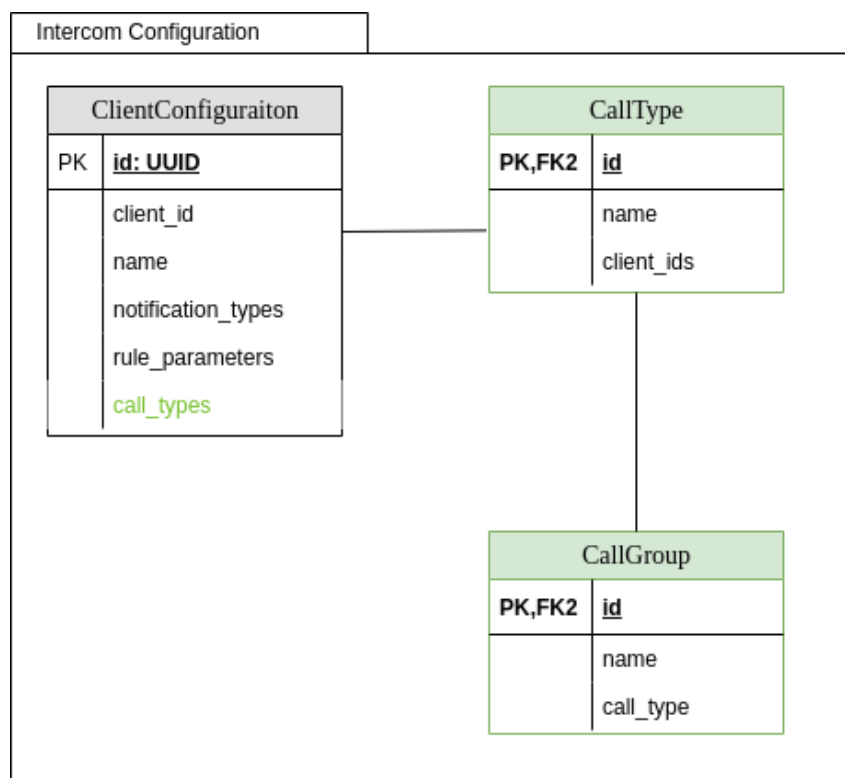


Abbildung 5.6: ERD Ausschnitt - Konfiguration Gegensprechanlage

## Verfügbarkeit und Registrierung

Um Sprachverbindungen zwischen Clients aufzubauen, müssen diese Nachrichten austauschen können. Die Verbindung wird durch den Sender mit einem Offer initialisiert. Dieses muss an den Empfänger übermittelt werden. Dieser antwortet schliesslich mit einer Answer, welche an den Sender übermittelt werden ist. Bevor die Verbindung aufgebaut ist, kennen die beiden Clients sich gegenseitig noch nicht. Es braucht deshalb eine Instanz, welche beide Seiten kennt und die Übermittlung der Daten übernehmen kann. Bei Praxisruf fällt diese Aufgabe dem Cloud Service zu. Um dies zu ermöglichen wird Cloud Service umeine Schnittstelle erweitert, die es ermöglicht langlebige Verbindungen zu öffnen und registrieren. Sobald ein Client sich angemeldet hat, baut er eine Verbindung zum CloudService auf. Beim Verbindungsaufbau gibt der Client seine technische Identifikation mit. Der Cloud Service kann damit intern eine der verfügbaren Verbindungen und den dazugehörigen Identifikatoren führen. Diese Liste kann beim Verbindungsaufbau verwendet werden, um die Offers und Answers an die jeweiligen Clients zu übermitteln.

