

Bachelorthesis

Verlässliche mobile Anwendungen

Untersuchungen am Beispiel einer Fitness-App

Am IT-Center Dortmund GmbH
Studiengang IT- und Softwaresysteme
erstellte Bachelorthesis
zur Erlangung des akademischen Grades
Bachelor in Information Technology

von

0

geb. am 04.07.1993 / 13.12.1987

Matr.-Nr. 2012013 / 2012027

Betreuer:

Prof. Dr. Johannes Ecke-Schüth

Prof. Dr. Klaus-Dieter Krägeloh

Dortmund, 8. September 2015

Inhaltsverzeichnis

Eidesstattliche Erklärung	1
Aufgabenstellung	3
1. Einleitung	5
1.1. Problemstellung	5
1.2. Zielsetzung	6
1.3. Vorgehensweise	6
1.4. Arbeitsaufteilung	7
2. Problemanalyse	9
2.1. Problembeschreibung	9
2.2. Soll-Konzept	10
2.2.1. Kommunikation zwischen Client und Server	10
2.2.2. Evaluation zur Client-Entwicklung	11
2.2.3. Weiterentwicklung eines Clients	12
2.3. Meilensteinplan	12
2.3.1. Umsetzung der Clients als <i>Proof-of-Concept</i> -Prototypen	12
2.3.2. Umsetzung einer mobilen Anwendung als Messeprototyp	13
3. Grundlagen	15
3.1. Definition eines Caches	15
3.1.1. Cache-Arten	15
3.1.2. Funktionsweisen von Caches	17
3.1.3. Definition eines Caches innerhalb dieser Arbeit	18
3.2. Allgemeine Umsetzung des Caches	18

3.2.1. Aufbau eines Caches innerhalb des Projekts	18
3.2.2. Funktionsumfang eines Caches innerhalb des Projekts	19
4. Architektur	21
4.1. Anwendungsfälle	21
4.1.1. Anwendungsfälle für Meilenstein 1 (Proof-of-Concept-Phase) . .	21
4.1.2. Anwendungsfälle für Meilenstein 2 (Messe-Prototyp-Phase) . . .	22
4.2. Datenbank-Entwurf	24
4.3. Programmarchitektur	24
4.4. Rollen-Konzept	25
5. Aspekte der Realisierung	27
5.1. Entwicklungsumgebung	27
5.2. Datenbank-System	28
5.3. Hosting-Plattform	28
5.4. Dokumentationslösung	29
5.5. Versionsverwaltung	29
6. Realisierung der serverseitigen Implementierung	31
6.1. Was ist ein Webservice?	31
6.1.1. RESTful Webservices	32
6.2. Aufbau der Komponenten	34
6.2.1. Aufbau der Datenbank	35
6.2.2. Aufbau der WebApi	37
6.3. Authentifizierung & Autorisierung	40
6.3.1. OAuth2	40
6.3.2. JWT and Bearer Token	43
6.3.3. Zugriff per CORS	44
6.4. Testen der Funktionalität	45
7. Realisierung der clientseitigen Implementierung als native App	47
7.1. Allgemeine Funktionsweise einer Android-App	47
7.1.1. User Interfaces	48
7.1.2. Activities	48
7.1.3. Services	51
7.1.4. Prozesse und Threads	53

