



Entwurf und Entwicklung eines digitalen Impfpasses für iOS Geräte

Julian Veerkamp (903049)

Betreuer: Prof. Dr. Graupner

Gutachter: Prof. Dr. Macos

14 Juli 2022

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	1
1.1 Motivation	1
1.2 Zielsetzung	1
1.3 Aufbau der Arbeit	2
2 Grundlagen	3
2.1 COVID-Zertifikat	3
2.1.1 Aufbau des COVID-Zertifikats	4
2.1.2 Corona Impfzertifikat	6
2.1.3 Digital COVID Certificate Gateway	7
2.2 Datenschutz	8
2.3 Frameworks	9
2.3.1 SwiftUI	9
2.3.2 Combine	12
2.3.3 CoreData	14
2.3.4 AWS Cloud	15
3 Anforderungsanalyse	16
3.1 Zielgruppe	16
3.2 Use Cases	17
3.3 User Stories	18
3.4 Funktionale Anforderungen	19
3.5 Nicht-Funktionale Anforderungen	21
4 Entwurf	22
4.1 Frontend	22
4.1.1 Design	22
4.1.2 Branding	26

4.2 Backend	26
4.2.1 <i>Data Transfer Object</i>	27
4.3 Tech Stack	29
5 Entwicklung	30
5.1 Frontend	30
5.1.1 <i>Startpunkt</i>	31
5.1.2 <i>Modelle</i>	34
5.1.3 <i>Views</i>	36
5.1.4 <i>Networking</i>	38
5.1.5 <i>CovPass App CBORWebToken Implementierung</i>	39
5.2 Backend	40
5.3 Tests	42
5.4 Deployment	43
6 Validierung der Anforderungen	44
6.1 Onboarding	44
6.2 Impfungen	45
6.3 Empfehlungen	47
6.4 Einstellungen	47
6.5 Zusammenfassung	48
7 Fazit und Ausblick	50
7.1 Ausblick	50
Glossar	56
Abkürzungen	58
Anhang	59
Anhang 1: Beispieldatensatz	59
Quellen	63

1 Einleitung

1.1 Motivation

Die andauernde COVID-19¹ Pandemie hat ein klares Defizit in der Digitalisierung und Verwaltung von Impfbestätigungen aufgezeigt. Es gibt keine verlässliche Lösung, um Impfungen digital zu verwalten, einfach über den Stand von Auffrischungsimpfungen informiert zu werden und Dritten eine sichere Bestätigung über den Impfzustand zu geben.

Anwendungen wie die CovPass-App² und die Corona Warn App³ stellen erste Versuche der Digitalisierung des Impfpasses dar, jedoch fokussieren sich diese lediglich auf die Corona Impfung. Die Corona Warn App fokussiert sich dabei mehr auf die Kontaktverfolgung und das Verwalten von Testergebnissen. Die CovPass-App hat zwar einen klaren Fokus auf das Präsentieren der Zertifikate, unterstützt jedoch keine Darstellung anderer Impfnachweise.

1.2 Zielsetzung

Das Ziel dieser Arbeit ist der Entwurf eines digitalen Impfpasses mit Impfempfehlungen, sowie die Entwicklung eines iOS Frontend Clients (im weiteren “die App”) und eines simplen, skalierbaren Backends. Die App soll intuitiv benutzbar sein und der nutzenden Person erlauben, ihre Impfungen und Impfzertifikate einfach zu verwalten. Dabei sollen alle personenbezogenen Daten lokal auf dem Gerät verwaltet werden. Das Backend soll Informationen zu den unterstützten Impfstoffen und den Empfehlungen bereitstellen.

Es soll weiterhin möglich sein, Impfpässe für andere Personen oder Haustiere zu erstellen und diese bei Bedarf verschlüsselt zu ex- und importieren.

¹Im weiteren auch Corona oder Covid benannt

²<https://digitaler-impfnachweis-app.de>

³<https://www.coronawarn.app/>

Da die Zertifikate allgemein gehalten sind und theoretisch auch für andere Impfungen verwendet werden können, soll die App so entworfen werden, dass Impfungen jeder Art ein Zertifikat bekommen können.

1.3 Aufbau der Arbeit

Das erste Kapitel *Einleitung* beschreibt die Motivation und die Zielsetzung der Arbeit. Anschließend werden im zweiten Kapitel wichtige Grundlagen vorgestellt und verwendete Technologien und Frameworks gezeigt.

Im dritten Kapitel, der *Anforderungsanalyse*, wird die Zielgruppe beschrieben und daraus die Use Cases und die Anforderungen an die App abgeleitet.

Im vierten Kapitel wird das Projekt strukturiert und ein Design Mockup, sowie ein Prototyp für das Frontend entworfen. Für das Backend werden die API und die Transfer Objekte definiert.

Dieser Entwurf wird daraufhin im fünften Kapitel umgesetzt. Dabei wird auf Besonderheiten der Implementierung eingegangen und Code Auschnitte, sowie Diagramme gezeigt.

Das Kapitel 6 *Validierung der Anforderungen* befasst sich mit dem Präsentieren der Ergebnisse und nimmt Bezug auf die ausgearbeiteten Anforderungen aus Kapitel 3.

Zum Abschluss werden im letzten Kapitel *Fazit und Ausblick* die Ergebnisse der Arbeit zusammengetragen und ein Ausblick auf noch anstehende Aufgaben gegeben.

2 Grundlagen

Dieses Kapitel beschreibt die theoretischen und technischen Grundlagen, die für den Entwurf und die Entwicklung einer Impfpass App notwendig sind. Es werden der Aufbau des Corona Impfzertifikates gezeigt, Fragen zum Datenschutz geklärt und eine Reihe an wichtigen modernen Frameworks vorgestellt.

2.1 COVID-Zertifikat

Das digitale COVID-Zertifikat der EU soll gemäß der Verordnung (EU) 2021/953 als Nachweis dafür dienen, dass eine Person gegen COVID-19 geimpft wurde, ein negatives Testergebnis erhalten hat oder von einer Infektion genesen ist.

(European Commission 2021, S. 230/32)

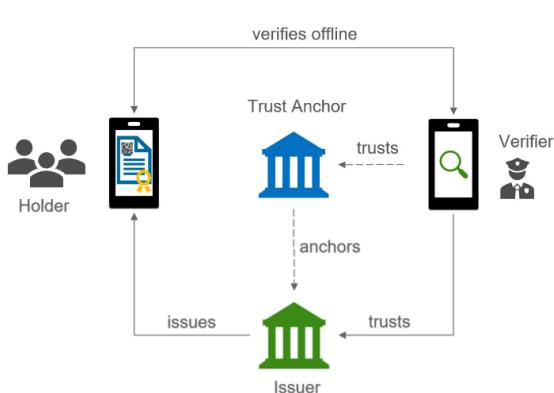


Abbildung 1: DCCG Trust Anchoring,
Darstellung aus (eHealth Network 2022a, S.8)

Das COVID-Zertifikat wurde von der EU als einheitliches Modell entwickelt, um länderübergreifend den COVID-19 Impfstatus, ein negatives Testergebnis oder eine Genesung zu testieren. Dabei sollen Zertifikate von einer Landesinstanz (Issuer) ausgestellt und von Nutzer:innen verifiziert werden können. Dafür wird eine EU-weite Instanz eingerichtet, das Digital COVID Certificate Gateway. Dieses Gateway fungiert als Trust Anchor, sammelt also alle vertrauenswürdigen Issuer und stellt diese zu Verifizierungszwecken zur Verfügung. Abbildung 1 zeigt den Ablauf vom Ausstellen und Verifizieren eines Zertifikates (eHealth

Network 2022a, S. 8).

2.1.1 Aufbau des COVID-Zertifikats

Das COVID-Zertifikat besteht aus mehrere ineinander verpackten Datenstrukturen, die dem Endverbraucher als QR-Code bereit gestellt werden.

QR-Code

The QR (Quick Response) Code is a two-dimensional (2-D) matrix code that belongs to a larger set of machine-readable codes, all of which are often referred to as barcodes, regardless of whether they are made up of bars, squares or other-shaped elements.
(ADC 2012, S. 1)

QR-Codes wurden 1994 von dem japanischen Unternehmen Denso Wave eingeführt, um Autoteile durch die Produktions- und Lieferkette zu verfolgen. Durch seine Flexibilität hat sich der QR-Code schnell auf viele andere Bereiche ausgebrettet, nicht nur auf Bereiche in denen herkömmliche 1D-Codes (Barcodes) verwendet wurden, sondern auch auf völlig neue Bereiche, wie Werbung, Coupons oder Tickets (ADC 2012, S. 8).

Um die Daten resistent gegen Umwelteinflüsse zu codieren, bieten QR-Codes Fehlerkorrektur mithilfe der Reed-Solomon Codes (RS-Codes) an. Diese Fehlerkorrektur kann von 7% bis 30% der Daten rekonstruieren, basierend auf dem RS-Code Level, mit dem die Daten encodiert wurden (ADC 2012, S. 5–6).

CBOR Web Token

Die Nutzdaten werden als CBOR mit einer digitalen COSE-Signatur strukturiert und verschlüsselt. Dies wird gemeinhin als „CBOR Web Token“ (CWT) bezeichnet und ist in RFC 8392 (1) definiert.

(European Commission 2021, S. 230/35)

CBOR¹ oder Concise Binary Object Representation basiert auf dem bekannten JSON Datenformat und kann schemalos Objekte in ein binäres Format encodieren. Dieses Format ist

¹<https://cbor.io>

besonders durch seine geringe Größe für das Codieren in einem QR-Code geeignet. COSE², oder CBOR Object Signing and Encryption, ist eine Datenstruktur, um ein CBOR Objekt zu verschlüsseln und optional zu signieren.

Der CBOR Web Token soll mit zlib³ komprimiert und als Base45 Encodierter Text in einen QR-Code verpackt werden (European Commission 2021, S. 230/38). Um zu erkennen um was für eine Datenstruktur es sich bei den verschlüsselten Daten handelt, sollen die Base45-codierten Daten den Präfix “HC1” erhalten. Um die Rückwärtskompatibilität sicherzustellen beschreibt dieses Schlüsselwort zum einen die Daten mit den ersten beiden Zeichen, sowie die Version mit dem letzten Zeiche (European Commission 2021, S. 230/38).

Abbildung 2 zeigt den im Durchführungsbeschluss (European Commission 2021, S. 230/37) definierten Serialisierungsablauf.

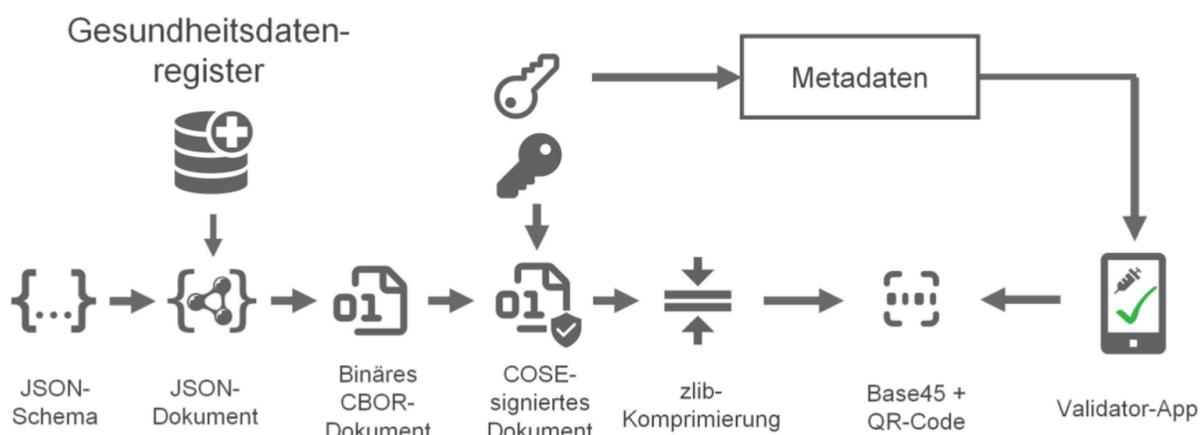


Abbildung 2: Zertifikat Serialisierungsablauf, Darstellung aus (European Commission 2021, S. 230/37)

Das Zertifikat wird nach einem JSON Schema mit den Gesundheitsdaten gefüllt, in ein CBOR Dokument konvertiert. Dieses wird anschließend mit COSE verschlüsselt, mit zlib komprimiert und als Base45-codierter QR-Code exportiert.

²<https://tools.ietf.org/html/rfc8152>

³<https://zlib.net>

2.1.2 Corona Impfzertifikat

Die Nutzdaten der COVID-Zertifikate unterstützen sowohl Impf- als auch Test- und Genesungszertifikate.

Für die App sind jedoch nur die Impfzertifikate relevant. Diese sollen hier genauer betrachtet werden.

Quellcode 1: Impfzertifikat JSON

```

1  [
2    "nam": [
3      [
4        "fn": "Schneider",
5        "gn": "Andrea",
6        "gnt": "ANDREA",
7        "fnt": "SCHNEIDER"
8      ],
9      "ver": "1.0.0",
10     "v": [
11       [
12         [
13           "co": "DE",
14           "ma": "ORG-100031184",
15           "mp": "EU/1/20/1507",
16           "dn": 1,
17           "tg": "840539006",
18           "ci": "01DE/00001/1119349007/880NAQ26IFZN2NJ7MKP5ZDNNI#S",
19           "sd": 2,
20           "dt": "2021-04-12",
21           "vp": "1119349007",
22           "is": "Bundesministerium für Gesundheit"]
23       ],
24       "dob": "1943-04-18"
25     ]

```

Quellcode 1 zeigt die Nutzdaten von einem Beispiel COVID-Zertifikat⁴ mit einer Moderna Impfung. Das Objekt besteht aus einem allgemeinen Teil, dieser umfasst den Namen (`nam`) der betroffenen Person, das Geburtsdatum(`dob`) und ein Feld um die Versionsnummer (`ver`) des Zertifikats festzuhalten (eHealth Network 2022b, S. 5–6).

Der Name besteht aus dem Familiennamen (`fn`), dem Vornamen (`gn`) sowie den bereinigten

⁴https://github.com/corona-warn-app/cwa-app-ios/blob/release/2.25.x/src/xcode/ENA/ENA/Source/Services/HealthCertificate/Models/_tests_/HealthCertificate%2BMock.swift

Namen, um eventuelle Missverständnisse oder Codierungsfehler von komplexeren Namen mit Sonderzeichen vorzubeugen.

Neben dem allgemeinen Teil kann das Objekt noch einen Impfungs-, Test- oder Genesungseintrag enthalten. Per Spezifikation ist jedoch nur ein Eintrag pro Zertifikat erlaubt (eHealth Network 2022b, S. 7). Für die App ist der Impfeintrag ([v](#)) von besonderem Interesse und soll hier genauer betrachtet werden.

Der Impfeintrag enthält eine eindeutige ID der Impfstelle ([id](#)), eine eindeutige ID des Erregers ([tg](#)), und weitere Informationen über die Impfung ([vp](#)), den Impfstoff ([mp](#)), Hersteller ([ma](#)) und wie viele Impfungen schon stattgefunden haben ([dn](#)) und die maximale Anzahl empfohlener Impfungen ([sd](#)) (eHealth Network 2022b, S. 7–8).

Um das Objekt möglichst platzsparend mit einem QR-Code codieren zu können, sollen für alle Attributnamen Akronyme verwendet werden, z.B. [gn](#) anstatt [givenName](#) (eHealth Network 2022c, S. 5).

2.1.3 Digital COVID Certificate Gateway

To validate this data structure in each country represented by different EU citizens, cryptographic public keys must be shared across the EU.

(eHealth Network 2022a, S. 9)

Um die Echtheit eines Zertifikats zu garantieren, bedarf es einer zentralen Vertrauensinstanz. Diese Vertrauensinstanz sammelt eine Liste an vertrauenswürdigen Zertifikatauststellern und ist zuständig für das Verwalten dieser vertrauenswürdigen Aussteller.

Da das Signieren der Zertifikate mit einem Public/Private Key Verfahren funktioniert, muss die Vertrauensinstanz lediglich eine Liste der Public Keys bereitstellen und kann alte oder widerrechtlich veröffentlichte Schlüssel widerrufen (eHealth Network 2022a, S. 18).

Abbildung 3 zeigt die vorgeschlagene Architektur für ein EU-weites Zertifikatverifizierungssystem, dem Digital COVID Certificate Gateway (eHealth Network 2022a, S. 8).

Neben dem DCCG soll es noch nationale Backends geben, die von den Ländern selber bereit gestellt werden um mit den lokalen Gesetze vor Ort kompatibel zu sein (eHealth Network 2022d, S. 8).