Dieses Konzept wird im intercom Modul des Cloud Service umgesetzt. Um die Funktionalität zu ermöglichen werden zwei Komponenten benötigt. Diese kapseln die Funktionalität die unabhängig von der Technologie zum Verbindungsaufbau notwendig ist. Um sicherzustellen, dass diese Unabhängigkeit bleibt, werden hier die Interfaces für diese beiden Komponenten spezifiziert. Es braucht erstens eine Komponente, welche Verbindungen etabliert und Nachrichten über diese Verbindungen senden kann. Diese Funktionalität wird mit der Komponente ClientConnector umgesetzt.

```

1  /**
2   * Contracts for clients to register an intercom connection in Praxisruf
3   *
4   * Once a connection is established it can be used, to negotiate messages between
5   * registered clients. This enables signaling server functionality for when
6   * establishing Peer To Peer Connections between clients.
7   *
8   * @param <T> Type of the connection
9   * @param <M> Type of messages that will be exchanged
10  */
11  public interface ClientConnector<T, M> {
12
13      /**
14       * Receives a message and forwards it to all relevant registered connections.
15       * M is expected to contain the key any relevant connection.
16       */
17      void sendMessage(M message);
18
19      /**
20       * Is called after a connection has been established. The established connection
21       * is stored in a ConnectionRegistry with key: clientId and value: connection.
22       */
23      void afterConnectionEstablished(UUID clientId, T connection);
24
25      /**
26       * Is called after a connection has been closed. The closed connection is
27       * removed from the ConnectionRegistry.
28       *
29       * @param connection
30       */
31      void afterConnectionClosed(T connection);
32  }

```

**Listing 5:** ClientConnector.java

Weiter braucht es eine Komponente, welche Buch führt über bekannte Verbindungen. Diese muss Verbindungen anhand einer id registrieren und Verbindungen wieder entfernen können.

```

1  /**
2   * Contracts for managing connections created by ClientConnector.
3   * @param <T> Type of the connections
4   */
5  public interface ConnectionRegistry<T> {
6
7      /**
8       * Registers the given connection in a key value store using clientId as key.
9       * @return boolean - whether the registration is registered
10      */
11     boolean register(UUID clientId, T connection);
12
13     /**
14      * Removes the given connection from the key value store
15      * @return boolean - whether the registration is unregistered
16      */
17     boolean unregister(T connection);
18 }

```

Listing 6: ClientConnector.java

Der Ablauf von Anmeldung und Registrierung funktioniert damit grundsätzlich wie bisher. Er wird aber um eine zusätzliche Registrierung über eine permanente Verbindung zum Intercom Modul ergänzt.