7.1.5. SQLite	54
7.2. Was ist <i>Xamarin Platform</i> ?	55
7.2.1. Multiplattform-Unterstützung	56
7.2.2. Besonderheiten der Android-Umsetzung	57
7.2.3. Android Emulator	57
7.3. Eigene Umsetzung	57
7.3.1. Anlegen der Layouts	58
7.3.2. OnOffService	62
7.3.3. Lokale Datenbank	64
7.3.4. ManagementService	65
7.3.5. Verbindungsprüfung zum Server	66
7.3.6. Umsetzung des Caches	68
8. Realisierung der clientseitigen Implementierung als Webapplikation	71
8.1. Definition einer Single Page Application	71
8.2. AngularJs	72
8.2.1. Abgrenzung des Begriffs: Komponente	72
8.2.2. Dependency Injection	72
8.2.3. Services	73
8.2.4. Promises	73
8.2.5. MVC	74
8.2.6. Routing	77
8.3. Umsetzung	78
8.3.1. Layout mit Twitter Bootstrap	78
8.3.2. Herausforderung statusloses Protokoll Http	78
8.3.3. Online-Check	79
8.4. Erweiterung um Offline-Nutzung	79
8.4.1. Implementierung des CachedHttpServices	80
8.4.2. Das AppCache-Manifest	82
8.5. Fazit	84
9. Gegenüberstellung der clientseitigen Implementierungen	85
9.1. Umsetzung als SPA	85
9.1.1. Vorteile	85
9.1.2. Nachteile	86
9.2. Umsetzung als native App	86

9.2.1. Vorteile	87
9.2.2. Nachteile	87
9.3. Fazit aus Meilenstein 1	88
10. Weiterentwicklung eines Clients zu einem Messeprototyp	89
10.1. Anpassungen der Ablauflogik	89
10.2. Anpassungen der Oberfläche	91
10.3. Implementierung der Statistik	92
10.4. Fazit aus Meilenstein 2	93
11. Fazit	97
11.1. Ziele / Ergebnisse	97
11.2. Erkenntnisse	97
11.3. Ausblick	98
A. Anhang	99
A.1. Pflichtenheft	100
A.2. Cache Post	103
A.3. User-Story in der nativen App	103
A.4. Funktionsumfang	103
Glossar	111
Abkürzungsverzeichnis	113
Abbildungsverzeichnis	115
Tabellenverzeichnis	117
Quelltextverzeichnis	119
Literatur	121

Eidesstattliche Erklärung

Gemäß § 17,(5) der BPO erkläre ich an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig angefertigt habe. Ich habe mich keiner fremden Hilfe bedient und keine anderen, als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß veröffentlichten oder nicht veröffentlichten Schriften und anderen Quellen entnommen sind, habe ich als solche kenntlich gemacht. Diese Arbeit hat in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner Prüfungsbehörde vorgelegen.

Dortmund, 8. September 2015

0

Erklärung

Mir ist bekannt, dass nach § 156 StGB bzw. § 163 StGB eine falsche Versicherung an Eides Statt bzw. eine fahrlässige falsche Versicherung an Eides Statt mit Freiheitsstrafe bis zu drei Jahren bzw. bis zu einem Jahr oder mit Geldstrafe bestraft werden kann.

Dortmund, 8. September 2015

0

Aufgabenstellung

Mobile Applikationen sind im täglichen Leben allgegenwärtig.

Eine Herausforderung bei diesen Anwendungen ist es, dass sie verlässlich funktionieren müssen, da ansonsten ein Schaden auftreten kann. Da dieses Problem in unterschiedlichen Anwendungen immer wieder auftaucht, ist es sinnvoll, hierfür einen generischen Ansatz anzubieten.

Für mobile Endgeräte können zwei unterschiedliche Lösungsansätze verfolgt werden:

- die Entwicklung nativer Apps und
- die Entwicklung mobiler Webseiten.

Diese beiden Lösungsansätze sollen unter dem Aspekt der Verlässlichkeit gegenübergestellt und verglichen werden.

Der aus der Evaluation hervorgegangene günstigere Lösungsweg soll in einem konkreten Messeprototypen implementiert werden.

Als Beispiel soll eine Applikation für mobile Endgeräte erstellt werden, in der ein Nutzer die Fortschritte seines Trainings festhalten kann. Die dabei entstandenen Daten sollen zentral auf einem Server verwaltet werden. Dieses Szenario ist zwar kein klassisches Beispiel für eine verlässliche Anwendung, allerdings lassen sich an diesem Beispiel alle Konzepte aufzeigen.