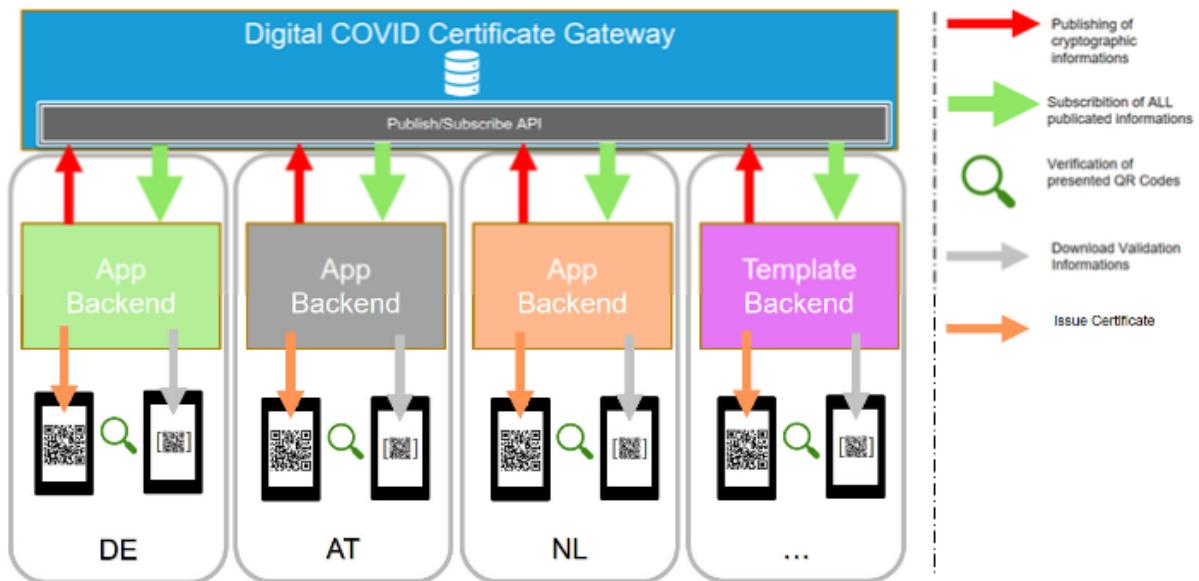


Abbildung 3: DCCG übersicht, Darstellung aus (eHealth Network 2022a, S. 8)

2.2 Datenschutz

Durch die schützenswerte Natur der zu verarbeitenden Daten ist der Datenschutz für die App ein grundlegendes Thema.

In Artikel 4 der Datenschutz-Grundverordnung werden die personenbezogenen Daten und die Gesundheitsdaten definiert.

Gesundheitsdaten [sind] personenbezogene Daten, die sich auf die körperliche oder geistige Gesundheit einer natürlichen Person [...] beziehen und aus denen Informationen über deren Gesundheitszustand hervorgehen.

(DSGVO 2018, Art. 4)

Da die App Impfungen einer, anhand von Namen und Geburtsdatum, identifizierbaren Person verarbeitet, bedarf es nach Artikel 6.1(a) der DSGVO einer Einwilligung der betroffenen Person. Eine Einwilligung, wie in Artikel 7 der DSGVO beschrieben, muss von der betroffenen Person explizit erteilt werden und kann jederzeit widerrufen werden.

Da es sich bei den zu verarbeitenden Daten auch um Gesundheitsdaten handelt, muss sicher gestellt werden, dass die Verarbeitung nach Artikel 9 DSGVO rechtmäßig ist. Dies ist gegeben, da Artikel 9.2 (a) die Verarbeitung von Gesundheitsdaten bei ausdrücklicher Einwilligung der betroffenen Person erlaubt.

2.3 Frameworks

2.3.1 SwiftUI

SwiftUI⁵ ist ein deklaratives UI-Framework von Apple. Es vereint Storyboards und programmatische UI-Programmierung. Im Gegensatz zu imperativen Frameworks, wie UIKit⁶, steht bei deklarativem Code die Beschreibung des Problems im Vordergrund.

SwiftUI bietet der nutzenden Person verschiedene Bausteine an, um das Layout und den Inhalt einer UI-Komponente zu bauen. Diese Bausteine können mit sogenannten Modifern angepasst werden.

Quellcode 2: SwiftUI Modifier Beispiel

```
1 struct ExampleView: View {  
2     var body: some View {  
3         Text("Hello World")  
4             .fontWeight(.bold)  
5             .foregroundColor(.black)  
6             .padding()  
7             .cornerRadius(10)  
8             .background(.gray)  
9             .padding()  
10    }  
11 }
```

Modifier sind als Methoden der View Klasse implementiert und lassen sich aneinanderreihen. Dies hat zur Folge, dass beim Entwickeln Schreibarbeit abgenommen wird und der Code leserlich bleibt, da redundante Symbole, wie die Instanz, die man modifizieren möchte, nicht ausgeschrieben werden (s. Quellcode 2). Dieses Aneinanderreihen hat zur Folge, dass die Modifier sequenziell abgearbeitet werden. Abbildung 4 zeigt, wie sich die UI-Komponente ändert, wenn in Quellcode 2 die siebten und achten Zeile getauscht wird.

Vor dem Vertauschen, links, ist der Hintergrund hinter dem

Text grau mit abgerundeten Ecken, nach dem Vertauschen sind die Ecken nicht abgerundet,



Abbildung 4: Vergleich der Modifier Reihenfolge in Quellcode 1

⁵<https://developer.apple.com/documentation/swiftui/>

⁶<https://developer.apple.com/documentation/uikit>

obwohl der `.cornerRadius()` Modifier immer noch aufgerufen wird. Dies ist eine Folge der sequenziellen Abarbeitung der Modifier. Der `.background()` Modifier färbt den gesamten Hintergrund ein, der ihm von den vorhergehenden Modifiern zur Verfügung gestellt wird. Wenn die Ecken mit dem `.cornerRadius()` Modifier abgerundet wurden bevor die Hintergrundfarbe gesetzt, dann wird der Hintergrund nur bis zu den neuen abgerundeten Grenzen gemalt.

Vergleich SwiftUI und UIKit

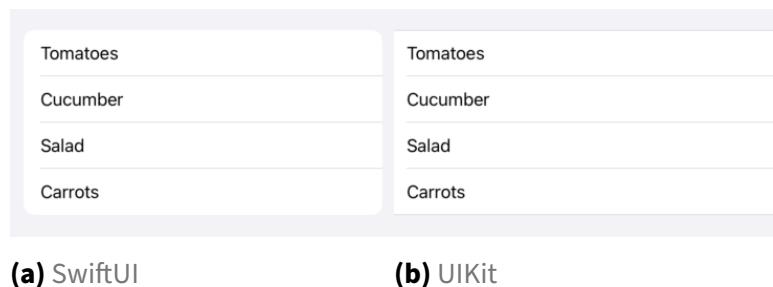


Abbildung 5: Listen Implementierung

Um die Vorteile von SwiftUI für das schnelle Entwerfen von komplexen Layouts zu zeigen, ist hier ein Beispiel gezeigt, das in SwiftUI und UIKit eine simple Liste implementiert.

Quellcode 3 ist die Implementierung der Liste in SwiftUI(Apple [kein Datum] a). Diese Liste kommt standardmäßig mit einer visuell ansprechenden Konfiguration, die zur allgemeinen Apple Design Sprache passt.

Quellcode 4 ist die Implementierung der Liste in UIKit(Apple [kein Datum] b).

Quellcode 3: Beispiel Liste mit SwiftUI

```

1 struct ExampleView: View {
2     @State var items: [Item] = Item.sampleData
3
4     var body: some View {
5         List(items, id: \.self) { item in
6             Text(item.name)
7         }
8     }
9 }
```

Quellcode 4: Beispiel Liste mit UIKit

```
1 class ExampleViewController: UICollectionViewController {
2     typealias DataSource = UICollectionViewDiffableDataSource<
3         Int, String>
4     typealias Snapshot = NSDiffableDataSourceSnapshot<Int,
5         String>
6
7     var dataSource: DataSource!
8
9     override func viewDidLoad() {
10        super.viewDidLoad()
11
12        let listLayout = listLayout()
13        collectionView.collectionViewLayout = listLayout
14
15        let cellRegistration = UICollectionView.CellRegistration<
16            UICollectionViewCell, IndexPath, String> {
17            cell: UICollectionViewCell, indexPath: IndexPath, itemIdentifier: String) in
18            let item = Item.sampleData[indexPath.item]
19            var contentConfiguration = cell.
20                defaultContentConfiguration()
21            contentConfiguration.text = item.name
22            cell.contentConfiguration = contentConfiguration
23        }
24
25        dataSource = DataSource(collectionView: collectionView)
26        { (collectionView: UICollectionView, indexPath: IndexPath, itemIdentifier: String) in
27            return collectionView.dequeueReusableCell(
28                using: cellRegistration, for: indexPath, item:
29                itemIdentifier)
30        }
31
32        var snapshot = Snapshot()
33        snapshot.appendSections([0])
34        snapshot.appendItems(Item.sampleData.map { $0.name })
35        dataSource.apply(snapshot)
36
37        collectionView.dataSource = dataSource
38    }
39
40    private func listLayout() ->
41        UICollectionViewCompositionalLayout {
42        let listConfiguration =
```

```

34         UICollectionViewLayoutListConfiguration(appearance: .  

35             grouped)  

36     return UICollectionViewCompositionalLayout.list(using:  

37             listConfiguration)
38 }
39 }
```

Aus den Code Beispielen ist klar ersichtlich wieviel Arbeit SwiftUI Entwickler:innen in den Grundbausteinen eines UI Frontends abnimmt. Funktionen wie das animierte Hinzufügen von neuen Einträgen und das automatische Aktualisieren alter Listeneinträge wird von SwiftUI als Standardkonfiguration mitgeliefert, damit Entwickler:innen mehr Zeit in die Business Logic investieren können.

Property Wrapper

Um die Kommunikation zwischen verschiedenen SwiftUI Views sicher zu stellen, werden verschiedene Property Wrapper zur Verfügung gestellt.

A property wrapper adds a layer of separation between code that manages how a property is stored and the code that defines a property.

(Apple [kein Datum] c, Properties)

Die gängigsten Property Wrapper sind:

@State: Eine State Variable beschreibt den Zustand der View, wenn sich die zu Grunde liegende Variable verändert werden alle SwiftUI Views, die diese Variable benutzen neu gerendert.

@Binding: Eine Binding Variable erlaubt die beidseitige Kommunikation zwischen Views. Während State Variablen nur hierarchisch tieferliegende Views neu malt, können mithilfe von Bindings aus tieferen Views die Variablen höherer Views geändert werden.

@ObservedObject: Ein ObservableObject ist eine Klasse, die es Subklassen erlaubt, komplexe Modelle mit SwiftUI kompatibel zu machen. Die Attribute, die sich wie State Variablen verhalten sollen, werden in der Klasse mit dem **@Published** Property Wrapper versehen. Um die Klasse in einer SwiftUI View zu benutzen wird der **@ObservedObject** Wrapper verwendet.

2.3.2 Combine

The Combine framework provides a declarative approach for how your app processes events. Rather than potentially implementing multiple [...] completion handler closures,

| you can create a single processing chain for a given event source.

| (Apple [kein Datum] d)

Einige Funktionen in SwiftUI, wie das automatische Neumalen von aktualisierten Objekten, werden mit Combine⁷ realisiert.

Combine verpackt das Observer Pattern (Gamma, Helm, Johnson, Vlissides 1994, S. 127) in ein für Entwickler:innen einfach zu benutzendes Framework.

Die drei Grundpfeiler von Combine sind die Publisher, die Subscriber und die Operator.

Publisher erlauben es Events an ein oder mehrere Subscriber zu senden (Shai Mishali, Todorov 2021, S. 38). Ein Subscriber kann diese Events mit der `.sink()` Methode verarbeiten ohne den Publisher zu blockieren.

Publisher laufen grundsätzlich ohne festes Ende und geben ihre Events solange an die Subscriber weiter, bis diese ihre Subscription beenden oder der Publisher entscheidet, dass keine Events mehr veröffentlicht werden müssen (Shai Mishali, Todorov 2021, S. S39–40).

Die Operatoren in Combine verhalten sich ähnlich zu dem Modifizieren in SwiftUI. Sie sind auf dem Publisher implementiert und erlauben das sequenzielle Bearbeiten und Umwandeln dieses Publishers (Shai Mishali, Todorov 2021, S. 74).

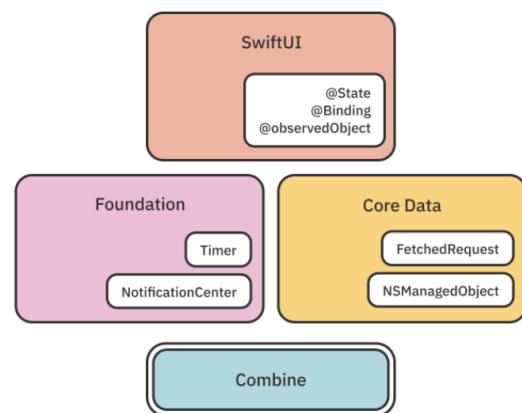
Quellcode 5 zeigt einen simplen Publisher, der vier Events in Form von Integern ausgibt. Die `.sink()` Methode stellt das Ende der Kette dar und behandelt mit der `receiveValue` Closure das Erhalten eines Events und mit der `receiveCompletion` Closure den finalen Abschluss des Publishers.

Quellcode 5: Combine Beispiel

```
1 let myRange = (0...3)
2 _ = myRange.publisher
3     .sink(receiveCompletion: { print ("completion: \($0)") },
4           receiveValue: { print ("value: \($0)") })
5
6 // Prints:
7 // value: 0
8 // value: 1
9 // value: 2
10 // value: 3
11 // completion: finished
```

⁷<https://developer.apple.com/documentation/combine>

Combine wird von SwiftUI für die `@State`, `@Binding` und `@ObservableObject` Property Wrapper genutzt, taucht aber auch in anderen Frameworks wie Core Data auf um diese mit SwiftUI kompatibel zu halten und Entwickler:innen mehr Flexibilität zu gewähren. Abbildung 6 zeigt einige Anwendungsgebiete von Core Data im Apple Ökosystem (Shai Mishali, Todorov 2021, S. 24).



2.3.3 CoreData

Neben UI Komponenten und reaktiver Kommunikation zwischen den Komponenten ist das persistente Speichern von Daten wichtig. Für iOS gibt es verschiedene etablierte Varianten.

Das naheliegende Framework Core Data⁸ wird von Apple angeboten und ist ein Objektgraph und Persistenz Framework.

In an object-oriented program, groups of objects form a network through their relationships with each other—either through a direct reference to another object or through a chain of intermediate references. These groups of objects are referred to as object graphs.
(Apple 2018)

Alternativ wird SQLite⁹ standardmäßig von iOS mitgeliefert(yapstudios 2022). Über die Jahre haben sich verschiedene Wrapper wie SQLiteSwift¹⁰ oder die YapDatabase¹¹ etabliert, welche die Benutzung von SQLite mit Swift angenehmer ermöglichen.

Obwohl Core Data auch auf SQLite basiert, bietet es als Object Relational Mapping (ORM) viele, für Entwickler:innen nützliche, Funktionen an, die über die Fähigkeiten von SQLite hinaus gehen.

⁸<https://developer.apple.com/documentation/coredata>

⁹<https://www.sqlite.org/index.html>

¹⁰<https://github.com/stephencelis/SQLite.swift>

¹¹<https://github.com/yapstudios/YapDatabase>

Abbildung 6: Anwendungsbereiche von Combine, Darstellung aus (Shai Mishali, Todorov 2021, S. 24)

Core Data kann für Entwickler:innen automatisch Migrationen zu neuen Objektversionen vornehmen und kann mithilfe von iCloud¹² über mehrere Geräte synchronisiert werden.

Modelle werden in Core Data über eine spezielle `.xcdatamodel` Datei erstellt. Die Swift Repräsentation der Modelle kann von XCode automatisch generiert oder vom Entwickler manuell verwaltet werden.

Über einen `NSManagedObjectContext` können Entwickler:innen mit diesen Modellen interagieren. Der Objekt Kontext ist ein separater Container unabhängig von der persistenten Datenbank. In diesem können Objekte hinzugefügt, bearbeitet oder gelöscht werden. Um die Änderungen persistent in die Datenbank zu schreiben, muss der Kontext explizit gespeichert werden (Wals 2022, S. 24–25).

Eine Objektinstanz gehört nur einem Context an, es können aber mehrere Instanzen in verschiedenen Kontexten verwendet werden (Apple [kein Datum] e, `NSManagedObjectContext`).

2.3.4 AWS Cloud

Für das Verwalten der Impfdaten und -empfehlungen soll ein Backend verantwortlich sein. Die Skalierbarkeit der Backendlösung ist dabei von grundlegender Wichtigkeit.

Die AWS¹³ Cloud bietet Entwickler:innen verschiedene Dienste an um ein skalierbares Backend zu entwerfen.