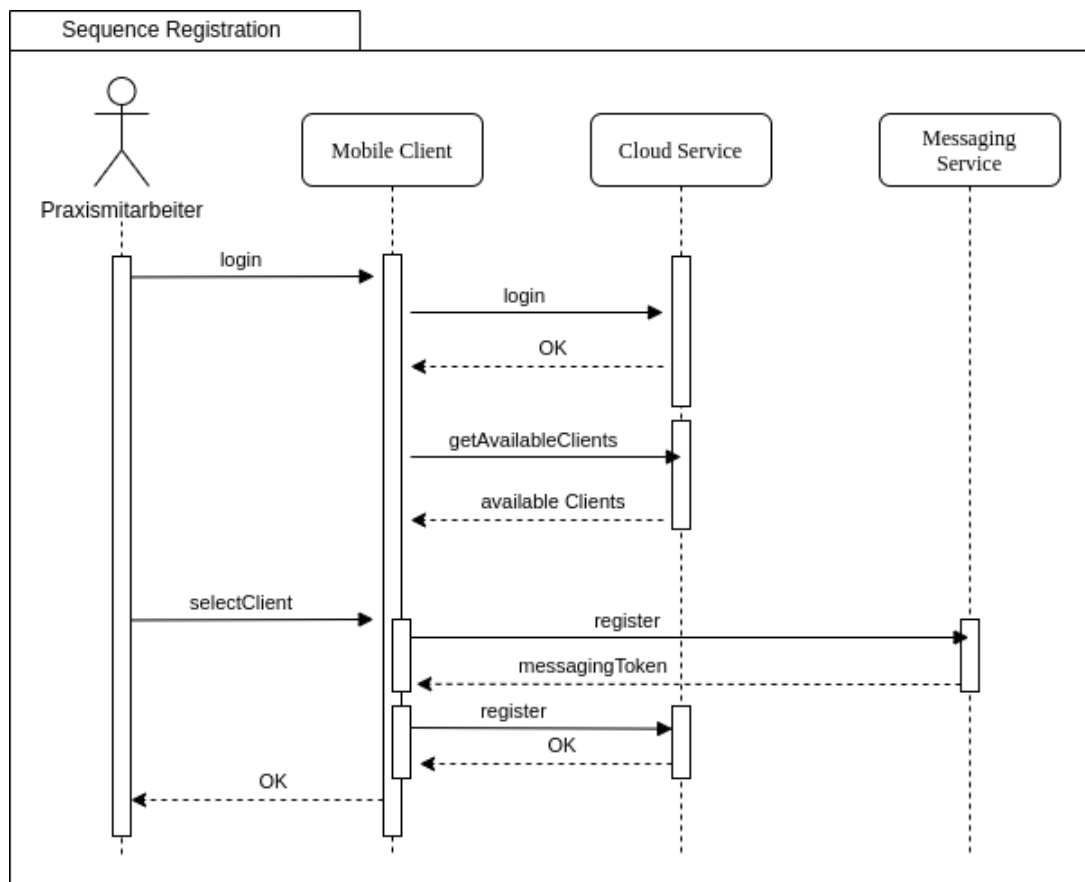
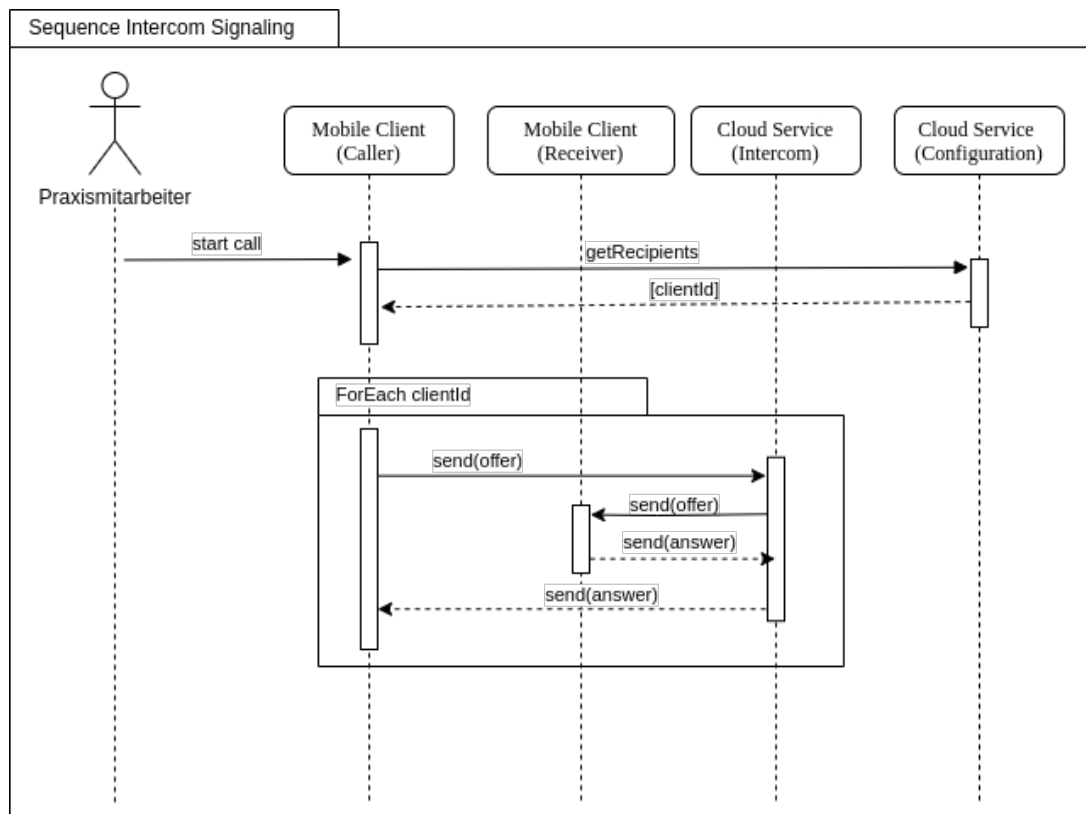