1. Einleitung

In diesem Kapitel wird das grundlegende Problem und die daraus resultierende Zielsetzung erläutert. Anschließend wird grob auf das Vorgehen zur Lösung dieser Ziele eingegangen.

1.1. Problemstellung

Momentan besitzen 57% der Deutschen ein Smartphone. Somit hat sich die Zahl der Smartphone-Nutzer seit Ende 2011 mehr als verdoppelt.¹

Durch die verstärkte Nutzung geraten Apps immer mehr in den Fokus. Applikationen haben sich im Laufe der Zeit im Alltag ausgebreitet und sind mittlerweile für den Endnutzer unverzichtbar geworden. Sei es beim Online-Shopping, Chatten oder der Navigation. Überall finden diese kleinen Programme ihre Verwendung.

Dabei ist es besonders wichtig, dass eine konstante Internetverbindung besteht, um den kompletten Funktionsumfang nutzen zu können. Bis die Umsetzung eines flächendeckenden freien WLANs in Deutschland abgeschlossen ist, benötigt man eine gute Verbindung über seinen Netzbetreiber. Diese ist aber noch nicht vollständig und ausreichend im ganzen Land verfügbar.

Deshalb ist es notwendig, dass Apps versuchen Verbindungsabbrüche für den Benutzer zu überbrücken. Dabei besteht die Möglichkeit einer kurzzeitigen Zwischenspeicherung von Daten, solange die Internetverbindung nicht bereitsteht. Änderungen, die in dieser Zeit gemacht werden, sollen aufgenommen und später zur Verfügung gestellt werden, damit man auf allen Endgeräten einen einheitlichen Stand der Daten sicherstellen kann.

¹ SCHMIDT: Anzahl der Smartphone-Nutzer in Deutschland in den Jahren 2009 bis 2015 (in Millionen).

1.2. Zielsetzung

Das Hauptziel dieser Arbeit ist der Wissenserwerb der Projektdurchführenden im Bereich der verlässlichen mobilen Applikationen.

Hierzu sollen zwei verlässliche Applikationen unter Nutzung verschiedener Techniken entworfen, umgesetzt und getestet werden. Als Beispiel soll eine Applikation entwickelt werden, die es ermöglicht den Trainingsfortschritt beim Krafttraining darzustellen, aufzunehmen und dauerhaft zu speichern. Zum Speichern der Benutzerdaten, wie Trainingspläne, Übungen und Trainings, wird ein Server benötigt, der die Anfragen der mobilen Geräte annimmt und verarbeitet.

Bei den Applikationen wird während der Entwicklungsphase entschieden, welche der beiden Apps zu einem lauffähigen Messeprototypen weiterentwickelt wird. Diese Einschätzung geschieht aufgrund der Erkenntnisse, welche durch die verschiedenen Umsetzungen gewonnen wurden.

Der Prototyp soll es dem Benutzer ermöglichen durch seine Trainingspläne mit den zugehörigen Übungen zu navigieren und die Daten eines Trainings eingeben zu können. Zudem soll es möglich sein die letzten Trainingseinheiten einzusehen. Das soll unabhängig davon funktionieren, ob das Endgerät eine Verbindung zum Server aufbauen kann oder nicht.

1.3. Vorgehensweise

Zum Erreichen der Ziele muss als Erstes eine genauere Betrachtung der entstandenen Problematik durchgeführt werden. Anschließend werden benötigte Kenntnisse für das Erreichen der Ziele gesammelt. Diese gehen in die Planung der allgemeinen Architektur ein, welche Grundlage der späteren Implementierung für Server und Clients ist. Nachdem die Architektur für Server und Clients definiert wurde, können diese umgesetzt werden. Die gewonnen Erkenntnisse aus den Implementierungen werden anschließend gegenübergestellt. Dies bildet die Grundlage für die Entscheidung, welche der beiden zu einem Messeprototyp weiterentwickelt wird. Abschließend wird die Erweiterung zum Messeprototyp umgesetzt.