Das Amazon API Gateway¹⁴ erlaubt es skalierbare Backends zu verwalten. Dabei übernimmt das API Gateway alle Aufgaben, die mit der Annahme und Verarbeitung von bis zu Hunderttausenden von gleichzeitigen API-Aufrufen verbunden sind (Amazon Web Services 2021a, S. 3). Die einzelnen Routen einer REST¹⁵ API können mit dem API Gateway als einzigartige Lambda¹⁶ Funktionen modelliert werden.

AWS Lambda is an event-driven, serverless compute service that extends other AWS services with custom logic, or creates other backend services that operate with scale, performance, and security. (Amazon Web Services 2021b, S. 3)

¹²<https://developer.apple.com/icloud/cloudkit/>

¹³<https://aws.amazon.com/de/>

¹⁴<https://aws.amazon.com/de/api-gateway/>

¹⁵https://www.ics.uci.edu/~fielding/pubs/dissertation/fielding_dissertation_2up.pdf

¹⁶<https://aws.amazon.com/de/lambda/>

3 Anforderungsanalyse

Für die erfolgreiche Umsetzung eines Softwareprojekts müssen die Anforderungen klar definiert werden. Das Ziel der Anforderungsanalyse ist es, diese Anforderungen herauszuarbeiten. Dafür werden die Zielgruppe und ihre Anforderungen analysiert und die daraus resultierenden Use Cases visualisiert. Die Anforderungen werden dann aus den Use Cases abgeleitet und als Funktionale Anforderungen festgehalten.

3.1 Zielgruppe

Die App soll das digitale Verwalten von Impfungen erlauben und der nutzenden Person darauf basierende Empfehlungen aussprechen. Dafür wird den Nutzer:innen die Möglichkeit geboten, Impfzertifikate, wie das Corona Impfzertifikat, zu einem digitalen Impfpass hinzuzufügen oder Impfungen, die keine Zertifikate unterstützen, manuell einzutragen. Die App speichert zugelassene Impfstoffnamen, um vor Falscheintragungen zu schützen.

Nutzer:innen sollen weiterhin neue Impfpässe für andere Personen oder Haustiere hinzufügen können. Um die App flexibel zu halten und z.B. Eltern das Verwalten von Impfpässen ihrer Kinder zu erleichtern, können diese Impfpässe verschlüsselt exportiert werden. So können die Kinder ihren eigenen Impfpass übertragen bekommen, wenn sie alt genug dafür sind. Die Empfehlungen werden von der App angefragt und lokal ausgewertet. Dabei werden das Alter, das Geschlecht und Risikoländer in Betracht gezogen, sowie ausgelaufene Zertifikate und Impfungen.

Die App soll in Englisch entwickelt werden. Dadurch können Nutzer:innen nicht nur international den Impfstatus nachweisen, sondern es erleichtert auch Migranten den Zugang und die Kommunikation mit ärztlichem Fachpersonal.

3.2 Use Cases

Ein Use Case Diagramm, oder Anwendungsfalldiagramm, ist ein UML-Diagramm zur Darstellung der Akteure und ihrer erwarteten Anwendungsfälle. Das Diagramm zeigt mögliche Abhängigkeiten und Beziehungen zwischen den Akteuren und Anwendungsfällen (Laplante 2009, S. 78).

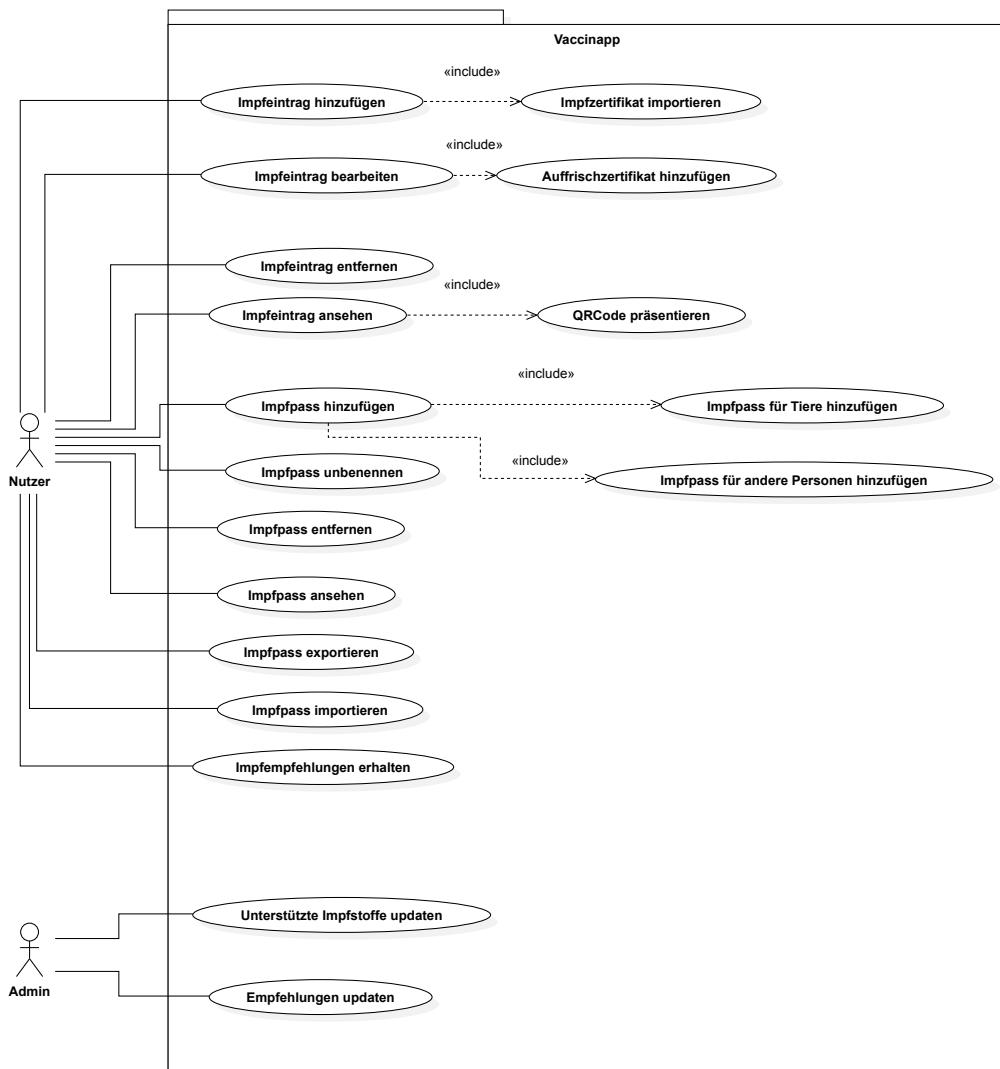


Abbildung 7: Use Case Diagramm

3.3 User Stories

User Stories sind simpel formulierte Anforderungen die ein Akteur an ein Softwaresystem hat. Sie sind eindeutig und lassen sich anhand von Akzeptanztests überprüfen (Laplane 2009, S. 58–59).

ID	Beschreibung
US #01	<i>Als Nutzer:in möchte ich meine existierenden Impfungen in die App eintragen können.</i>
US #02	<i>Als Nutzer:in möchte ich mein Impfzertifikat als QR-Code in die App importieren.</i>
US #03	<i>Als Nutzer:in möchte ich meine importierten Impfungen bearbeiten und updaten können.</i>
US #04	<i>Als Nutzer:in möchte ich neue Zertifikate für eine bestehende Impfung importieren können.</i>
US #05	<i>Als Nutzer:in möchte ich Impfungen entfernen können.</i>
US #06	<i>Als Nutzer:in möchte ich meine Impfungsdetails ansehen können.</i>
US #07	<i>Als Nutzer:in möchte in meinen QR-Code von zertifizierten Impfungen präsentieren können.</i>
US #08	<i>Als Nutzer:in möchte ich neue Pässe hinzufügen, um die Impfungen anderer Personen oder Tiere zu verwalten.</i>
US #09	<i>Als Nutzer:in möchte ich meine Pässe bearbeiten können.</i>
US #10	<i>Als Nutzer:in möchte ich meine Pässe entfernen können.</i>
US #11	<i>Als Nutzer:in möchte ich alle meine Impfungen in einem Pass ansehen können.</i>
US #12	<i>Als Nutzer:in möchte ich meine Pässe verschlüsselt exportieren können.</i>
US #13	<i>Als Nutzer:in möchte ich exportierte Impfpässe importieren können.</i>
US #14	<i>Als Nutzer:in möchte ich über anstehende Auffrischimpfungen informiert werden.</i>

ID Beschreibung

- US #15** *Als Nutzer:in möchte ich über empfohlene Impfungen in meinem Aufenthaltsland informiert werden.*
- US #16** *Als Admin möchte ich neu unterstützte Impfungen ohne einen neuen Release verwalten können.*
-

3.4 Funktionale Anforderungen

Funktionale Anforderungen sind konkrete Anforderungen an ein Softwaresystem. Sie beschreiben die Dienste, die das System bereitstellen soll, und wie das System auf Eingaben reagieren wird (Laplante 2009, S. 6).

Die funktionalen Anforderungen lassen sich in 3 Gruppen aufteilen:

- Muss**-Anforderungen beschreiben Kriterien, die das Produkt als Minimal Viable Product (MVP) erfüllen muss.
- Soll**-Anforderungen sind Kriterien, die nicht grundlegend nötig sind und über den MVP hinausgehen, aber dennoch umgesetzt wurden.
- Kann**-Anforderungen sind Kriterien, die nicht im Rahmen dieser Arbeit implementiert sind, aber Ausblick auf die Weiterentwicklung geben.

ID	Beschreibung	folgt aus
FA#01	<i>Die App muss das Verwalten der Impfeinträge unterstützen.</i>	US #01, #03, #05, #06
FA#02	<i>Die App muss das Verwalten der Impfpässe unterstützen.</i>	US #08, #09, #10, #11
FA#03	<i>Die App muss das Importieren von Impfzertifikaten über QR-Codes unterstützen.</i>	US #02
FA#04	<i>Die App muss Zertifikate für eine Zweitimpfung automatisch einordnen.</i>	US #04

ID	<i>Beschreibung</i>	<i>folgt aus</i>
FA#05	<i>Die App muss den QR-Code des neusten Zertifikats anzeigen.</i>	US #07
FA#06	<i>Die App soll das verschlüsselte Exportieren eines Impfpasses unterstützen.</i>	US #12
FA#07	<i>Die App soll das Importieren eines verschlüsselten Impfpasses unterstützen.</i>	US #13
FA#08	<i>Die App soll Zertifikate auf ihre Gültigkeit überprüfen.</i>	US #14
FA#09	<i>Die App soll Empfehlungen für fehlende Impfungen anzeigen.</i>	US #14, #15
FA#10	<i>Die App soll die Empfehlungen nach Ländern filtern können.</i>	US #15
FA#11	<i>Die App kann Impfaufkleber aus dem physischen Impfpass einscannen.</i>	US #01
FA#12	<i>Das Backend soll Anfragen zu Impfempfehlungen beantworten können.</i>	US #15
FA#13	<i>Das Backend soll Anfragen zu unterstützten Impfstoffen beantworten können.</i>	US #16, #17
FA#14	<i>Das Backend kann den RSS-Feed der STIKO lesen und die tabellarisierten Empfehlungen verarbeiten.</i>	US #16, #17, #15

3.5 Nicht-Funktionale Anforderungen

Nicht-Funktionale Anforderung beschreiben externe Anforderungen an ein System (Laplante 2009, S. 7).

ID	Beschreibung
NFA#01	<i>Die App muss alle personenbezogenen Daten auf dem Endgerät behandeln.</i>
NFA#02	<i>Das Backend soll skalierbar sein.</i>
NFA#03	<i>Die App soll Zertifikate in zwei Klicks anzeigen können.</i>
NFA#04	<i>Die App soll sich an die Apple Design Richtlinien (Human Interface Guidelines) halten.</i>
NFA#05	<i>Die App soll einfach zu benutzen sein.</i>

4 Entwurf

Bevor mit der Entwicklung begonnen werden kann, müssen neben der Anforderungsanalyse noch weitere Spezifikationen entworfen werden. In diesem Kapitel werden zum einen für das Frontend ein Mockup Design entworfen, sowie einen Prototyp entwickelt, um das grundlegende Konzept früh testen zu können. Zum anderen muss die Backend API entworfen werden, sowie benötigte Data Transfer Objektmodelle definiert werden. Abschließend sollen die Entwicklungsumgebung und die zu benutzenden Dependencies festgehalten werden.

4.1 Frontend

4.1.1 Design

Der erste Entwurf der App wurde mit dem Design Tool Sketch¹ zusammen mit der offiziellen Apple UI Library² erstellt. Die Library enthält flexible Designelemente, die das aktuelle UI von iOS Geräten widerspiegeln. Durch diese bekannten Designelemente kann eine App entworfen werden, die sich an die empfohlenen Human Interface Guidelines³ hält. Dies führt dazu, dass sich die App für die Nutzer:innen schon beim ersten Öffnen vertraut anfühlt, da bekannte Konzepte und Strukturen wiedererkannt werden.

Abbildung 8 (s. S. 23) zeigt die grundlegende Struktur der App. Die Knoten stellen separate Ansichten dar, die Kanten stehen für die Navigationswege zwischen den Ansichten.

Beim Öffnen der App wird zunächst die Impfübersicht (VaccinationList) angezeigt, die Impfungen sind die Basis der gesamten App und sollen den Nutzer:innen schnell zur Verfügung stehen. Auf der gleichen Ebene der Impfübersicht sind die Empfehlungen (Recommendations)

¹<https://www.sketch.com>

²<https://developer.apple.com/design/resources/>

³<https://developer.apple.com/design/human-interface-guidelines/guidelines/overview>

sowie die Einstellungen (Settings) angeordnet. Diese Ansichten sollen mit der vertrauten Tab Bar⁴, einer vertikalen Liste von Knöpfen am unteren Ende des Bildschirms, erreichbar sein.

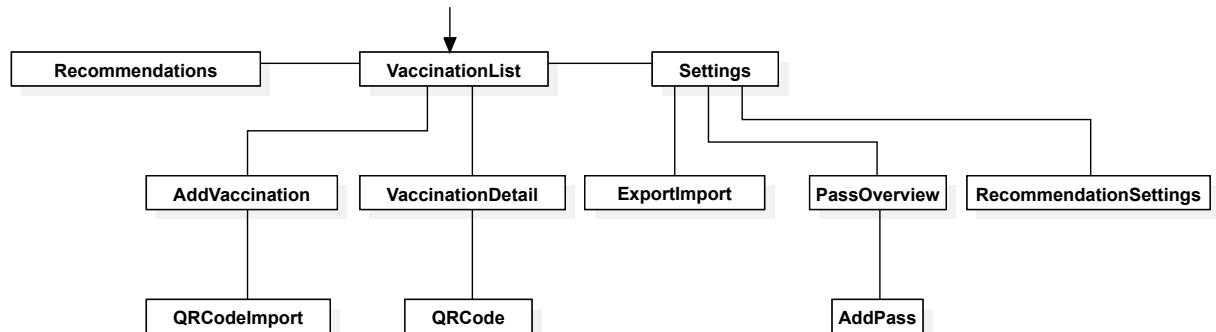


Abbildung 8: App View Struktur

Von der Impfübersicht aus gelangt der oder die Nutzer:in entweder zu einer Detailübersicht einer Impfung (VaccinationDetail) oder zu dem Formular zum Hinzufügen neuer Impfungen (AddVaccination). Die Detailübersicht zeigt weitere Informationen zu der Impfung und für Impfungen mit Zertifikaten auch den QR-Code (QR-Code) an. Die Einstellungen erlauben es neue Impfpässe hinzuzufügen (PassOverview), bestehende Pässe zu ex- oder importieren (Export-Import) und die Länderauswahl für Empfehlungen anzupassen.

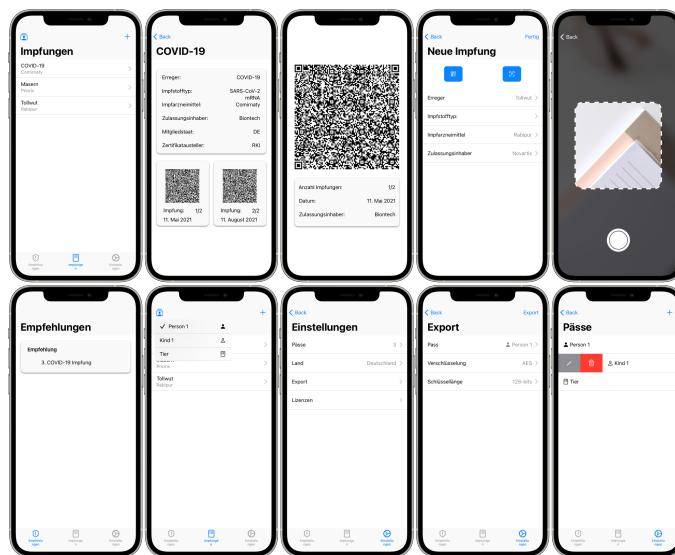


Abbildung 9: Design Mockups

⁴<https://developer.apple.com/design/human-interface-guidelines/components/navigation-and-search/tab-bars>

Die Design Mockups der einzelnen Ansichten sind in Abbildung 9 dargestellt. Sie dienen der Referenz und Verbildlichung der App Struktur, stellen jedoch keine festen Designvorschriften dar. Von links nach rechts werden gezeigt: Impfübersicht, Impfungsdetails, QR-Code, Impfung hinzufügen, QR-Code Import, Empfehlungen, Impfliste mit Pass Wechseln Menü, Einstellungen, Export/Import Ansicht und die Passübersicht.