Abbildung 5.7: Mockup Home

## Verbindungsaufbau



**Abbildung 5.8:** Ablauf Verbindungsaufbau Gegensprechanlage

Wenn der Praxismitarbeitende im Mobile Client einen Button der Gegensprechanlage tippt, soll eine Sprachverbindung zu anderen Clients aufgebaut werden. Zum Zeitpunkt an dem der Button getippt wird, weiss der Mobile Client nicht, zu welchen Clients diese Verbindung aufgebaut werden soll. Als erstes muss deshalb beim Cloud Service angefragt werden, welche Clients mit dem betätigten Button angesprochen werden sollen. Der Cloud Service bietet dazu einen Endpoint an über den die technischen Identifikatoren die in der CallGroup des verwendeten Buttons hinterlegt sind geladen werden.

Der Mobile Client kennt nun die technischen Identifikatoren der Clients, zu denen eine Verbindung aufgebaut werden soll. Um die Peer To Peer Verbindung zu diesen Clients aufzubauen, müssen nun weitere Nachrichten mit dem Cloud Service ausgetauscht werden. Alle verfügbaren Clients haben sich bei der Anmeldung mit dem Cloud Service verbunden. Der Cloud Service führt eine Liste über die verfügbaren Verbindungen und die dazugehörigen technischen Identifikatoren. Über diese Verbindungen werden nun die Nachrichten ausgetauscht die zum aufbauen der WebRTC Verbindung benötigt werden. Der Austausch dieser Nachrichten folgt dem Interactive Connection Establishment Protokoll (ICE). Der Client initialisiert für jede der erhaltenen client Ids einen Rtc Connection. Dies dient als Endpunkt der Connection auf seiner Seite. Anschliessend Sendet der Client ein Anfrage an den Cloud Service. Dieses Anfrage beinhaltet das ICE Offer und die Client Ids des von Ausgangs- und Ziel-Client. Der Cloud Service findet die Verbindung des Zieles anhand der Client Id und leitet das ICE Offer und Ausgangs Client Id über die registrierte Verbindung an den Empfänger weiter. Wenn der Empfänger das ICE Offer erhält, initialisiert er auf seiner Seite die Rtc Connection und sendet eine Anfrage mit ICE Antwort und originaler Ausgangs Client Id an den Server zurück. Dieser leitet die Anfrage dann analog dem ICE Offer an die Verbindung des ausgehenden Clients weiter. Sobald dieser die Antwort erhält, ist die Rtc Connection bestätigt und die Sprachverbindung ist initialisiert.

**Unterhaltung**

Mute Button End Call Button

**Verbindungsende**

Caller nimmt Finger vom Button. Receiver hat button zum abbrechen.