Projektbegleitend wird eine Dokumentation erstellt, welche jeweils die durchgeführten Maßnahmen und gewonnen Kenntnisse widerspiegelt.

1.4. Arbeitsaufteilung

Da diese Arbeit von zwei Personen durchgeführt wird, muss an dieser Stelle noch aufgeschlüsselt werden, welche Aufgaben von wem durchgeführt werden. Hierzu dient die nachfolgende Tabelle 1.1. Des Weiteren wird auf Grundlage dieser Tabelle die interne Zeitplanung durchgeführt. Hierdurch kann ermittelt werden, welche Teilaufgaben parallel bearbeitet werden können. Zur Wahrung der größtmöglichen Transparenz wird zwischen der Dokumentation und der Implementierung der benötigten Komponenten unterschieden.

Tabelle 1.1.: Arbeitsaufteilung

Aufgaben	realisiert von	
	Kevin Schie	Stefan Suermann
Implementierung		
Server		X
native App	X	
Webapp		X
Messeprototyp	X	
Dokumentation		
Einleitung		X
Problemanalyse	X	
Grundlagen	X	
Architektur		X
Aspekte der Realisierung		X
Realisierung der serverseitigen Implementierung		X
Realisierung der clientseitigen Implementierung als native App	X	
Realisierung der clientseitigen Implementierung als Webapplikation		X
Gegenüberstellung der clientseitigen Implementierung	X	X
Weiterentwicklung eines Clients zu einem Messeprototyp	X	
Fazit		X
Pflichtenheft		X
Cache Post	X	
User-Story in der nativen App	X	
Funktionsumfang	X	

2. Problemanalyse

Im letzten Kapitel wurde die Aufgabenstellung grob beschrieben. Nun sollen die angesprochenen Probleme feiner analysiert werden, so dass sich konkrete Ziele ergeben. Diese Ziele bilden die Grundlage für die Entscheidungen zum weiteren Vorgehen während der Umsetzung, welche in einem Soll-Konzept dargelegt wird.

2.1. Problembeschreibung

Aus der groben Problembeschreibung lassen sich folgende technische Herausforderungen ablesen:

Der Server dient als zentrale Datenhaltung für verschiedene Clients. Darum ist es nötig, dass Client und Server dafür ausgelegt werden, über eine standardisierte Schnittstelle zu kommunizieren, um die anfallenden Daten auszutauschen. Diese muss einen Authentifizierungs- und Autorisierungsmechanismus bereitstellen, so dass jeder Nutzer nur an seine eigenen Daten gelangt. Darüber hinaus ist die Schnittstelle so zu implementieren, dass diese Kommunikation (zumindest temporär) optional ist, sodass eine Ausfallsicherheit entsteht. Um diese zu gewährleisten, muss ein Client die Möglichkeit haben, die Verbindung zum Server zu prüfen. Schlägt diese Prüfung fehl, muss der Client mit entsprechenden Maßnahmen reagieren. Hierfür muss zum einen der Zugriff auf Funktionen, welche zwingend eine Verbindung benötigen, reguliert werden. Zum Anderen müssen lokal anfallende Daten bei fehlender Verbindung zwischengespeichert werden. Letzteres hat zwei Vorteile:

- Neu angelegte Daten gehen dem Nutzer nicht verloren, obwohl sie nicht zum Server geschickt werden.

- Dem Nutzer bleiben Funktionalitäten und bereits vorhandene Daten erhalten, obwohl keine Verbindung zum Server besteht.

Fallen neue lokale Daten an, ergibt sich aus der Problembeschreibung, dass diese bei späterer Verbindung zum Server persistiert werden. Dies muss die Kommunikations-Schnittstelle durch einen geeigneten Synchronisationsmechanismus unterstützen.