Die Icons, die für UI Elemente benötigt werden, kommen aus der SF Symbols⁵ Sammlung von Apple. Diese Icons werden nativ von iOS Geräten unterstützt und sind von Grund auf für verschiedene Display- und Textgrößen entworfen worden. Sie Skalieren automatisch mit den Bedienbarkeiteinstellungen im Endgerät und fördern so die Bedienbarkeit.

Prototype

Um das Design und den User Flow zu testen, wurde das Sketch Prototype Feature benutzt. Dieses erlaubt das Erstellen von klickbaren “Hotspots” um den oder die Nutzer:in durch die einzelnen Ansichten zu navigieren. Abbildung 10 zeigt den gesamten Prototyp, die gelben Pfeile stellen mögliche Navigationswege durch die App dar. Durch die Sketch Mirror App⁶ kann der Prototyp direkt auf dem Endgerät getestet werden. So wird sicher gestellt, dass das Design nicht kontextfrei entworfen wird und Elemente auf dem Endgerät die erwarteten Maße haben.

⁵<https://developer.apple.com/sf-symbols/>

⁶<https://apps.apple.com/us/app/sketch-mirror/id677296955>

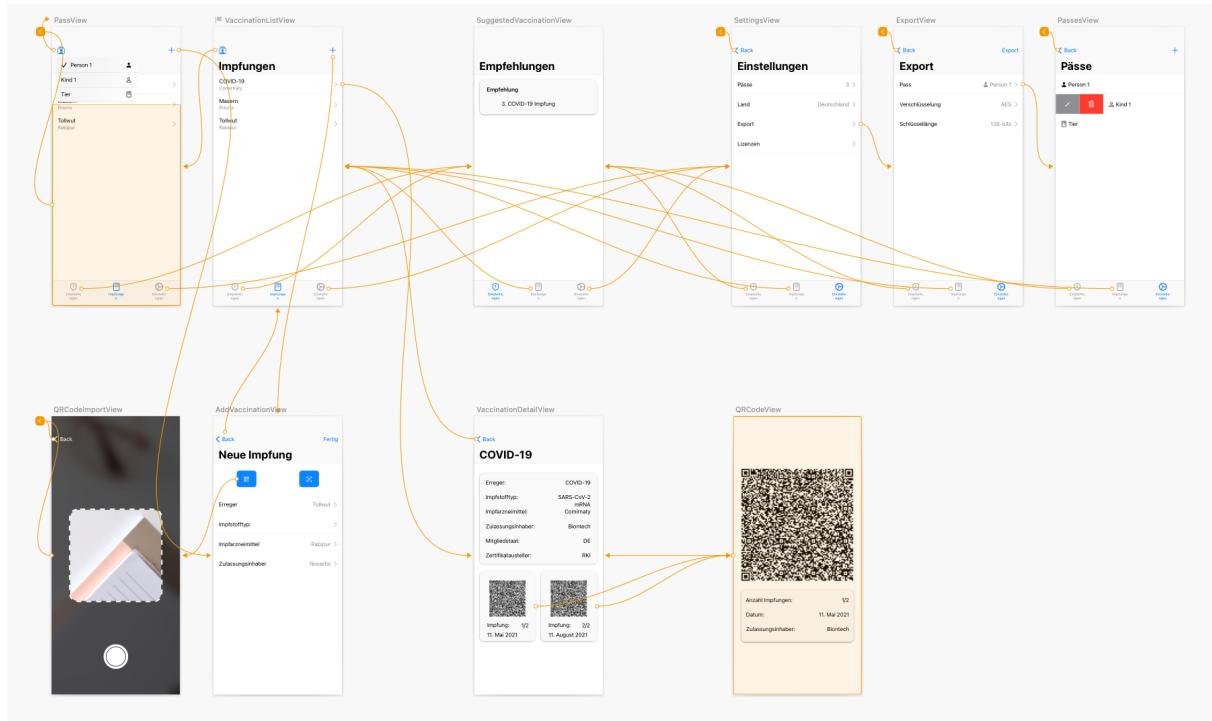


Abbildung 10: Prototype Flow

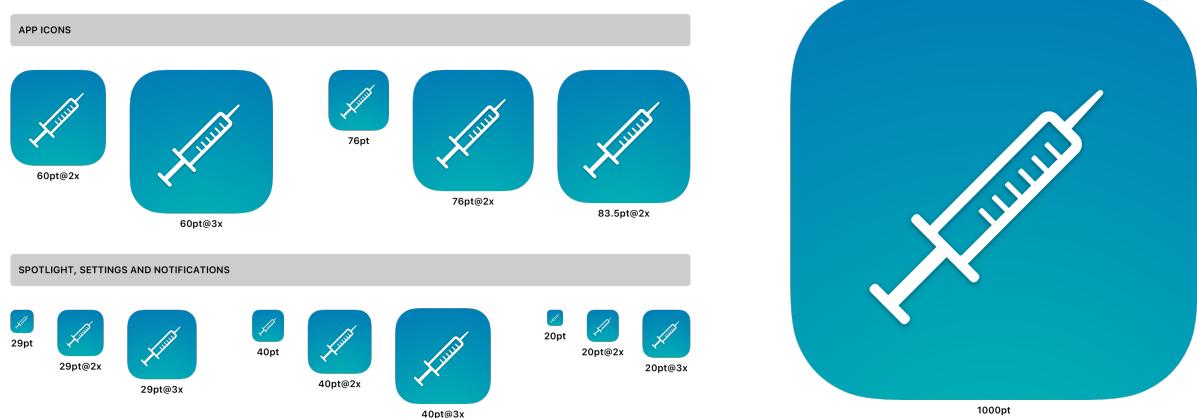


Abbildung 11: Vaccinapp Logo

4.1.2 Branding

Zu dem Entwurf einer App gehört auch ein klares Branding auszuarbeiten. Das Logo und der Name einer App sind die ersten Kontaktpunkte neuer Nutzer:innen und haben dadurch starke Auswirkungen auf den ersten Eindruck.

Um das Logo modern, aber auch freundlich zu gestalten, wurde ein simples weißes Piktogramm auf einem angenehm blauen Farbverlauf gewählt. Die Farbe blau wird von vielen Menschen als eine beruhigende Farbe gesehen. Positive Assoziation mit dem Himmel oder Gewässern entstehen (Farbtonkarte 2022).

Das Piktogramm ist eine Spritze, ein klares Zeichen für Impfungen. Ein leichter Schlagschatten differenziert das Logo von dem Hintergrund und verbessert so die Lesbarkeit.

Abbildung 11 zeigt das Logo in verschiedenen Größen, um die Wirkung des Logos in jedem Kontext zu zeigen. Bei den Größen handelt es sich um übliche von Apple vorgeschriebene Größen, für alle Displaygrößen, den App Store, sowie Icons neben Benachrichtigungen. Bei dem Entwurf des Logos wurde Wert daraufgelegt, dass es sich zwischen herkömmlichen iOS Apps konsistent einordnet und nicht zu sehr hervorsticht, aber dennoch schnell zu erkennen ist um welche Anwendung es sich handelt.

Abbildung 12 zeigt das Logo auf einem Standard iPhone Homescreen neben anderen Apps.

Als Name wurde das Portmanteau-Wort *Vaccinapp* gewählt. Es setzt sich aus den englischen Wörtern *Vaccination* und *App* zusammen. Vaccinapp beschreibt so die App in einem einprägsamen Wort.



Abbildung 12: Logo im Kontext

4.2 Backend

Das Backend ist für das Verwalten der unterstützten Impfungen zuständig, sowie den dazugehörigen Impfstoffen und Empfehlungen. Es wird nach dem Pull Prinzip gearbeitet, das heißt die App ist dafür verantwortlich die neusten Änderungen periodisch vom Backend abzufragen und lokal zwischenzuspeichern. Diese Anfragen werden dabei vollkommen stateless verar-

beitet, die tatsächliche Auswertung und Filterung der Empfehlungen passiert lokal auf dem Endgerät.

Die zu implementierenden Routen sind:

- `/recommend/{country}`
- `/update`

/recommend

Die `/recommend` Route ist zuständig für die Empfehlungen für ein explizites Land, z.B. `/recommend/germany`, oder generelle Empfehlungen mit dem Parameter `/recommend/all`. Die Route gibt eine Liste an empfohlenen Impfungen zurück.

/update

Die `/update` Route ist dafür zuständig ein komplettes Set der unterstützten Impfungen zurückzugeben. Diese können anschließend auf dem Endgerät genutzt werden, um die lokalen Impfungen und Impfstoffe zu aktualisieren.

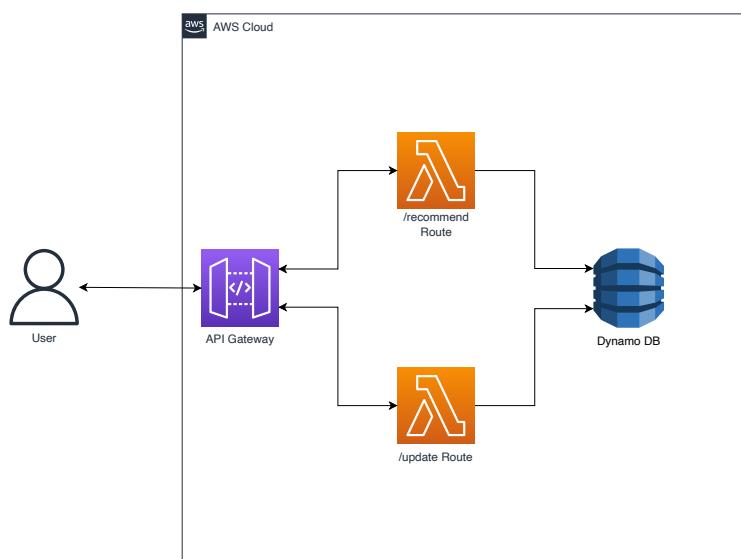


Abbildung 13: Backend Architekturdiagramm

4.2.1 Data Transfer Object

Um die erfolgreiche Kommunikation zwischen Backend und Frontend sicherzustellen, bedarf es klar definierter Modelle, die von beiden Seiten verarbeitet werden können. Die Data Transfer

Objekte (DTO) auf der Frontendseite sind Subklassen der `Codable` Klasse⁷. Diese erlaubt unter anderem das einfach Konvertieren von und zu JSON. Durch die klare Definition der API, der JSON Antwort, siehe Quellcode 6, und dem Swift DTO, siehe Quellcode 7, können Front- und Backend unabhängig voneinander entwickelt und getestet werden.

Quellcode 6: DTO JSON

```

1  {
2      "name": "Tollwut",
3      "targetID": "0000000001",
4      "type": "human",
5      "vaccines": [
6          {
7              "id": "EU/0/15/0001",
8              "name": "Rabipur",
9              "manufacturer": "ACME Inc."
10         }
11     ],
12     "age": 12,
13     "countries": ["thailand"],
14     "gender": "male"
15 }
```

Quellcode 7: DTO Swift

```

1 struct DiseaseTargetDTO: Codable {
2     var targetID: String
3     var type: String
4     var vaccines: [VaccineDTO]
5     var age: String?
6     var gender: String?
7     var name: String
8     var countries: [String]?
9 }
10
11 struct VaccineDTO: Codable {
12     var id: String
13     var name: String
14     var manufacturer: String
15 }
```

⁷https://developer.apple.com/documentation/foundation/archives_and_serialization/encoding_and_decoding_custom_types

Das `DiseaseTargetDTO` soll alle Informationen zu einem einzigartigen Erreger enthalten, es werden allgemeine Sachen wie der Name (`name`), eine Identifikationsnummer (`targetID`) und auf welches Lebewesen die Krankheit zutrifft (`type`), zum Beispiel `human`, `cat` oder `dog`, gespeichert. Das DTO enthält weiterhin eine Liste an unterstützten Impfstoffen (`vaccines`) und verschiedene optionale Felder, um Empfehlungen auszusprechen.

Die optionalen Felder müssen nur bei zutreffenden Empfehlungen ausgefüllt werden. Es werden altersabhängige (`age`), landesabhängige (`countries`) und geschlechtsabhängige (`gender`) Empfehlungen unterstützt.

4.3 Tech Stack

Die App soll nativ für iOS Geräte entwickelt werden. Als UI Framework soll SwiftUI verwendet werden, für die Persistenz soll Core Data verwendet werden. Netzwerkanfragen sollen asynchron mit dem Combine Framework behandelt werden, damit das UI nicht blockiert wird und reaktionsschnell bleibt. Neben den genannten Frameworks werden noch verschiedene Frameworks zum Decodieren des QR-Codes in einen CBORWebToken verwendet: CodeScanner⁸, ASN1Decoder⁹, base45-swift¹⁰ und SwiftCBOR¹¹, sowie Source Code aus der CovPassApp¹². Der Source Code aus der CovPassApp umfasst das CBORWebToken Modell sowie dafür benötigte Objekte und sollen in einem klar erkennlichen `./External/`-Ordner abgelegt werden. Der Code soll mit dem XCTest¹³ Framework getestet werden.

Das Backend wird in Python mit Hilfe des serverless¹⁴ Frameworks geschrieben.

GitLab¹⁵ soll zur Versionierung des Codes und der Sprintplanung verwendet werden. Zusätzlich zu den Issues wurde GanttLab¹⁶ verwendet, um eine klare Übersicht über die Projektplanung zu erhalten.

⁸<https://github.com/twostraws/CodeScanner>

⁹<https://github.com/filom/ASN1Decoder>

¹⁰<https://github.com/ehn-dcc-development/base45-swift>

¹¹<https://github.com/unrelentingtech/SwiftCBOR>

¹²<https://github.com/Digitaler-Impfnachweis/covpass-ios>

¹³<https://developer.apple.com/documentation/xctest>

¹⁴<https://www.serverless.com>

¹⁵<https://about.gitlab.com>

¹⁶<https://www.ganttlab.com>

5 Entwicklung

In diesem Kapitel sollen besondere Implementierungsdetails hervorgehoben und die allgemeine Architektur der App und des Backends beschrieben werden. Anschließend wird auf die Teststrategie und das Deployment eingegangen.

5.1 Frontend

Die Architektur des Frontends folgt dem Model-View-Controller Muster. Das MVC Muster in der reinsten Form teilt ein Software System in 3 Komponenten auf:

Das *Model* ist ein Objekt, das die Informationen über die Domäne verwaltet. Dieses Objekt ist ein nicht visuelles Objekt. Die *View* präsentiert das *Model* einem oder einer Nutzer:in und ist lediglich für dieses Präsentieren gedacht.

Der *Controller* ist zuständig für das Verarbeiten von User Interaktionen und das Manipulieren der Modelle. (Fowler 2015, S. 330)

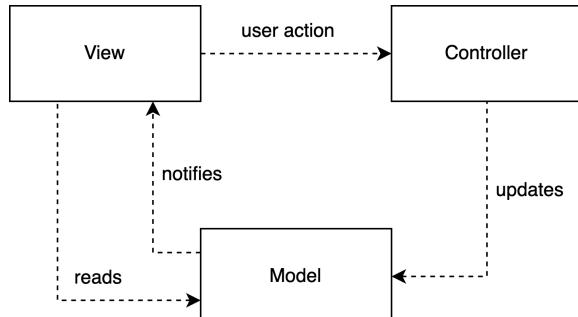


Abbildung 14: MVC Architekturdiagramm

As I think about MVC I see two principal separations: separating the presentation from the model and separating the controller from the view. Of these the separation of presentation from model is one of the most fundamental heuristics of good software design. (Fowler 2015, S. 331)

Das MVC Muster spaltet also die Model- und die Kontrolllogik von der Präsentation. Dabei ist die Teilung von Model und Präsentation von besonderem Interesse. Die Präsentation ist

zwar abhängig vom Model, das Model jedoch nicht von der Präsentation. Durch eine strikte Trennung kann das Model in einem Vakuum entwickelt und auf seine Funktionsweise getestet werden (Fowler 2015, S. 331).