## 5.5 Zusammenfassung

### Domänenmodell Cloud Service

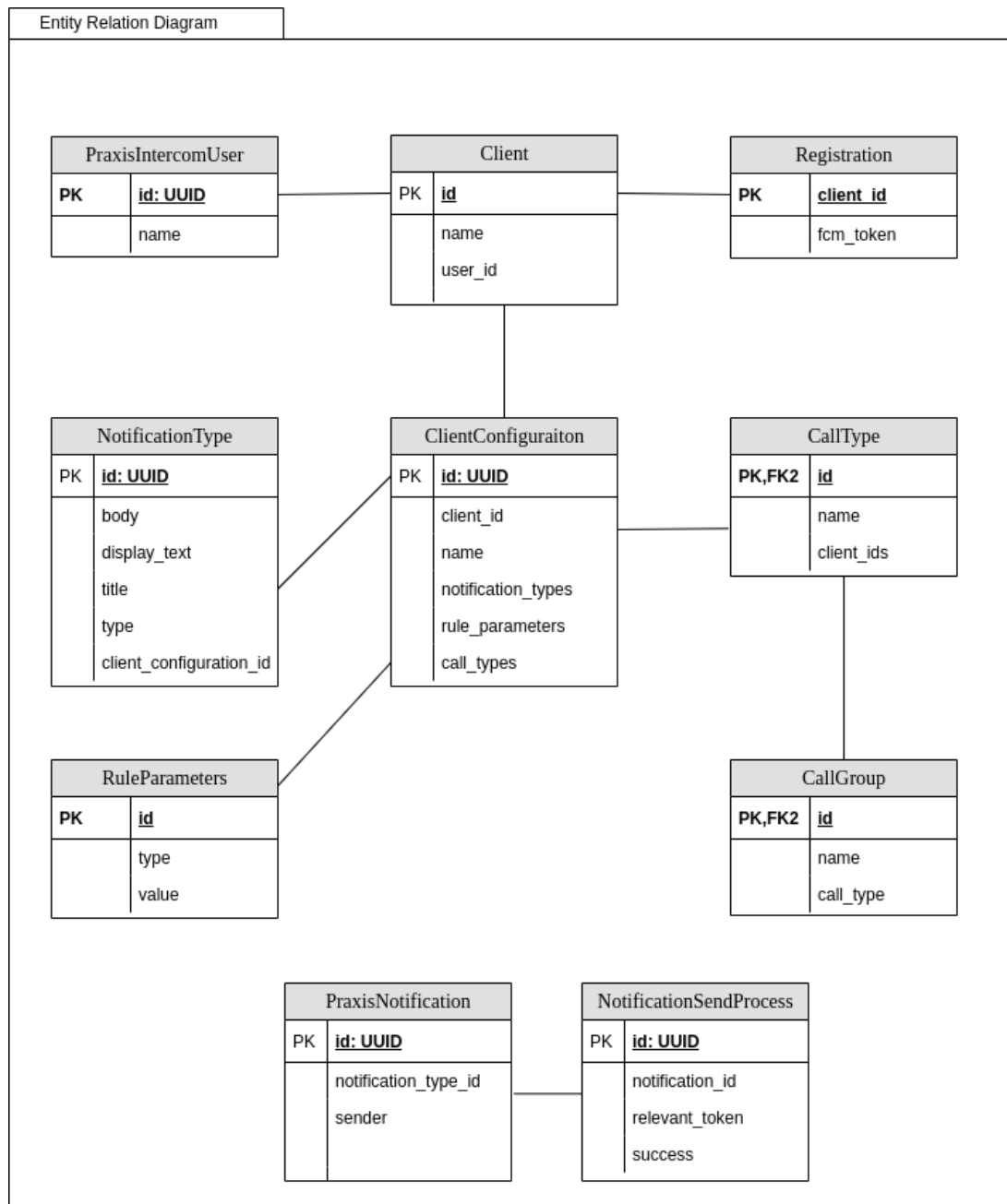


Abbildung 5.9: Entitiy Relation Diagramm - Cloud Service

## API Cloud Service

Der Cloud Service wird um folgende Endpoints erweitert:

Aktion	HTTP	Pfad	Body	Response
Alle CallTypes laden	GET	/api/config/calltype	-	[CallTypeDto]
CallType laden	GET	/api/config/calltype/id	-	CallTypeDto
CallType erstellen	POST	/api/config/calltypes	CallTypeDto	CallTypeDto
CallType aktualisieren	PUT	/api/config/calltypes	CallTypeDto	CallTypeDto
CallType löschen	DELETE	/api/config/calltypes/id	-	-
Mehrere CallTypes löschen	DELETE	/api/config/calltypes/many/filter	-	-
Alle CallGroups laden	GET	/api/config/callgroup	-	[CallGroupDto]
CallGroup laden	GET	/api/config/callgroup/id	-	CallGroupDto
CallGroup suchen	GET	/api/config/callgroup?callTypeId	-	[CallGroupDto]
CallGroup erstellen	POST	/api/config/callgroup	CallGroupDto	CallGroupDto
CallGroup aktualisieren	PUT	/api/config/callgroup	CallGroupDto	CallGroupDto
CallGroup löschen	DELETE	/api/config/callgroup/id	-	-
Mehrere CallGroups löschen	DELETE	/api/config/callgroup/many/filter	-	-
Sprachsynthese für notificationType	GET	/api/speech/id	-	MP3 Datei

Zudem werden die bestehenden Endpoints zur Verwaltung von NotificationType und ClientConfiguration Daten erweitert. Sodass neu CallTypes auf ClientConfigurations registriert werden können und das isTextToSpeech Flag auf NotificationTypes gesetzt werden.