2.2. Soll-Konzept

Aus der vorangehenden konkreten Problembeschreibung ergibt sich ein Soll-Konzept für die Umsetzung des Projekts, welches in den folgenden Abschnitten erläutert wird.

2.2.1. Kommunikation zwischen Client und Server

Ziel soll die Umsetzung zweier mobiler Applikationen sein, welche mit einem selbst entwickelten Server kommunizieren. Während der Kommunikation muss festgestellt werden, ob- bzw. wann diese abbricht. Abhängig davon müssen die Applikationen das Verhalten zwischen Online- und Offline-Modus umstellen.

Wenn der Server erreichbar ist, können die benötigten Daten dort direkt abgefragt und lokal angezeigt werden. Zum Entgegenwirken von Datenverlust für den Benutzer, werden die bei dieser Abfrage erhaltenen Informationen lokal gespeichert werden. Daten, die im *Online*-Status angelegt werden, können direkt zum Server übertragen werden. Dort werden sie dann persistent gespeichert und sind für diesen Benutzer von überall erreichbar.

Wenn die Verbindung abgebrochen ist, können die Applikationen nur auf die abgespeicherten Daten zurückgreifen und diese anzeigen. Die Applikationen sollen die Möglichkeit bieten, auch im Offline-Zustand Daten anzulegen. Geschieht dies, werden die Daten ebenfalls lokal gespeichert. Hierbei werden sie als Offline-Daten mittels *Flag* erkennbar, in dem lokalen Speicher, abgelegt.

Wenn die Verbindung zwischen Server und Client gerade wieder hergestellt werden kann, müssen lokal angelegte Daten zum Server übertragen werden. Zur Erkennung, welche Daten an den Server übertragen werden müssen, dient das Offline-Flag aus den Daten des lokalen Speichers. Bei dieser Übertragung muss eine Synchronisation der Daten erfolgen.

2.2.2. Evaluation zur Client-Entwicklung

Während der Umsetzung sollen zwei mobile Applikationen entwickelt werden. Hierzu beschreibt die Aufgabenstellung die Implementierung in zwei unterschiedlichen Technologien. Dabei soll evaluiert werden, welche Technik für die Umsetzung der Anforderungen am Besten geeignet ist. Deshalb sollen folgende Applikationen entwickelt werden:

- eine mobil-optimierte Webseite (Web-App)
- eine native App

Single Page Application

Die Web-App soll als *Homepage* im Browser umgesetzt werden. Damit die client-seitige Logik einfacher umgesetzt werden kann, soll die Web-App als *Single-Page-Application* (kurz Single Page Application (SPA)) umgesetzt werden. Hierbei soll konsequent auf aktuelle Web-Techniken aus HTML5, CSS3 und Javascript gesetzt werden.

Da eine mobile Nutzung im Vordergrund steht, soll die SPA sich responsiv verhalten. Dadurch wird eine Nutzung auf kleinen Displays unterstützt. Dies erhöht die Vergleichbarkeit der Applikationen, da beide Varianten problemlos auf dem gleichen Gerät getestet werden können.

Native App

Die native App soll für Android entwickelt. Android wurde als Plattform ausgewählt, um die Vorteile des offenen Systems nutzen zu können. So ist es beispielsweise möglich die entwickelte App auf einem Testsystem zu installieren, ohne - wie bei Apples iOS nötig - einen Entwickler-Account anlegen zu müssen.

Zudem ist es bei einer iOS-App notwendig, das Aufspielen einer Testapplikation über ein spezielles Entwickler-Tool in XCode durchzuführen. Diese Hürde fällt bei einer Android-App weg. Des Weiteren ist das Android-Betriebssystem weiter verbreitet (siehe IDC: Prognose zu den Marktanteilen der Betriebssysteme am Absatz vom Smartphones weltweit in den Jahren 2015 und 2019). Dadurch kann bei einer möglichen späteren Weiterentwicklung eine größere Akzeptanz der App erzielt werden.