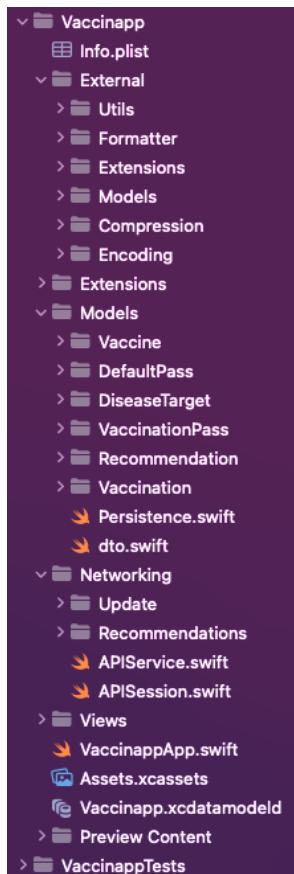


Abbildung 15: Ordner
Übersicht

Die Trennung von Präsentation und Kontrolllogik ist dabei etwas komplexer. Die SwiftUI API mit den PropertyWrappern wie `@State` und `@Binding`, machen das Erstellen eines separaten Controllers redundant. Die NetworkingController als grundlegende Kommunikationspfade zwischen Backend und Endnutzer:in sollen auf ihre Korrektheit getestet werden können und wurden daher in separate Klassen ausgelagert.

Das Projekt ist logisch in einen `Model`, einen `Networking`- und einen `Views`-Teil gegliedert. Daneben gibt es noch den `External`-Ordner, in ihm ist die CBORWebToken Implementierung der CovPassCheck App enthalten.

Der Model-Ordner enthält alle Core Data Dateien, jedes Model erhält einen Ordner und ist jeweils aufgeteilt in mehrere Dateien:

`<name>+CoreDataClass.swift`: Die CoreDataClass Dateien enthalten die grundlegende Klasse und werden von XCode aus dem XCDataModel generiert und bei Bedarf angepasst.

`<name>+CoreDataProperties.swift`: Die CoreDataProperties enthalten die Attribute und Funktionen zum Hinzufügen von Elementen zu einer Many-To-Many oder Many-To-One Beziehung. Die Properties werden auch aus dem XCDataModel generiert.

`<name>+Wrappers.swift`: Die Wrapper Dateien enthalten Hilfsmethoden um einfach auf optionale Attribute zuzugreifen und statische Methoden die Core Data Anfragen (NSPredicate) zurückgeben.

Diese NSPredicates können dann an anderen Stellen genutzt werden und helfen beim Verständnis, da sie mit einem Namen versehen sind.

5.1.1 Startpunkt

Quellcode 8 zeigt den Einstiegspunkt der App. Beim Starten der App wird in der `init()`-Methode zuerst ein Update vom Backend ausgeführt um die neusten Änderungen der Erreger

und der Impfstoffe zu erhalten. Anschließend wird der `DefaultPass` geladen oder, wenn keiner existiert, ein neuer erstellt.

Der `DefaultPass` ist ein simples Container-Objekt, das einen `VaccinationPass` referenziert. Er stellt den zuletzt ausgewählten bzw. gerade aktiven Pass dar. Die Computed Property¹ `body` stellt die Startszene der App dar. In diesem Fall ein einzelnes Fenster mit einer Tab Bar. Die Tab Bar enthält, wie in Kapitel 4.1.1 beschrieben, die Empfehlungs- und Impfliste, sowie die Einstellungen.

Zum Schluss werden noch globale Einstellungen über SwiftUI Modifier definiert. Der Modifier `.accentColor()` setzt die Akzent Farbe für alle Buttons und Highlights. `.environment()` erlaubt das zugreifen auf den Core Data Context aus jeder View.

Quellcode 8: Vaccinapp Einstiegspunkt

```

1 import SwiftUI
2 import CoreData
3 import Combine
4
5 @main
6 struct VaccinappApp: App {
7     @AppStorage("didLaunchBefore") var didLaunchBefore: Bool =
8         false
9     let persistenceController = PersistenceController.shared
10
11    @StateObject var defaultPass: DefaultPass
12    @State private var selection = 2
13
14    init() {
15        persistenceController.update()
16
17        let context = persistenceController.container.
18            viewContext
19        let fetchRequest = DefaultPass.fetchRequest()
20        fetchRequest.fetchLimit = 1
21
22        if let pass = try? context.fetch(fetchRequest).first {
23            self._defaultPass = StateObject(wrappedValue: pass)
24        } else {
25            self._defaultPass = StateObject(wrappedValue:
26                DefaultPass(context: context))
27            try? context.save()
28        }
29    }
30}
```

¹<https://docs.swift.org/swift-book/LanguageGuide/Properties.html>

```
26
27     UITabBar.appearance().scrollEdgeAppearance =
28         UITabBarAppearance()
29
30     var body: some Scene {
31         WindowGroup {
32             ZStack {
33                 if !didLaunchBefore {
34                     Onboarding(defaultPass: defaultPass)
35                 } else {
36                     TabView(selection: $selection) {
37                         Recommendations(defaultPass: defaultPass)
38                             .tabItem {
39                                 Image(systemName: "rectangle.
40                                     stack")
41                                 Text("Recommendations")
42                             }
43                         PassView(defaultPass: defaultPass)
44                             .tabItem {
45                                 Image(systemName: "person.text.
46                                     rectangle")
47                                 Text("Vaccinations")
48                             }
49                         Settings()
50                             .tabItem{
51                                 Image(systemName: "gear")
52                                 Text("Settings")
53                             }
54                         .tag(3)
55                     }
56                 }
57             }
58         .accentColor(.mint)
59         .navigationViewStyle(StackNavigationViewStyle())
60         .environment(\.managedObjectContext,
61             persistenceController.container.viewContext)
62     }
63 }
```

5.1.2 Modelle

Um CoreData in der gesamten App verwenden zu können, wurde eine Singleton Klasse namens `Persistence.swift` erstellt (s. Quellcode 9). Das Singleton Pattern stellt sicher, dass von dieser Klasse nur eine Instanz existiert und diese global erreichbar ist (Gamma, Helm, Johnson, Vlissides 1994, S. 127). Das `Persistence` struct bietet zwei statische Instanzen an, die `shared` Instanz ist für den normalen Gebrauch gedacht, die `preview` Instanz stellt einen Beispiel Test Container für die XCode Previews bereit und ist nur für Testzwecke zu benutzen, da die Objekte nur im Arbeitsspeicher existieren und nicht persistent gespeichert werden.

Quellcode 9: Persistence Singleton

```

1 import CoreData
2 import Combine
3
4 struct PersistenceController {
5     static let shared = PersistenceController()
6
7     static var preview: PersistenceController = {
8         let result = PersistenceController(inMemory: true)
9         let viewContext = result.container.viewContext
10
11         do {
12             try viewContext.save()
13         } catch {
14             let nsError = error as NSError
15             fatalError("Unresolved error \(nsError), \(nsError.userInfo)")
16         }
17         return result
18     }()
19
20     let container: NSPersistentContainer
21
22     init(inMemory: Bool = false) {
23         container = NSPersistentContainer(name: "Vaccinapp")
24         if inMemory {
25             container.persistentStoreDescriptions.first!.url =
26                 URL(fileURLWithPath: "/dev/null")
27         }
28         container.loadPersistentStores(completionHandler: { (storeDescription, error) in
29             if let error = error as NSError? {
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
279
280
281
282
283
284
285
286
287
287
288
289
289
290
291
292
293
294
295
296
297
297
298
299
299
300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
309
310
311
312
313
314
315
316
317
317
318
319
319
320
321
322
323
324
325
326
327
327
328
329
329
330
331
332
333
334
335
336
337
337
338
339
339
340
341
342
343
344
345
346
347
347
348
349
349
350
351
352
353
354
355
356
357
357
358
359
359
360
361
362
363
364
365
366
367
367
368
369
369
370
371
372
373
374
375
376
377
377
378
379
379
380
381
382
383
384
385
386
387
387
388
389
389
390
391
392
393
394
395
396
397
397
398
399
399
400
401
402
403
404
405
406
407
407
408
409
409
410
411
412
413
414
414
415
416
416
417
418
418
419
419
420
421
422
423
424
425
426
426
427
428
428
429
429
430
431
432
433
434
435
436
436
437
438
438
439
439
440
441
442
443
444
445
446
446
447
448
448
449
449
450
451
452
453
454
455
456
456
457
458
458
459
459
460
461
462
463
464
465
466
466
467
468
468
469
469
470
471
472
473
474
475
476
476
477
478
478
479
479
480
481
482
483
484
485
486
486
487
488
488
489
489
490
491
492
493
494
495
496
496
497
498
498
499
499
500
501
502
503
504
505
506
506
507
508
508
509
509
510
511
512
513
514
515
515
516
517
517
518
518
519
519
520
521
522
523
524
525
526
526
527
528
528
529
529
530
531
532
533
534
535
536
536
537
538
538
539
539
540
541
542
543
544
545
546
546
547
548
548
549
549
550
551
552
553
554
555
556
556
557
558
558
559
559
560
561
562
563
564
565
566
566
567
568
568
569
569
570
571
572
573
574
575
576
576
577
578
578
579
579
580
581
582
583
584
585
586
586
587
588
588
589
589
590
591
592
593
594
595
596
596
597
598
598
599
599
600
601
602
603
604
605
605
606
607
607
608
608
609
609
610
611
612
613
614
614
615
616
616
617
617
618
618
619
619
620
621
622
623
624
625
625
626
627
627
628
628
629
629
630
631
632
633
634
635
635
636
637
637
638
638
639
639
640
641
642
643
644
645
645
646
647
647
648
648
649
649
650
651
652
653
654
655
655
656
657
657
658
658
659
659
660
661
662
663
664
665
665
666
667
667
668
668
669
669
670
671
672
673
674
675
675
676
677
677
678
678
679
679
680
681
682
683
684
685
685
686
687
687
688
688
689
689
690
691
692
693
694
694
695
696
696
697
697
698
698
699
699
700
701
702
703
704
704
705
706
706
707
707
708
708
709
709
710
711
712
713
714
714
715
716
716
717
717
718
718
719
719
720
721
722
723
724
724
725
726
726
727
727
728
728
729
729
730
731
732
733
734
734
735
736
736
737
737
738
738
739
739
740
741
742
743
744
744
745
746
746
747
747
748
748
749
749
750
751
752
753
754
754
755
756
756
757
757
758
758
759
759
760
761
762
763
764
764
765
766
766
767
767
768
768
769
769
770
771
772
773
774
774
775
776
776
777
777
778
778
779
779
780
781
782
783
783
784
785
785
786
786
787
787
788
788
789
789
790
791
792
793
793
794
794
795
795
796
796
797
797
798
798
799
799
800
801
802
802
803
804
804
805
805
806
806
807
807
808
808
809
809
810
811
812
812
813
813
814
814
815
815
816
816
817
817
818
818
819
819
820
821
822
822
823
823
824
824
825
825
826
826
827
827
828
828
829
829
830
831
832
832
833
833
834
834
835
835
836
836
837
837
838
838
839
839
840
841
842
842
843
843
844
844
845
845
846
846
847
847
848
848
849
849
850
851
852
852
853
853
854
854
855
855
856
856
857
857
858
858
859
859
860
861
862
862
863
863
864
864
865
865
866
866
867
867
868
868
869
869
870
871
872
872
873
873
874
874
875
875
876
876
877
877
878
878
879
879
880
881
882
882
883
883
884
884
885
885
886
886
887
887
888
888
889
889
890
891
892
892
893
893
894
894
895
895
896
896
897
897
898
898
899
899
900
901
902
902
903
903
904
904
905
905
906
906
907
907
908
908
909
909
910
911
912
912
913
913
914
914
915
915
916
916
917
917
918
918
919
919
920
921
922
922
923
923
924
924
925
925
926
926
927
927
928
928
929
929
930
931
932
932
933
933
934
934
935
935
936
936
937
937
938
938
939
939
940
941
942
942
943
943
944
944
945
945
946
946
947
947
948
948
949
949
950
951
952
952
953
953
954
954
955
955
956
956
957
957
958
958
959
959
960
961
962
962
963
963
964
964
965
965
966
966
967
967
968
968
969
969
970
971
972
972
973
973
974
974
975
975
976
976
977
977
978
978
979
979
980
981
982
982
983
983
984
984
985
985
986
986
987
987
988
988
989
989
990
991
992
992
993
993
994
994
995
995
996
996
997
997
998
998
999
999
1000
1000
1001
1001
1002
1002
1003
1003
1004
1004
1005
1005
1006
1006
1007
1007
1008
1008
1009
1009
1010
1011
1012
1012
1013
1013
1014
1014
1015
1015
1016
1016
1017
1017
1018
1018
1019
1019
1020
1021
1022
1022
1023
1023
1024
1024
1025
1025
1026
1026
1027
1027
1028
1028
1029
1029
1030
1031
1032
1032
1033
1033
1034
1034
1035
1035
1036
1036
1037
1037
1038
1038
1039
1039
1040
1041
1042
1042
1043
1043
1044
1044
1045
1045
1046
1046
1047
1047
1048
1048
1049
1049
1050
1051
1052
1052
1053
1053
1054
1054
1055
1055
1056
1056
1057
1057
1058
1058
1059
1059
1060
1061
1062
1062
1063
1063
1064
1064
1065
1065
1066
1066
1067
1067
1068
1068
1069
1069
1070
1071
1072
1072
1073
1073
1074
1074
1075
1075
1076
1076
1077
1077
1078
1078
1079
1079
1080
1081
1082
1082
1083
1083
1084
1084
1085
1085
1086
1086
1087
1087
1088
1088
1089
1089
1090
1091
1092
1092
1093
1093
1094
1094
1095
1095
1096
1096
1097
1097
1098
1098
1099
1099
1100
1101
1102
1102
1103
1103
1104
1104
1105
1105
1106
1106
1107
1107
1108
1108
1109
1109
1110
1111
1112
1112
1113
1113
1114
1114
1115
1115
1116
1116
1117
1117
1118
1118
1119
1119
1120
1121
1122
1122
1123
1123
1124
1124
1125
1125
1126
1126
1127
1127
1128
1128
1129
1129
1130
1131
1132
1132
1133
1133
1134
1134
1135
1135
1136
1136
1137
1137
1138
1138
1139
1139
1140
1141
1142
1142
1143
1143
1144
1144
1145
1145
1146
1146
1147
1147
1148
1148
1149
1149
1150
1151
1152
1152
1153
1153
1154
1154
1155
1155
1156
1156
1157
1157
1158
1158
1159
1159
1160
1161
1162
1162
1163
1163
1164
1164
1165
1165
1166
1166
1167
1167
1168
1168
1169
1169
1170
1171
1172
1172
1173
1173
1174
1174
1175
1175
1176
1176
1177
1177
1178
1178
1179
1179
1180
1181
1182
1182
1183
1183
1184
1184
1185
1185
1186
1186
1187
1187
1188
1188
1189
1189
1190
1191
1192
1192
1193
1193
1194
1194
1195
1195
1196
1196
1197
1197
1198
1198
1199
1199
1200
1201
1202
1202
1203
1203
1204
1204
1205
1205
1206
1206
1207
1207
1208
1208
1209
1209
1210
1211
1212
1212
1213
1213
1214
1214
1215
1215
1216
1216
1217
1217
1218
1218
1219
1219
1220
1221
1222
1222
1223
1223
1224
1224
1225
1225
1226
1226
1227
1227
1228
1228
1229
1229
1230
1231
1232
1232
1233
1233
1234
1234
1235
1235
1236
1236
1237
1237
1238
1238
1239
1239
1240
1241
1242
1242
1243
1243
1244
1244
1245
1245
1246
1246
1247
1247
1248
1248
1249
1249
1250
1251
1252
1252
1253
1253
1254
1254
1255
1255
1256
1256
1257
1257
1258
1258
1259
1259
1260
1261
1262
1262
1263
1263
1264
1264
1265
1265
1266
1266
1267
1267
1268
1268
1269
1269
1270
1271
1272
1272
1273
1273
1274
1274
1275
1275
1276
1276
1277
1277
1278
1278
1279
1279
1280
1281
1282
1282
1283
1283
1284
1284
1285
1285
1286
1286
1287
1287
1288
1288
1289
1289
1290
1291
1292
1292
1293
1293
1294
1294
1295
1295
1296
1296
1297
1297
1298
1298
1299
1299
1300
1301
1302
1302
1303
1303
1304
1304
1305
1305
1306
1306
1307
1307
1308
1308
1309
1309
1310
1311
1312
1312
1313
1313
1314
1314
1315
1315
1316
1316
1317
1317
1318
1318
1319
1319
1320
1321
1322
1322
1323
1323
1324
1324
1325
1325
1326
1326
1327
1327
1328
1328
1329
1329
1330
1331
1332
1332
1333
1333
1334
1334
1335
1335
1336
1336
1337
1337
1338
1338
1339
1339
1340
1341
1342
1342
1343
1343
1344
1344
1345
1345
1346
1346
1347
1347
1348
1348
1349
1349
1350
1351
1352
1352
1353
1353
1354
1354
1355
1355
1356
1356
1357
1357
1358
1358
1359
1359
1360
1361
1362
1362
1363
1363
1364
1364
1365
1365
1366
1366
1367
1367
1368
1368
1369
1369
1370
1371
1372
1372
1373
1373
1374
1374
1375
1375
1376
1376
1377
1377
1378
1378
1379
1379
1380
1381
1382
1382
1383
1383
1384
1384
1385
1385
1386
1386
1387
1387
1388
1388
1389
1389
1390
1391
1392
1392
1393
1393
1394
1394
1395
1395
1396
1396
1397
1397
1398
1398
1399
1399
1400
1401
1402
1402
1403
1403
1404
1404
1405
1405
1406
1406
1407
1407
1408
1408
1409
1409
1410
1411
1412
1412
1413
1413
1414
1414
1415
1415
1416
1416
1417
1417
1418
1418
1419
1419
1420
1421
1422
1422
1423
1423
1424
1424
1425
1425
1426
1426
1427
1427
1428
1428
1429
1429
1430
1431
1432
1432
1433
1433
1434
1434
1435
1435
1436
1436
1437
1437
1438
1438
1439
1439
1440
1441
1442
1442
1443
1443
1444
1444
1445
1445
1446
1446
1447
1447
1448
1448
1449
1449
1450
1451
1452
1452
1453
1453
1454
1454
1455
1455
1456
1456
1457
1457
1458
1458
1459
1459
1460
1461
1462
1462
1463
1463
1464
1464
1465
1465
1466
1466
1467
1467
1468
1468
1469
1469
1470
1471
1472
1472
1473
1473
1474
1474
1475
1475
1476
1476
1477
1477
1478
1478
1479
1479
1480
1481
1482
1482
1483
1483
1484
1484
1485
1485
1486
1486
1487
1487
1488
1488
1489
1489
1490
1491
1492
1492
1493
1493
1494
1494
1495
1495
1496
1496
1497
1497
1498
1498
1499
1499
1500
1501
1502
1502
1503
1503
1504
1504
1505
1505
1506
1506
1507
1507
1508
1508
1509
1509
1510
1511
1512
1512
1513
1513
1514
1514
1515
1515
1516
1516
1517
1517
1518
1518
1519
1519
1520
1521
1522
1522
1523
1523
1524
1524
1525
1525
1526
1526
1527
1527
1528
1528
1529
1529
1530
1531
1532
1532
1533
1533
1534
1534
1535
1535
1536
1536
1537
1537
1538
1538
1539
1539
1540
1541
1542
1542
1543
1543
1544
1544
1545
1545
1546
1546
1547
1547
1548
1548
1549
1549
1550
1551
1552
1552
1553
1553
1554
1554
1555
1555
1556
1556
1557
1557
1558
1558
1559
1559
1560
1561
1562
1562
1563
1563
1564
1564
1565
1565
1566
1566
1567
1567
1568
1568
1569
1569
1570
1571
1572
1572
1573
1573
1574
1574
1575
1575
1576
1576
1577
1577
1578
1578
1579
1579
1580
1581
1582
1582
1583
1583
1584
1584
1585
1585
1586
1586
1587
1587
1588
1588
1589
1589
1590
1591
1592
1592
1593
1593
1594
1594
```

```
29             fatalError("Unresolved error \(error), \(error.  
            userInfo)")  
30         }  
31     })  
32     container.viewContext.  
        automaticallyMergesChangesFromParent = true  
33 }  
34 }
```