Letztlich wird ein neuer Websocket Endpoint unter /api/intercom/signaling veröffentlicht.

## **6 Umsetzung**

### **6.1 Resultate**

Lorem ipsum



## 6.2 Tests

Lorem ipsum

## **6.3 Fazit**

Lorem ipsum

## 7 Schluss

Lorem Ipsum

## Literaturverzeichnis

- [1] D. Jossen, *21HS-IMVS38: Peer-to-Peer Kommunikation für Sprachübertragung in einem Praxisrufsystem*, 2021.
- [2] J. Villing, K. Zellweger, "Cloudbasiertes Praxisrufsystem," FHNW - Hochschule für Technik, Techn. Ber., 2021.
- [3] OpenJS Foundation. (4. Jan. 2022). How NativeScript Works, Adresse: <https://v7.docs.nativescript.org/core-concepts/technical-overview>.
- [4] A. Inc. (). Swift, Adresse: <https://developer.apple.com/swift/>.
- [5] —, (). UIKit, Adresse: <https://developer.apple.com/documentation/uikit/>.
- [6] —, (). SwiftUI, Adresse: <https://developer.apple.com/xcode/swiftui/>.
- [7] —, (). Timer, Adresse: <https://developer.apple.com/tutorials/swiftui/interfacing-with-uikit>.
- [8] firebase. (). Firebase iOS SDK, Adresse: <https://github.com/firebase/firebase-ios-sdk>.
- [9] G. Developers. (). Set up a Firebase Cloud Messaging client app on Apple platforms, Adresse: <https://firebase.google.com/docs/cloud-messaging/ios/client>.
- [10] A. Inc. (). AppDelegate, Adresse: <https://developer.apple.com/documentation/uikit/uiapplicationdelegate>.
- [11] —, (). Timer, Adresse: <https://developer.apple.com/documentation/foundation/timer>.
- [12] —, (). BGTaskScheduler, Adresse: <https://developer.apple.com/documentation/backgroundtasks/bgtaskscheduler>.
- [13] —, (). Speech Synthesis, Adresse: [https://developer.apple.com/documentation/avfoundation/speech\\_synthesis](https://developer.apple.com/documentation/avfoundation/speech_synthesis).
- [14] I. Amazon Webservices. (). Amazon Polly, Adresse: <https://aws.amazon.com/polly/>.
- [15] —, (). Amazon Polly iOS Example, Adresse: <https://docs.aws.amazon.com/polly/latest/dg/examples-ios.html>.
- [16] —, (). Amazon Polly Java Example, Adresse: <https://docs.aws.amazon.com/polly/latest/dg/examples-java.html>.
- [17] —, (). Amazon Chime, Adresse: <https://aws.amazon.com/chime/?chime-blog-posts.sort-by=item.additionalFields.createdAt&chime-blog-posts.sort-order=desc>.
- [18] —, (). AWS Chime SDK for iOS, Adresse: <https://github.com/aws/amazon-chime-sdk-ios>.
- [19] Google Developers. (). WebRTC - Echtzeitkommunikation für das Web, Adresse: <https://webrtc.org/>.
- [20] —, (). WebRTC Mesh, Adresse: <https://webrtcglossary.com/mesh/>.



## Abbildungsverzeichnis

2.1	Projektplan . . . . .	3
5.1	Systemarchitektur Praxisruf . . . . .	13
5.2	ERD Ausschnitt - Konfiguration Sprachsynthese . . . . .	17
5.3	Ablauf Benachrichtigung empfangen . . . . .	20
5.4	Mockup Home . . . . .	21
5.5	Mockup Inbox . . . . .	21
5.6	ERD Ausschnitt - Konfiguration Gegensprechanalge . . . . .	22
5.7	Mockup Home . . . . .	24
5.8	Ablauf Verbindungsaufbau Gegensprechanalge . . . . .	25
5.9	Entitiy Relation Diagramm - Cloud Service . . . . .	27
A.1	Aufgabenstellung . . . . .	36