2.2.3. Weiterentwicklung eines Clients

Auf Grundlage der Evaluation soll eine der beiden Applikationen ausgewählt und anschließend zu einem rudimentären Messe-Prototypen weiterentwickelt werden. Diese soll eine komplette User Story implementieren. Als Beispiel soll eine Fitness-App dienen. Hierbei kann ein Nutzer Trainingsdaten verwalten.

2.3. Meilensteinplan

Aus dem nun vorliegenden Soll-Konzept kann ein Meilenstein-Plan erzeugt werden. Diese zeigt einen groben Projektablauf auf und spiegelt parallel ablaufende Entwicklungen wieder. Das gesamte Projekt kann in zwei Meilensteine unterteilt werden, welche nachfolgend genauer beschrieben werden.

Tabelle 2.1.: Meilensteinplan

Meilenstein	Titel
1	Umsetzung der Clients als <i>Proof-of-Concept</i> -Prototypen
2	Umsetzung einer mobilen Anwendung als Messeprototyp

2.3.1. Umsetzung der Clients als *Proof-of-Concept*-Prototypen

In diesem Meilenstein werden Erkenntnisse zur Implementierung einer verlässlichen mobilen Anwendung gesammelt.

Hierbei müssen folgende Teilschritte durchgeführt werden:

1. Erwerb grundsätzlicher Kenntnisse eines Caches und dessen Implementierung
2. Implementierung des Servers
3. Erstellung einer Web-App
4. Erstellung einer nativen App
5. Evaluierung der Erkenntnisse

Da beide Clients während der Implementierung den Server benötigen, müssen die Teilschritte bis einschließlich Schritt 2 nacheinander abgearbeitet werden. Die Umsetzung der beiden Clients kann anschließend parallel erfolgen. Dieser Meilenstein endet mit der Gegenüberstellung der gewonnenen Erkenntnisse und der Auswahl einer Technik für Meilenstein 2.

2.3.2. Umsetzung einer mobilen Anwendung als Messeprototyp

In diesem Meilenstein wird die in Meilenstein 1 gewählte Technik benutzt, um einen Messeprototyp zu entwickeln. Hierbei sollen alle Funktionalitäten implementiert werden, um einen Anwendungsfall vollständig durchzuführen. Als Anwendungsfall soll ein Nutzer ein neues Trainingsdatum anlegen. Dabei soll es irrelevant sein, ob eine Verbindung zum Server besteht, oder nicht. Dieser Anwendungsfall wird als grafisch aufbereitete User-Story im Umfeld des fertig implementierten Messeprototyps vorgestellt.

3. Grundlagen

Das folgende Kapitel gibt eine Übersicht über die verschiedenen Funktionsweisen eines Caches. Darauf aufbauend wird anschließend herausgestellt, welche Art von Speicherung in diesem Projekt umgesetzt wird. Dabei wird ebenfalls auf die verschiedenen Auffassungen des Begriffes *Cache* eingegangen und deren Unterschiede erläutert.

3.1. Definition eines Caches

Ein *Cache* wird im Allgemeinen als eine Speicherregion oder Puffer verstanden, die besonders schnell erreichbar ist, da oft verwendete Daten zwischengespeichert werden. Somit erkaufte man sich durch einen erhöhten Speicherbedarf einen Performancegewinn.