Neben diesen Attributen enthält die Persistence Klasse alle nötigen Funktionen, um neue Einträge der Vaccinations, Targets, Vaccines und Recommendations in den Core Data Context zu schreiben. Quellcode 10 zeigt die `addVaccination()` Methode, die aus einem Data Transfer Object ein neues Core Data Objekt erstellt und dem Core Data Context hinzufügt.

Quellcode 10: addVaccination() Methode

```
1 func addVaccination(_ item: AddVaccinationDTO, to pass:  
    VaccinationPass, context: NSManagedObjectContext) throws {  
2     let newItem = Vaccination(context: context)  
3     newItem.timestamp = item.timestamp  
4     newItem.target = item.diseaseSelection  
5     newItem.vaccine = item.vaccineSelection  
6     newItem.addPass(pass)  
7     newItem.valid = item.valid  
8  
9     for c in item.certificates {  
10         try newItem.addCertificate(c)  
11     }  
12 }
```

Abbildung 16 zeigt die Modelle und ihre Beziehungen.

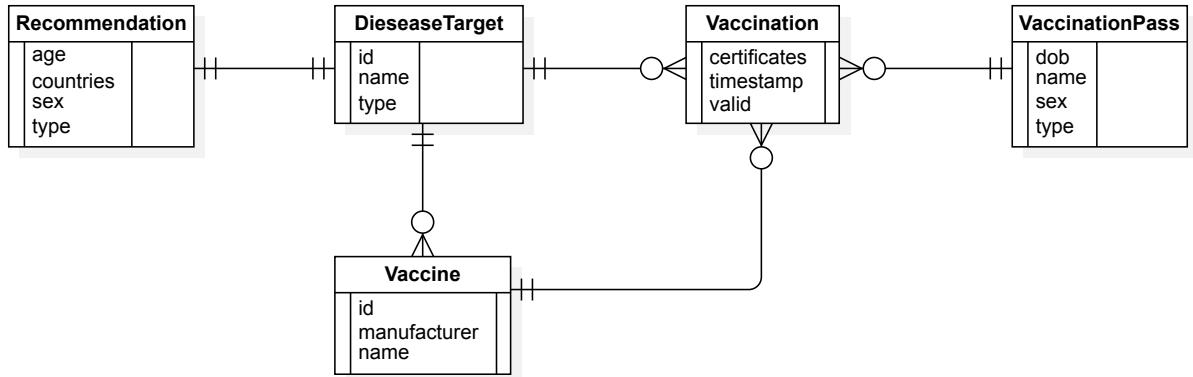


Abbildung 16: ER Diagramm für den Frontend Objekt Graph

5.1.3 Views

Die Views wurden in SwiftUI umgesetzt. Quellcode 11 zeigt die Übersicht über die Impfungen von einem Pass an.

Quellcode 11: PassView.swift

```

1 struct PassView: View {
2     @Environment(\.managedObjectContext) var context
3
4     @FetchRequest(
5         sortDescriptors: [NSSortDescriptor(keyPath: \
6             VaccinationPass.name, ascending: true)],
7         animation: .default)
8     private var passes: FetchedResults<VaccinationPass>
9
10    @ObservedObject var defaultPass: DefaultPass
11    @State private var name = ""
12    @State private var isShowingAlert = false
13
14    var body: some View {
15        NavigationView {
16            VaccinationList(controller:
17                VaccinationListController(pass: defaultPass.pass)
18            )
19                .navigationTitle(defaultPass.pass?.name ?? "No
20                    Pass")
21                .toolbar {

```

```
18             ToolbarItem(placement: .navigationBarLeading
19                 ) {
20                     Menu {
21                         ForEach(passes) { pass in
22                             Button {
23                                 selectPass(pass)
24                             } label: {
25                                 Text("\(pass.wrappedType.
26                                     emoji)  \(pass.name)")
27                             }
28                         }
29                     }
30                 }
31             ToolbarItem(placement: .
32                 navigationBarTrailing) {
33                 NavigationLink {
34                     if let pass = defaultPass.pass {
35                         AddVaccination(pass: pass,
36                             showAlert: $isShowingAlert)
37                     } else {
38                         AddPassWrapper()
39                     }
40                 }
41             }
42         }
43     .alert(isPresented: $isShowingAlert) {
44         Alert(
45             title: Text("Duplicate Vaccination"),
46             message: Text("A Vaccination Entry for
47                 the selected Disease Target exists
48                 already."))
49     }
50 }
51
52 func selectPass(_ pass: VaccinationPass) {
53     print("Selected Pass: \(pass.name)")
```

```

54         defaultPass.selectNewPass(pass, in: context)
55     }
56 }
```

Die View zeigt die Liste der Impfungen unter einer Navigation Bar² (Nav Bar) an. Die Nav Bar kann mit dem `.toolbar()` Modifier angepasst werden. Es werden zwei `ToolBarItems` hinzugefügt. Auf der linken Seite das Menü zum Auswählen des aktiven Passes und auf der rechten Seite den Knopf zum Hinzufügen neuer Impfungen.

Um Fehler, die beim Hinzufügen neuer Impfungen auftreten, darstellen zu können, wird der `VaccinationList` die `isShowingAlert` Variable als Binding übergeben. Dieses Binding bewirkt, dass die Variable in der `VaccinationList` geändert werden kann und diese Änderungen anschließend in der `PassView` reflektiert wird. In diesem konkreten Beispiel bedeutet dies, dass ein Fenster mit einem Fehler dargestellt wird, wenn die Variable `isShowingAlert` auf wahr gesetzt wird.

5.1.4 Networking

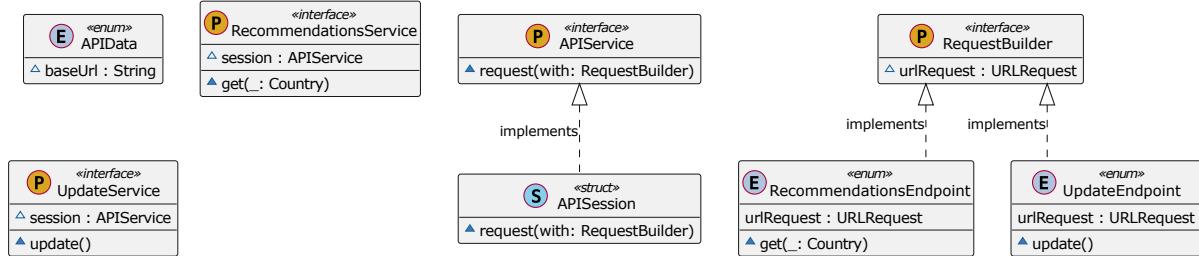


Abbildung 17: Networking Klassendiagramm

Abbildung 17 zeigt die wichtigen Objekte der Networking Architektur. Das `APISession` Objekt ist der Kern der Networking Architektur und beschreibt den grundlegenden Ablauf einer Anfrage und der Auswertung der Antwort. Die Architektur benutzt das Builder Pattern.

[The Builder pattern separates] the construction of a complex object from its representation so that the same construction process can create different representations(Gamma, Helm, Johnson, Vlissides 1994, S. 97).

²<https://developer.apple.com/design/human-interface-guidelines/components/navigation-and-search/navigation-bars/>

Dabei fungieren die Endpoint Objekte als Builder, die von der `request()`-Methode verarbeitet werden können. Dadurch muss der Ablauf der Decodierung der JSON Antworten nur einmal geschrieben werden.

Es wurden verschiedene Interfaces erstellt, in Swift `protocols` genannt, um den Code leichter testen können. So kann z.B. für jedes Interface eine spezielle Test Version erstellt werden, um damit andere Teile der Networking Architektur isoliert zu testen.

Um einen Service im Frontend nutzen zu können, implementiert ein Controller das entsprechende Service Interface und behandelt dort das Verarbeiten der Ergebnisse. Abbildung 18 zeigt die implementierten Controller der Service Protokolle.

Die Networking Architektur basiert auf einer Implementierung von dem Blog Swift Compiled (Brown 2020) und wurde für die MVC Architektur angepasst.

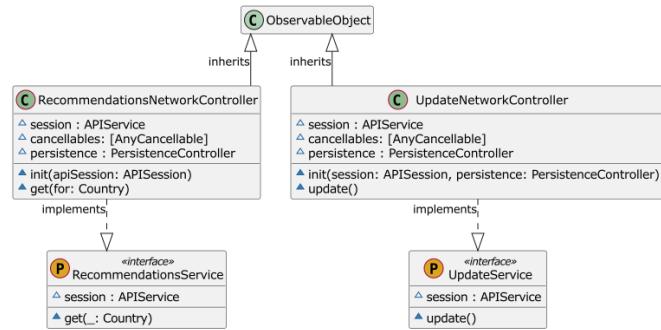


Abbildung 18: Networking Controller Klassendiagramm

5.1.5 CovPass App CBORWebToken Implementierung

Die CovPass App ist eine von IBM entwickelte App zum Speichern und Überprüfen von COVID Zertifikaten. Die App ist Open-Source unter der Apache 2.0 Lizenz veröffentlicht. Diese Lizenz erlaubt das Modifizieren und Verteilen des Source Codes für kommerziellen oder privaten Nutzen.

Explizit werden die Objekte `Base45Coder`, `Compression`, `CoseSign1Message`, `ExtendedCBORWebToken` und `CBORWebToken` genutzt, sowie alle Objekte, die von den genannten Objekten benötigt werden.

Quellcode 12 zeigt den Decodierablauf, die `Scanner.extractPayload()` Methode decodiert die Text Repräsentation des QR-Codes. Dafür wird, wie im Kapitel 2.1.1 beschrieben, der Base45 codierte Text decodiert und in eine `CoseSign1Message` umgewandelt. Der Payload dieser Nachricht wird anschließend mit der SwiftCBOR Library decodiert und in ein JSON umgewandelt. Diese JSON Datei wird wiederum mit Hilfe der Codable Klasse in einen CBOR-WebToken umgewandelt.

Der CBORWebToken enthält alle wichtigen Daten über die Impfung und kann so in der restlichen App weiterverwendet und im Core Data Store gespeichert werden.

Quellcode 12: Scanner.extractPayload() Methode

```

1 static func extractPayload(payload: String) throws ->
2     ExtendedCBORWebToken {
3     if payload.hasPrefix("HC1:") {
4         let base45Decoded = try Base45Coder.decode(String(
5             payload.dropFirst(4)))
6         guard let decompressedPayload = Compression.decompress(
7             Data(base45Decoded)) else {
8             throw ScannerError.unsupportedPayload
9         }
10
11         let cosePayload = try CoseSign1Message(
12             decompressedPayload: decompressedPayload)
13
14         let cborDecodedPayload = try CBOR.decode(cosePayload.
15             payload)
16         let certificateJson = decode(cborObject:
17             cborDecodedPayload)!
18
19         let serializedJSON = try JSONSerialization.data(
20             withJSONObject: certificateJson as Any)
21         let certificate = try JSONDecoder().decode(CBORWebToken.
22             self, from: serializedJSON)
23
24         return ExtendedCBORWebToken(vaccinationCertificate:
25             certificate, vaccinationQRCodeData: payload)
26
27     } else {
28         throw ScannerError.unsupportedPayload
29     }
30 }
```

5.2 Backend

Durch die simple Natur von Lambda Funktionen besteht das Backend lediglich aus 2 Python Funktionen.

Quellcode 13 zeigt die /update Route. Hier wird lediglich der Inhalt der dynamoDB gescannt

und als JSON an das Endgerät geschickt.

Quellcode 13: /update Route

```
1 def update(event, context):
2     scanRes = table.scan()
3     items = scanRes['Items']
4
5     body = {
6         "items": items
7     }
8
9     response = {"statusCode": 200, "body": json.dumps(body, cls=
10           DecimalEncoder)}
11
12     return response
```

Quellcode 14 zeigt die /recommend Route. Die Route erwartet einen Parameter zur Auswahl des Landes oder `all` um Empfehlungen für alle Länder zu erhalten. Basierend auf dem Parameter wird die dynamoDB entweder nach einem Land gefiltert oder ungefiltert an das Endgerät gesandt.

Quellcode 14: /recommend Route

```
1 def recommend(event, context):
2     parameters = event['pathParameters']
3     country = parameters['country']
4
5     if country != "all":
6         filter_expr = (Attr('countries').contains(country) |
7                         Attr('countries').not_exists())
7         scanRes = table.scan(FilterExpression=filter_expr)
8     else:
9         scanRes = table.scan()
10
11     recommendations = scanRes['Items']
12
13     body = {
14         "recommendations": recommendations
15     }
16
17     response = {"statusCode": 200, "body": json.dumps(body, cls=
18           DecimalEncoder)}
19
20     return response
```

Die tatsächliche Auswertung findet, wie in 5.1.4 beschrieben, auf dem Endgerät statt.

5.3 Tests

Da der Fokus dieser Arbeit auf der Frontend Applikation liegt, wurde lediglich eine Teststrategie für diese entworfen.

Zuerst wurden Kern Elemente der Businesslogik definiert. Dazu zählen das Erreger Modell, die QR-Code Scanner Funktionalität und die APISession.

Um das Erreger Modell zu testen, wurden Unit Tests mit dem XCTest Framework geschrieben. Diese Unit Tests decken das Hinzufügen und Update bestehender Erreger, sowie die wichtigsten Wrapper Methoden ab.

Der QR-Code Scanner wird auf das erfolgreiche Extrahieren eines validen Payloads, sowie das Ausgeben eines Fehlers bei invalidem Payloads getestet.

Um die API Session zu testen, wurde von dem modularen Aufbau dieser Gebrauch gemacht. Es wurde ein MockService geschrieben, der den UpdateService implementiert. Mit Hilfe dieses MockServices kann dann die APISession einfach getestet werden.

Quellcode 15 zeigt einen Test des Erreger Models. Der Test verifiziert, das beim Hinzufügen neuer Erreger Duplikate erkannt und automatisch die bestehenden Erreger aktualisiert werden.