## A Aufgabenstellung

### 21HS\_IMVS38: Peer-to-Peer Kommunikation für Sprachübertragung in einem Praxisrufsystem

Betreuer: [Daniel Jossen](#)

Arbeitsumfang: P6 (360h pro Student)

Priorität 1

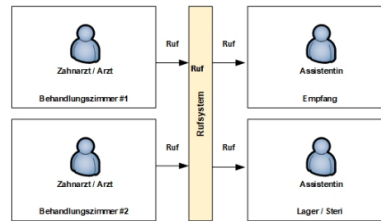
Priorität 2

Teamgrösse: Einzelarbeit

Sprachen: Deutsch

#### Ausgangslage

Ärzte und Zahnärzte haben den Anspruch in Ihren Praxen ein Rufsystem einzusetzen. Dieses Rufsystem ermöglicht, dass der behandelnde Arzt über einen Knopfdruck Hilfe anfordern oder Behandlungsmaterial bestellen kann. Zusätzlich bieten die meisten Rufsysteme die Möglichkeit eine Gegensprechfunktion zu integrieren. Ein durchgeführte Marktanalyse hat gezeigt, dass die meisten auf dem Markt kommerziell erhältlichen Rufsysteme auf proprietären Standards beruhen und ein veraltetes Bussystem oder analoge Funktechnologie zur Signalübermittlung einsetzen. Weiter können diese Systeme nicht in ein TCP/IP-Netzwerk integriert werden und über eine API extern angesteuert werden.



#### Ziel der Arbeit

Im Rahmen dieser Arbeit soll ein Cloudbasiertes Praxisrufsystem entwickelt werden. Pro Behandlungszimmer wird ein Android oder IOS basiertes Tablet installiert. Auf diese Tablet kann die zu entwickelnde App installiert und betrieben werden. Die App deckt dabei die folgenden Ziele ab:

- Evaluation Frameworks für die Übertragung von Sprachinformationen (1:1 und 1:m)
- Erweiterung SW-Architektur für die Übertragung von Sprachdaten
- Definition und Implementierung Text-to-Speech Funktion
- Implementierung Sprachübertragung inklusive Gegensprechfunktion
- Durchführung von Funktions- und Performancetests

#### Problemstellung

Die Hauptproblemstellung dieser Arbeit ist die sichere und effiziente Übertragung von Sprach- und Textmeldungen zwischen den einzelnen Tablets. Dabei soll es möglich sein, dass die App einen Unicast, Broadcast und Multicast Übertragung der Daten ermöglicht. Über eine offene Systemarchitektur müssen die Kommunikationsbuttons in der App frei konfiguriert und parametrisiert werden können.

#### Technologien/Fachliche Schwerpunkte/Referenzen

- Cloud Services (AWS)
- IOS App-Entwicklung (SWIFT)
- Sichere Übertragung von Sprach- und Textmeldungen

#### Bemerkung

Dieses Projekt ist für Joshua Villing reserviert.

Abbildung A.1: Aufgabenstellung

## B Quellcode

Sämtlicher Quellcode der im Rahmen des Projektes entsteht, wurde mit Git verwaltet. Der Quellcode ist für Berechtigte unter [github.com](https://github.com) einsehbar<sup>8</sup>. Berechtigungen können bei Joshua Villing angefordert werden.

---

<sup>8</sup><https://github.com/users/jsvilling/projects/3>



## C Ehrlichkeitserklärung

«Hiermit erkläre ich, die vorliegende Projektarbeit IP6 - Cloudbasiertes Praxisrufsystem selbständig und nur unter Benutzung der angegebenen Quellen verfasst zu haben. Die wörtlich oder inhaltlich aus den aufgeführten Quellen entnommenen Stellen sind in der Arbeit als Zitat bzw. Paraphrase kenntlich gemacht. Diese Projektarbeit ist noch nicht veröffentlicht worden. Sie ist somit weder anderen Interessierten zugänglich gemacht noch einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt worden.»

Name        Joshua Villing  
Ort         Aarau  
Datum      01.03.2022

Unterschrift .....