3.1.1. Cache-Arten

Caches werden in verschiedenen Umgebungen eingesetzt. Hierbei kann zwischen folgenden Arten unterschieden werden:

- *Memory Cache*
- *Internet Browser Cache*
- *Disk Caching*
- *Server Caching*

Memory Cache

Der *Memory Cache* wird in Computern verwendet, um den sehr schnellen Statischer RAM (SRAM) des Rechners auszunutzen. Diese Art macht es sich zunutze, dass Programme immer dieselben Daten oder Befehle ausführen. Diese Ergebnisse werden dann vom Betriebssystem in diesem *Cache* gespeichert, um zum Beispiel darauf aufbauend schnellere Berechnungen vollziehen zu können. Dieser Speicher wird dann dem dazu relativ langsamen Dynamischer RAM (DRAM) vorgezogen.¹

Internet Browser Cache

Der *Internet Browser Cache* wird ähnlich, aber in einem anderen Einsatz verwendet. Dieser speichert beliebte Seiten des Benutzers zwischen, um den Seitenaufruf zu beschleunigen. Dabei werden Dateien und *Requests* zu der besuchten Seite gespeichert. Wenn man dann wieder zurück navigiert, kann der *Browser* viele Dateien wiederverwenden und muss nicht mehr die gesamte Seite nachladen. Diese Variante wird auch *Read Cache* genannt.²

Disk Caching

Disk Caching wird besonders beim Lesen von Festplatten verwendet. Dabei werden Daten im *Memory Buffer* gespeichert. Dieser liegt heutzutage in einem gesonderten Bereich auf der Festplatte. Der Bereich kann sich jedoch auch im Random Access Memory (RAM) des Computer befinden.³

Server Caching

Beim *Server Caching* geht es darum, den *Traffic* in einem Netzwerk zu minimieren, indem die meistbesuchten Seiten auf einem *Caching Server* gespeichert werden. Wenn ein Benutzer aus dem Netzwerk dann diese Seite aufruft, wird die Seite aus

¹GUMMER/SOMMER: Einführung in die Informatik, Vgl. S.48f.

²ROUSE: Cache (Computing) Definition.

³DERS.: Disk Cache Definition.

dem *Cache* zurückgegeben und der *Request* muss nicht wieder über das Internet geleitet werden, sondern wird direkt im internen Netzwerk beantwortet.⁴

3.1.2. Funktionsweisen von Caches

Caches lassen sich in zwei unterschiedliche Funktionsweisen unterteilen. Diese werden nachfolgend genauer vorgestellt.

Store and Forward

Das *Store and Forward*-Prinzip ist eine spezielle Art des *Cachings*, das Netze überbrücken soll, welche Verzögerungen tolerieren. Gegensätzlich dazu sind die Techniken *Streaming* und Internettelefonie, die keine Verzögerungen tolerieren. Gleichzusetzen ist diese Technik mit der Transmission Control Protocol (TCP)-Übertragung, die auch zwischengespeichert werden kann. Der Vorteil dieser Technik besteht darin, dass eine Zwischenstation die übertragenen Daten speichert, auf Integrität prüft und, wenn gewünscht, weiterleitet.⁵

Diese Technik kann auch in einem System untergebracht werden. So soll ein Datum auf der Festplatte gespeichert werden, wird dazu jedoch sicherheitshalber im Puffer zwischengespeichert. Direkt danach wird dieses Datum abgerufen, ist aber noch nicht auf die Festplatte geschrieben. Dann kann das Datum aus dem Puffer geladen werden und die geringe Geschwindigkeit der Festplatte wird dem Anwender nicht bewusst.⁶

Function Cache

Beim *Function Cache* oder auch *Memoization* handelt es sich um einen *Cache*, der die Funktionsaufrufe eines Programmes samt Ergebnissen speichert. Diese werden dann in den meisten Fällen für darauf aufbauende Berechnungen oder Aktionen verwendet und sorgen somit für einen enormen Geschwindigkeitsanstieg.⁷

⁴THE APACHE SOFTWARE FOUNDATION: HTTP Proxy Caching.

⁵DATAKOM BUCHVERLAG GMBH: Store-and-Forward-Verfahren.

⁶ARCITURA EDUCATION INC.: Service Data Forward Cache.

⁷SAUMONT: Do it in Java 8: Automatic memoization.