Quellcode 15: UpdateExistingTarget Test

```
1 func testUpdateExistingTarget() throws {
2     let newTarget = DiseaseTargetDTO(targetID: "0000000001", type
3         : "human", vaccines: [], name: "Updated Target 1")
4
5     let initialCount = try context.count(for: targetRequest)
6     XCTAssertEqual(initialCount, 1)
7
8     persistence.addNewTarget(newTarget, context: context)
9
10    let count = try context.count(for: targetRequest)
11    XCTAssertEqual(count, 1)
12
13    let r = targetRequest
```

```
13     r.predicate = NSPredicate(format: "name == %@", newTarget.  
14         name)  
15     if let t = try? context.fetch(r).first {  
16         XCTAssertEqual(t.name, newTarget.name)  
17     } else {  
18         XCTFail("Missing Target")  
19     }  
20 }
```

Mit diesen Tests kann eine Abdeckung von 24.8 % der App erreicht werden.

5.4 Deployment

Neben automatisierten User Tests wurde die App über App Store Connect und Testflight als Beta veröffentlicht und an Tester aus verschiedenen Altersgruppen verteilt.

Insgesamt haben 7 Testpersonen die App in 30 Sessions über 4 Beta Versionen hinweg getestet und mündlich Feedback gegeben.

Das Feedback war durchweg positiv. Es wurde die grundlegende Bedienbarkeit gelobt, jedoch waren nicht alle Funktionen sofort ersichtlich. Das Menü zum Wechseln des Impfpasses ist nicht intuitiv für alle Nutzer:innen verständlich und das Erstellen neuer Pässe ist in den Einstellungen versteckt.

Das Backend wird mit dem serverless Framework über die AWS Cloud bereitgestellt.

Die App kann über folgenden Link auf iOS 15 Geräten und M1 Macs über TestFlight getestet werden:

<https://testflight.apple.com/join/pZxa2bRm>

Die neuste Betaversion ist aufgrund von Apple Vorschriften nur 90 Tage gültig und kann danach nicht mehr installiert werden.

Für das Backend wurde ein kleiner Beispieldatensatz entworfen. Dieser enthält mehrere unterstützte Erreger mit einer Abdeckung verschiedener Typen und Empfehlungsarten. Dieser Datensatz erfüllt lediglich den Zweck der Präsentation, es wird keine Korrektheit der Impfungen oder Empfehlungen garantiert.

Der komplette Beispieldatensatz ist in Anhang 2 gelistet.



Abbildung 19:
QR-Code
Testflight Link

6 Validierung der Anforderungen

Dieses Kapitel zeigt die Ergebnisse der Frontend Implementierung. Es werden die umgesetzten Features der App beschrieben und auf die funktionale Anforderungen aus Kapitel 3 eingegangen.

6.1 Onboarding

Onboarding is a virtual unboxing experience that helps users get started with an app.
(Google 2022)

Die Onboarding Ansicht wird beim ersten Starten der App gezeigt (s. Abbildung 20). Sie fordert die Nutzer:innen dazu auf, einen neuen Impfpass zu erstellen. Dort kann den Namen, das Geschlecht und der Geburtstag eingegeben werden.

Es wird weiterhin darauf hingewiesen, dass in den Einstellungen später weitere Impfpässe erstellt werden können.

Der Onboarding Prozess vereinfacht die Benutzung der App und trägt damit einen Teil zum Erfüllen von NFA#05 bei.

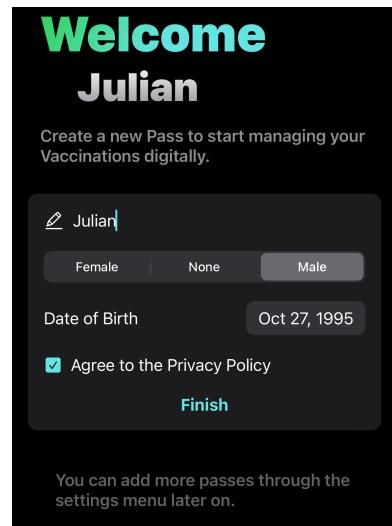


Abbildung 20: Onboarding Screenshot

6.2 Impfungen

Nach dem Onboarding Prozess wird die Impfübersicht angezeigt (s. Abbildung 21). Diese Übersicht listet alle Impfungen des aktiven Passes auf und erlaubt das Entfernen der Impfeinträge. In der Navbar stehen den Nutzer:innen zwei Optionen zur Verfügung. Auf der einen Seite kann der aktiven Pass gewechselt werden, auf der anderen Seite kann der Dialog zum Hinzufügen neuer Impfungen gestartet werden.

Die Liste zeigt neben den Impfungen auch abgelaufene oder ungültige Impfungen an. Diese werden mit einem gelb-orange Dreieck hervorgehoben. Das Symbol und die Farbe sind bekannte Warnsymbole und zeigen so schnell, dass bei dieser Impfung die Gültigkeit überprüft werden muss.

Wenn der oder die Nutzer:in einen Impfeintrag anklickt, wird er oder sie auf eine Detail Übersichtsseite weitergeleitet (s. Abbildung 22). Dort kann bei jeder Impfung eingesehen werden, welcher Impfstoff verwendet wurde und gegen welchen Erreger dieser wirkt. Auch wird das Datum der Impfung gezeigt. Bei Impfungen mit Zertifikaten, wird das jeweils neuste Zertifikat als QR-Code groß in der Mitte gezeigt. Unter dem QR-Code werden weitere Informationen zu dem Zertifikat gezeigt, z.B. ob die Impfung gültig ist, für welche Person das Zertifikat ausgestellt wurde und wann es abläuft. Die Detailseite erfüllt damit FA#05.

Um FA#08 zu erfüllen überprüft die App beim Darstellen der Liste jede Impfung auf ihre Gültigkeit basierenden auf den Informationen aus dem Zertifikat.

Das Menü zum Wechseln des aktiven Passes benutzt Emojis zum Darstellen des Passtyps und verbessert somit die Verständlichkeit und Eindeutigkeit der Passnamen (s. Abbildung 23).

Über den Button zum Hinzufügen wird der oder die Nutzer:in zu einem Formular gebracht, das es erlaubt, neue Impfungen hinzuzufügen (s. Abbildung 24). Dort kann aus einer Liste von unterstützten Erregern ausgewählt werden. Für den gewählten Erreger werden dann die Impfstoffe geladen

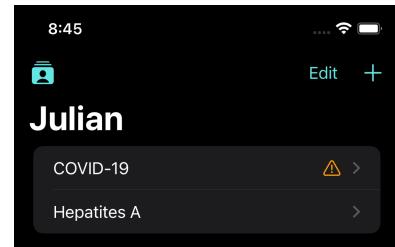


Abbildung 21: Impfliste mit ungültiger Impfung



Abbildung 22: Detailübersicht einer Impfung

und zur Auswahl bereitgestellt.

Um das Formular intuitiv zu gestalten, bleibt die Liste der Impfstoffe deaktiviert, bis ein Erreger ausgewählt wurde und der Knopf zum Speichern bleibt deaktiviert, bis das Formular vollständig ausgefüllt wurde.

Neben den manuellen Einträgen kann durch das Einscannen eines Impfzertifikats das Formular automatisch ausgefüllt werden. Bei einem Klick auf den [Scan Certificate](#)-Button wird eine Kameraansicht geöffnet. Mit dieser können Nutzer:innen einen QR-Code einscannen. Es können mehrere Zertifikate hintereinander eingescannt werden. Wenn das gleiche Zertifikat mehrmals eingescannt wurde, wird im Formular ein Fehler präsentiert. Die Anforderungen FA#03 und FA#04 sind damit erfüllt.

Die bei der Impfübersicht und dem Hinzufügen-Formular beschriebenen Funktionen decken FA#01 ab.

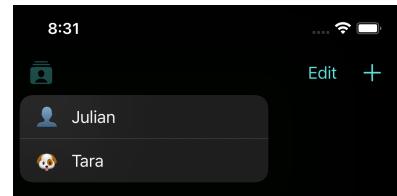


Abbildung 23: Menü zum Wechseln des aktiven Impfpasses

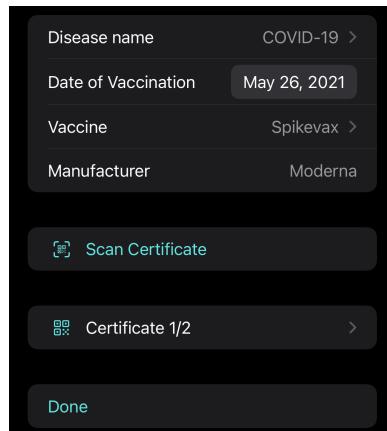


Abbildung 24: Formular zum Hinzufügen eines Impfeintrags

6.3 Empfehlungen

Von der Impfübersicht kann der oder die Nutzer:in über die Tab Bar zu den Empfehlungen navigieren. Dort werden aktuelle Empfehlungen für ein gewähltes Land angezeigt. Über die Fahne in der Navbar können die Empfehlungseinstellungen geöffnet werden, um das Land für die Empfehlungen zu ändern oder Empfehlungen für alle Länder zu erhalten.

Diese Ansicht erfüllt die Anforderungen FA#09 und FA#10.

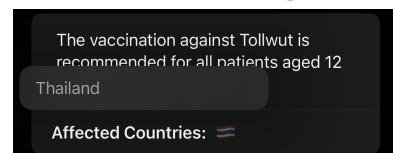
Wie in Abbildung 25 (a) zu sehen, bestehen die Empfehlungen aus einem beschreibenden Text. Dieser Text zeigt den Namen des Erregers und, wenn in der Empfehlung enthalten, das Alter und das Geschlecht an. Zusätzlich zu dem Text gibt es eine Liste der betroffenen Länder. Die Länder werden als Flaggen nebeneinander aufgereiht, damit der oder die Nutzer:in einfach erkennen kann, auf welches Land sich die Empfehlungen beziehen.

Wenn eine Flagge unbekannt ist, kann durch ein Klicken auf diese ein Fenster mit dem Namen angezeigt werden (s. Abbildung 25 (b)).

Es werden nur Empfehlungen für den aktiven Pass angezeigt.



(a) Eine Impfempfehlungen



(b) Der Name eines Landes wird bei Anklicken der Fahne angezeigt

Abbildung 25:
Impfempfehlungen

6.4 Einstellungen

Die letzte Option in der Tab Bar sind die Einstellungen. In dieser Ansicht werden den Nutzer:innen eine Liste an Optionen geboten:

Pass Overview: Die Passübersicht erlaubt es existierende Pässe zu bearbeiten, Pässe zu löschen und neue Pässe zu erstellen. Die Pässe werden in einer Liste analog zu den Impfungen dargestellt. Das Bearbeiten der Pässe umfasst das Ändern des Namens, des Geschlechts und des Geburtsdatums. Beim Erstellen könnten Fehler auftreten und es ist einfacher, Pässe

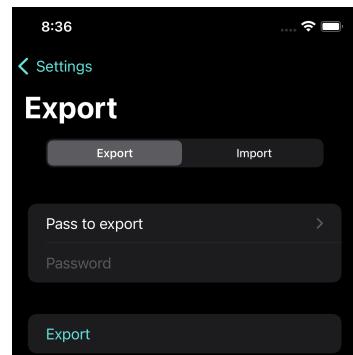


Abbildung 26: Die Export Ansicht

bearbeiten zu können als einen komplett neuen Pass erstellen zu müssen.

Die Passübersicht deckt die funktionale Anforderung FA#02 ab.

Export: In der Exportübersicht (s. Abbildung 26), kann der oder die Nutzer:in einen bestehenden Pass verschlüsselt exportieren und einen bereits exportierten Pass wieder importieren. Diese Funktion deckt FA#06 und FA#07 ab.

Nach dem Verschlüsseln eines Impfpasses wird ein Share Sheet¹ geöffnet, dieses erlaubt es den Pass direkt über den bevorzugten Kommunikationsweg zu teilen oder in eine Cloud-Lösung der Wahl hochzuladen.

Recommendations: In der Empfehlungsansicht der Einstellungen können die Empfehlungen angepasst werden. Da nur die Länder als variable Empfehlungsfilter implementiert sind, tauchen nur diese in der Liste auf. Es ist aber denkbar, dass an diesem Punkt noch andere Einstellungen untergebracht werden. Abbildung 27 zeigt die Liste der unterstützten Länder.

Licenses: Unter der Licenses Ansicht wird eine Liste aller Lizenzen von verwendetem Quellcode und Frameworks angezeigt.

Privacy Policy: Unter der Privacy Policy Ansicht kann die Datenschutzerklärung auf englisch gelesen werden.

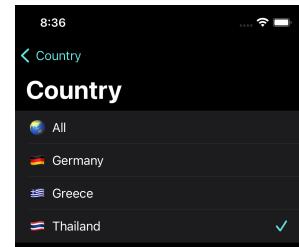


Abbildung 27: Die Liste der unterstützten Länder

6.5 Zusammenfassung

Es konnten alle Muss- und Soll-Anforderungen umgesetzt werden.

Wie in Kapitel 4 und 5 beschrieben, kann das Backend die App mit neuen Empfehlungen und Impfstoffen versorgen und erfüllt somit FA#12 und FA#13.

Das Backend wurde außerdem in einer serverlosen Architektur entworfen um leicht skalierbar zu sein. Es erfüllt damit NFA#02.

¹<https://developer.apple.com/design/human-interface-guidelines/components/menus-and-actions/activity-views>

Die App bearbeitet alle personenbezogenen Informationen auf dem Gerät und hält sich an die Apple Human Interface Guidelines. Dies erfüllt NFA#01 und NFA#04. Zertifikate lassen sich bei einem Neustart der App in 2 Klicks präsentieren, es wird damit BFA#03 erfüllt.

NFA#05 ist teilweise erfüllt, das Feedback der Nutzer:innen war grundlegend positiv, aber nicht jede Funktion war für jede Altersgruppe sofort ersichtlich.

7 Fazit und Ausblick

Das Ziel dieser Arbeit war der Entwurf und die Entwicklung eines digitalen Impfpasses names Vaccinapp. Zu Beginn wurden die wichtigen Grundlagen des COVID-Zertifikats beschrieben sowie einen Einstieg in einen modernen und skalierbaren Tech Stack für iOS Entwicklung gegeben.

Anschließend wurden die Anforderungen an die App festgehalten und ein Design Prototyp angefertigt. Bei dem Design wurde besonderen Wert darauf gelegt etablierte Designelemente zu verwenden, um den Nutzer:innen eine bekannte Umgebung zu präsentieren.

Auf dieser Basis wurde eine App entworfen, die es erlaubt Impfpässe für verschiedene Personen und Haustiere zu verwalten. Der oder die Nutzer:in kann in einem digitalen Pass Impfungen verwalten, Zertifikate importieren und bekommt Empfehlungen für bestimmte Impfungen vorgeschlagen, basierend auf Personenbezogenen Daten, wie dem Alter und Geschlecht, sowie dem Aufenthaltsort.

Das Ergebnis der Arbeit erfüllt, wie in Kapitel 6 *Validierung der Anforderungen* gezeigt, alle gestellten funktionalen Anforderungen.

7.1 Ausblick

Obwohl die App allen Ansprüchen der Anforderungsanalyse gerecht wurde, bedarf es noch einiger Änderungen bevor sie veröffentlicht werden kann.

Der Fokus dieser Arbeit lag auf dem Frontend, das Backend ist also dementsprechend unzureichend. Die grundlegenden Funktionen wurden umgesetzt, aber die Datenbeschaffung ist nicht definiert worden.

Abbildung 28 zeigt eine mögliche Backend Architektur, die verschiedene Defizite der aktuellen Implementierung beseitigt.

Eine automatische Lösung wird benötigt, um schnell auf neue Empfehlungen einzugehen. Die STIKO veröffentlicht regelmäßig neue Empfehlungen auf einem RSS Feed¹, aber diese Empfehlungen sind in Form einer PDF. Es bedarf also einer Anwendung, die aus einer PDF strukturierte Tabelleneinträge auslesen und auswerten kann. Es kann nicht garantiert werden, dass diese PDFs immer der gleichen Struktur entsprechen. Dies kann höheren Wartungsaufwand der Anwendung bedeuten. Alternativ bietet die WHO auf einer zentralen Webseite verschiedene Tabellen mit Empfehlungen an². Diese sind jedoch auch in PDF-Form, es treten demnach die gleichen Probleme wie bei dem STIKO RSS Feed auf.

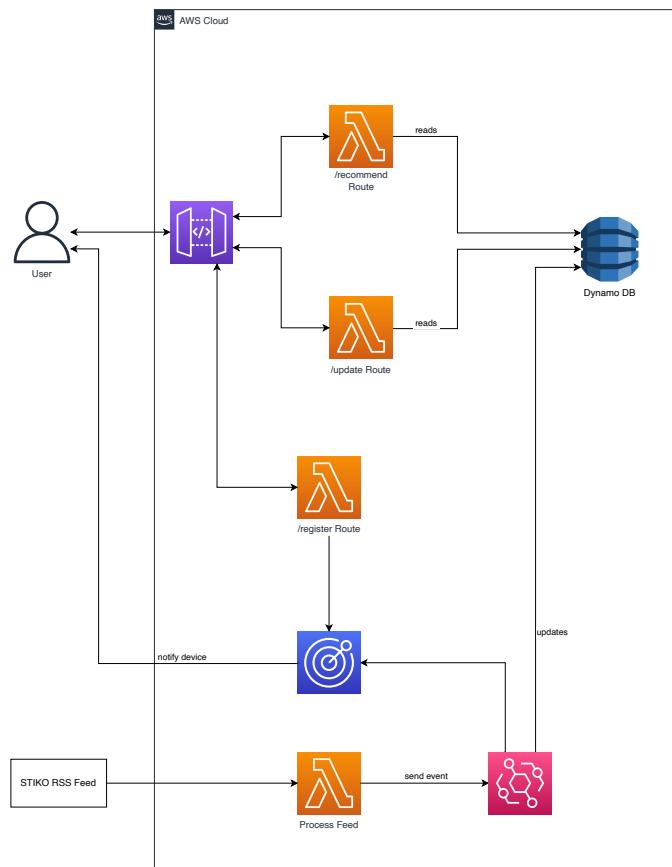


Abbildung 28: Ausblick Backend Architektur

Obwohl die Empfehlungen mit den Geschlechts-, Alters- und Landesfiltern recht flexibel wirken, gibt es noch weitere nicht implementierte Edge Cases. Babys und Kleinkinder fallen durch die grobe Rasterung des Altersfiltern durch. Impfempfehlungen bei weniger als einem Jahr sind nicht möglich und bedürfen mehr Arbeit. Bei solch heiklen Zielgruppen ist es empfehlenswert, immer einen Arzt aufzusuchen, um professionell beraten zu werden. Die Landesfilter sind noch sehr simpel gehalten und beziehen sich lediglich auf ein spezifisches Land. Es ist also zu prüfen, ob eine feinere Aufteilung sinnvoll ist, da nicht zwangsläufig in jedem Teil eines Landes die gleichen Risiken gelten. Es wäre möglich die Empfehlungen mit Texten zu erweitern, die die Risikogebiete beschreiben, ähnlich wie es auf der Webseite des

¹https://www.rki.de/DE/Service/RSS/RSS_node.html

²<https://www.who.int/teams/immunization-vaccines-and-biologicals/policies/who-recommendations-for-routine-immunization—summary-tables>

Tropeninstituts³ der Charité getan wird.

Für das Frontend müssen noch anwenderfreundlichere Fehler implementiert werden. Bei Aktionen, die größere Änderungen im Hintergrund ausführen, wie z.B. das Hinzufügen neuer Zertifikate, sollen haptische Feedbacks genutzt werden, um die Nutzer:innen einfach über den Erfolg oder Misserfolg zu benachrichtigen. Die Taptic Engine eignet sich sehr gut, um verschiedene leichte Vibrationsmuster abzuspielen. Außerdem muss der Onboarding Prozess weiter ausgebaut werden, es werden zwar alle Einstellungen, die zum Benutzen der App notwendig sind, abgearbeitet. Jedoch ist es für neue oder weniger affine iOS Nutzer:innen nicht sofort ersichtlich, wofür verschiedene Icons zuständig sind und wie Impfungen hinzugefügt werden. Der Onboarding Prozess kann also um weitere Ansichten ergänzt werden, die den Nutzer:innen einmalig erklären wo neue Impfungen oder Pässe hinzufügt werden und wie zwischen den Pässen gewechselt wird.

³<https://tropeninstitut.de/ihr-reiseziel/thailand#Malaria>

Abbildungsverzeichnis

1	DCCG Trust Anchoring, Darstellung aus (eHealth Network 2022a, S.8)	3
2	Zertifikat Serialisierungsablauf, Darstellung aus (European Commission 2021, S. 230/37)	5
3	DCCG übersicht, Darstellung aus (eHealth Network 2022a, S. 8)	8
4	Vergleich der Modifier Reihenfolge in Quellcode 1	9
5	Listen Implementierung	10
6	Anwendungsbereiche von Combine, Darstellung aus (Shai Mishali, Todorov 2021, S. 24)	14
7	Use Case Diagramm	17
8	App View Struktur	23
9	Design Mockups	23
10	Prototype Flow	25
11	Vaccinapp Logo	25
12	Logo im Kontext	26
13	Backend Architekturdiagramm	27
14	MVC Architekturdiagramm	30
15	Ordner Übersicht	31
16	ER Diagramm für den Frontend Objekt Graph	36
17	Networking Klassendiagramm	38
18	Networking Controller Klassendiagramm	39
19	QR-Code Testflight Link	43
20	Onboarding Screenshot	44
21	Impfliste mit ungültiger Impfung	45
22	Detailübersicht einer Impfung	45
23	Menü zum Wechseln des aktiven Impfpasses	46

24	Formular zum Hinzufügen eines Impfeintrags	46
25	Impfempfehlungen	47
26	Die Export Ansicht	47
27	Die Liste der unterstützten Länder	48
28	Ausblick Backend Architektur	51
29	QR-Code Quellcode Link	62

Quellcodeverzeichnis

1	Impfzertifikat JSON	6
2	SwiftUI Modifier Beispiel	9
3	Beispiel Liste mit SwiftUI	10
4	Beispiel Liste mit UIKit	11
5	Combine Beispiel	13
6	DTO JSON	28
7	DTO Swift	28
8	Vaccinapp Einstiegspunkt	32
9	Persistence Singleton	34
10	addVaccination() Methode	35
11	PassView.swift	36
12	Scanner.extractPayload() Methode	40
13	/update Route	41
14	/recommend Route	41
15	UpdateExistingTarget Test	42

Glossar

Begriff	Synonym	Erklärung
API	Application Programming Interface	Programmierschnittstelle
App	Vaccinapp	Frontend iOS Application
Backend		Der Server der die unterstützten Impfungen verwaltet und dem Frontend bereitstellt
Business Logic	Geschäftslogik	Der Teil des Codes der Anwendungsspezifische Logik beschreibt
Completion Handler		Eine anonyme Funktion, die beim Beenden einer Aufgabe ausgeführt wird
Closures		
Computed Property		Ein komplexes Attribut, dass den Wert während der Laufzeit erst berechnet
Context	NSManagedObjectContext	Ein Layer zwischen der SQLite Datenbank und dem Entwickler
Domäne		Themenbereich eines Software Systems
Erreger	DiseaseTarget	Ein Erreger gegen den geimpft werden kann
Impfempfehlung	Recommendation	Eine Empfehlung für eine Impfung
Impfpass	VaccinationPass	Ein digitaler Pass um Impfungen personenbezogen zu speichern.
Impfstoff	Vaccine	Der explizite Impfstoff der bei einer Impfung benutzt wurde

Begriff	Synonym	Erklärung
Impfung	Vaccination	Eine explizite Impfung einer Person
Impfzertifikat	Health Certificate, Corona QR-Code	Ein Nachweis für eine COVID-19 Impfung, Genesung oder ein Testergebnis
NSPredicate		Core Data Query
Object Relational Mapping	ORM	Erlaubt einfaches Abbilden von Attributen eines Objektes in einer relationalen Datenbank
Reed-Solomon Codes	RS Codes	Eine Sammlung von Fehlerberichtigsalgorithmen von Irving S. Reed and Gustave Solomon
User Flow		Der Ablauf von Aktivitäten, die dem oder der Nutzer:in von einem System bereitgestellt werden
Verwalten		Das Hinzufügen, Lesen, Bearbeiten und Löschen einer Entität

Abkürzungen

Abkürzung	Erklärung
API	Application Programming Interface
CWA	Corona Warn App
CWT	CBOR Web Token
DSGVO	Datenschutgrundverordnung
DTO	Data Transfer Object
MVC	Model-View-Controller
MVP	Minimal Viable Product
QR-Code	Quick Response Code
RS-Codes	Reed-Solomon Codes
UI	User Interface
v.n.l.r	von links nach rechts
XC	Xcode
z.B.	zum Beispiel

Anhang

Anhang 1: Beispieldatensatz

```
1   data = """[{
2     "name": "COVID-19",
3     "targetID": "840539006",
4     "type": "human",
5     "vaccines": [
6       {
7         "id": "EU/1/20/1528",
8         "name": "COMIRNATY",
9         "manufacturer": "Biontech AG"
10      },
11      {
12        "id": "EU/1/20/1507",
13        "name": "Spikevax",
14        "manufacturer": "Moderna"
15      }
16    ],
17    "age": 3
18  },
19  {
20    "name": "Rabies",
21    "targetID": "000000001",
22    "type": "human",
23    "vaccines": [
24      {
25        "id": "EU/0/15/0001",
26        "name": "Rabipur",
27        "manufacturer": "ACME Inc."
28      }
29    ],
30    "age": 12,
31    "countries": ["thailand"]
32  },
```

```
33  {
34      "name": "Hepatitis A",
35      "targetID": "000000003",
36      "type": "human",
37      "vaccines": [
38          {
39              "id": "EU/0/15/0002",
40              "name": "Avaxim",
41              "manufacturer": "ACME Inc."
42          },
43          {
44              "id": "EU/0/15/0003",
45              "name": "Havrix",
46              "manufacturer": "ACME Inc."
47          },
48          {
49              "id": "EU/0/15/0004",
50              "name": "VAQTA",
51              "manufacturer": "ACME Inc."
52          },
53          {
54              "id": "EU/0/15/0005",
55              "name": "Viatim",
56              "manufacturer": "ACME Inc."
57          },
58          {
59              "id": "EU/0/15/0006",
60              "name": "Twinrix",
61              "manufacturer": "ACME Inc."
62          }
63      ],
64      "age": 12,
65      "countries": ["greece", "thailand"]
66  },
67  {
68      "name": "Cat Flu",
69      "targetID": "100000001",
70      "type": "cat",
71      "vaccines": [
72          {
73              "id": "EMEA/V/C/000090",
74              "name": "Purevax RCP",
75              "manufacturer": "Boehringer Ingelheim Vetmedica GmbH"
76          }
77      ]
}
```

```
78 },
79 {
80   "name": "Rabies",
81   "targetID": "2000000001",
82   "type": "dog",
83   "vaccines": [
84     {
85       "id": "EMEA/V/C/005090",
86       "name": "Purevax RCP",
87       "manufacturer": "Intervet International B.V."
88     }
89   ]
```

Der Quellcode, der im Verlauf dieser Arbeit entstanden ist, ist auf einem USB-Stick beigelegt oder kann unter folgender URL angesehen werden:

<https://github.com/julianveerkamp/vaccinapp>



Abbildung 29:

QR-Code

Quellcode Link

Diese Arbeit wurde mithilfe von Pandoc und dem Eisvogel¹ Template verfasst.

¹<https://github.com/Wandmalfarbe/pandoc-latex-template>

Quellen

ADC, Denso, 2012. QR Code Essentials. [online]. Oktober 2012. Verfügbar unter: <https://www.denso-adc.com/download/qr-code-white-paper/>

AMAZON WEB SERVICES, Inc., 2021b. Whitepaper: Security Overview of AWS Lambda. [online]. 2021. [Zugriff am: 25 Mai 2022]. Verfügbar unter: <https://aws.amazon.com/de/lambda/security-overview-of-aws-lambda/>

AMAZON WEB SERVICES, Inc., 2021a. Whitepaper: Security Overview of Amazon API Gateway. [online]. 2021. [Zugriff am: 2 Juni 2022]. Verfügbar unter: <https://docs.aws.amazon.com/whitepapers/latest/security-overview-amazon-api-gateway/security-overview-amazon-api-gateway.pdf>

APPLE, Inc., 2018. Cocoa Core Competencies - Object graph. [online]. 2018. [Zugriff am: 29 Juni 2022]. Verfügbar unter: <https://developer.apple.com/library/archive/documentation/General/Conceptual/DevPedia-CocoaCore/ObjectGraph.html>

APPLE, Inc., [kein Datum] d. Combine Documentation. [online]. [Zugriff am: 29 Juni 2022]. Verfügbar unter: <https://developer.apple.com/documentation/combine/receiving-and-handling-events-with-combine>

APPLE, Inc., [kein Datum] c. Swift Language Guide. [online]. [Zugriff am: 3 Juni 2022]. Verfügbar unter: <https://docs.swift.org/swift-book/LanguageGuide/TheBasics.html>

APPLE, Inc., [kein Datum] a. Displaying Data in a List. [online]. [Zugriff am: 26 Mai 2022]. Verfügbar unter: <https://developer.apple.com/tutorials/app-dev-training/displaying-data-in-a-list>

APPLE, Inc., [kein Datum] b. UIKit Essentials - Creating a List View. [online]. [Zugriff am: 26 Mai 2022]. Verfügbar unter: <https://developer.apple.com/tutorials/app-dev->

training/creating-a-list-view

APPLE, Inc., [kein Datum] e. Core Data Documentation. [online]. [Zugriff am: 29 Juni 2022]. Verfügbar unter: <https://developer.apple.com/documentation/coredata>

BROWN, Alex, 2020. MVVM & Networking with SwiftUI and Combine. [online]. 19 Juni 2020. [Zugriff am: 3 Juni 2022]. Verfügbar unter: <https://www.swiftcompiled.com/mvvm-swiftui-and-combine/>

DSGVO, 2018. Daten Schutz Grund Verordnung. [online]. 25 Mai 2018. [Zugriff am: 1 Juni 2022]. Verfügbar unter: <https://dsgvo-gesetz.de/>

EHEALTH NETWORK, 2022b. Guidelines on Technical Specifications for EU Digital COVID Certificates - JSON Schema Specification. [online]. Juni 2022. Verfügbar unter: https://health.ec.europa.eu/system/files/2021-06/covid-certificate_json_specification_en_0.pdf

EHEALTH NETWORK, 2022a. Guidelines on Technical Specifications for EU Digital COVID Certificates Volume 2 - EU Digital COVID Certificate Gateway. [online]. Juni 2022. Bd. 2. Verfügbar unter: https://health.ec.europa.eu/system/files/2022-07/digital-covid-certificates_v2_en.pdf

EHEALTH NETWORK, 2022c. Guidelines on Technical Specifications for EU Digital COVID Certificates Volume 3 - Interoperable 2D Code. [online]. Februar 2022. Bd. 3. Verfügbar unter: https://health.ec.europa.eu/system/files/2022-07/digital-covid-certificates_v3_en.pdf

EHEALTH NETWORK, 2022d. Guidelines on Technical Specifications for EU Digital COVID Certificates Volume 4 - EU Digital COVID Certificate Applications. [online]. Februar 2022. Bd. 4. Verfügbar unter: https://ec.europa.eu/health/system/files/2022-02/digital-covid-certificates_v4_en_0.pdf

EUROPEAN COMMISSION, 2021. Durchführungsbeschluss (EU) 2021/1073. [online]. 28 Juni 2021. [Zugriff am: 23 Mai 2022]. Verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:32021D1073>

FARBTONKARTE, 2022. Wirkung, Assoziationen und Bedeutung der Farbe Blau. [online]. 2022. [Zugriff am: 3 Juni 2022]. Verfügbar unter: <https://farbtonkarte.de/farbe-blau/>

FOWLER, Martin, 2015. *Patterns of Enterprise Application Architecture*. Pearson Education Limited. ISBN 978-0-321-12742-6

GAMMA, Erich, Richard HELM, Ralph JOHNSON und John VLISSIDES, 1994. *Design patterns*. Addison Wesley. ISBN 978-0-201-63361-0

GOOGLE, Inc., 2022. Material Design - Onboarding. [online]. 2022. [Zugriff am: 30 Juni 2022]. Verfügbar unter: <https://material.io/design/communication/onboarding.html>

LAPLANTE, Phillip A., 2009. *Requirements Engineering for Software and Systems*. 2nd. CRC Press,Auerbach Publications. ISBN 978-1-4200-6468-1

SHAI MISHALI, Florent Pillet und Marin TODOROV, 2021. *Combine: Asynchronous Programming with Swift* [online]. 3rd. Razorware LLC. Verfügbar unter: <https://www.raywenderlich.com/books/combine-asynchronous-programming-with-swift>

WALS, Donny, 2022. *Practical Core Data: A modern Guide to the Core Data framework* [online]. 2022. donnywals.com. Verfügbar unter: <https://donnywals.gumroad.com/l/practical-core-data>

YAPSTUDIOS, 2022. SQLite version (bundled with OS). [online]. 4 Mai 2022. [Zugriff am: 26 Mai 2022]. Verfügbar unter: [https://github.com/yapstudios/YapDatabase/wiki/SQLite-version-\(bundled-with-OS\)](https://github.com/yapstudios/YapDatabase/wiki/SQLite-version-(bundled-with-OS))