3.1.3. Definition eines Caches innerhalb dieser Arbeit

Innerhalb dieser Arbeit wird der Begriff des *Caches* als eine abgewandelte Technik zur lokalen Zwischenspeicherung von Daten auf einem mobilen Gerät verstanden.

Die allgemeine Definition geht bei einem *Cache* von einer Performancesteigerung aus (siehe Kapitel 3.1). In diesem Projekt wird das Speichern von Daten jedoch dazu verwendet, um Daten auch offline zur Verfügung zu stellen. Die bestehenden Eigenschaften zur Ersetzung von Daten und den verschiedenen Arten der Datenspeicherung werden beibehalten, jedoch im ersten Meilenstein nur rudimentär umgesetzt. Dabei wird eine Art *Store and Forward* umgesetzt. Jedoch wird bevorzugt auf den Server zugegriffen, da dieser als primärer Persistenzspeicher fungiert.

Ein *Function Cache* wird nicht umgesetzt, da dieser in diesem Anwendungsfall nicht optimal wäre. Es werden die Daten benötigt, die untereinander auch Beziehungen besitzen. Dabei reicht es nicht aus, die Funktionsaufrufe mit den entsprechenden Daten zu speichern, da man die gespeicherten Daten in einigen Fällen über mehrere Abfragen erhalten würde und diese dann mehrfach gespeichert werden würden. Dieses Problem würde dann die Effizienz des Zwischenspeicherns umgehen.

3.2. Allgemeine Umsetzung des Caches

Der *Cache* wird in beiden Applikationen als eine lokale Datenbank umgesetzt und spiegelt die Datentypen des Servers in einem möglichst großen Umfang wider (siehe Kapitel 4.2 zum Aufbau der Server-Datenbank). Die genaue Umsetzung und Auswahl der Entitäten und Attribute muss entsprechend der Umsetzung und der technischen Möglichkeiten geschehen. Dabei wird jedoch weiterhin auf eine möglichst große Übereinstimmung zwischen den verschiedenen Applikationen geachtet. Somit sind die Entwicklungen besser zu vergleichen und bieten den Autoren damit ein besseres Maß zur Entscheidung, welche Applikation zu einem Messeprototypen weiterentwickelt wird.

3.2.1. Aufbau eines Caches innerhalb des Projekts

Der *Cache* als solches ist die Kombination aus der Logik, die in der Applikation zur Datenhaltung mit umgesetzt wird und einer lokalen Datenbank zur Speicherung der

Daten. Die Schicht der *Business*-Logik muss dabei Methoden zur Verfügung stellen, um die Daten lokal zu speichern um diese bei Bedarf wieder auslesen zu können. Des Weiteren muss die Logik zur Synchronisierung von Daten zwischen der lokalen und der Server-Datenbank umgesetzt werden. Diese wird im Folgenden allgemein beschrieben.

3.2.2. Funktionsumfang eines Caches innerhalb des Projekts

Der *Cache* muss die Daten auf demselben Stand halten, wie sie auf dem Server vorliegen. Deshalb bietet es sich an, Daten, die zum Server geschickt werden, auch redundant lokal zu speichern. Genauso verfährt man mit Daten, welche vom Server abgerufen werden. Somit hat man keine unnötigen Abfragen zum Erhalt der Datenkonsistenz zwischen den beiden Ebenen. Diese Strategie hat somit einen positiven Einfluss auf die Performance der Applikationen und entlastet den Server von übermäßigen *Requests*.

In dem nachstehenden Sequenzdiagramm (siehe Abbildung 3.1) ist der Ablauf für die Logik des *Caches* bei einem *Get*-Aufruf an den Server zu sehen. Die Synchronisation soll demnach im Anschluss einer Serververbindung geschehen, da man in diesem Fall sicher sein kann, dass eine Verbindung besteht, die dafür verwendet werden kann. Dementsprechend funktioniert auch der *Post* oder das Hochladen von Daten (siehe Anhang A.2).

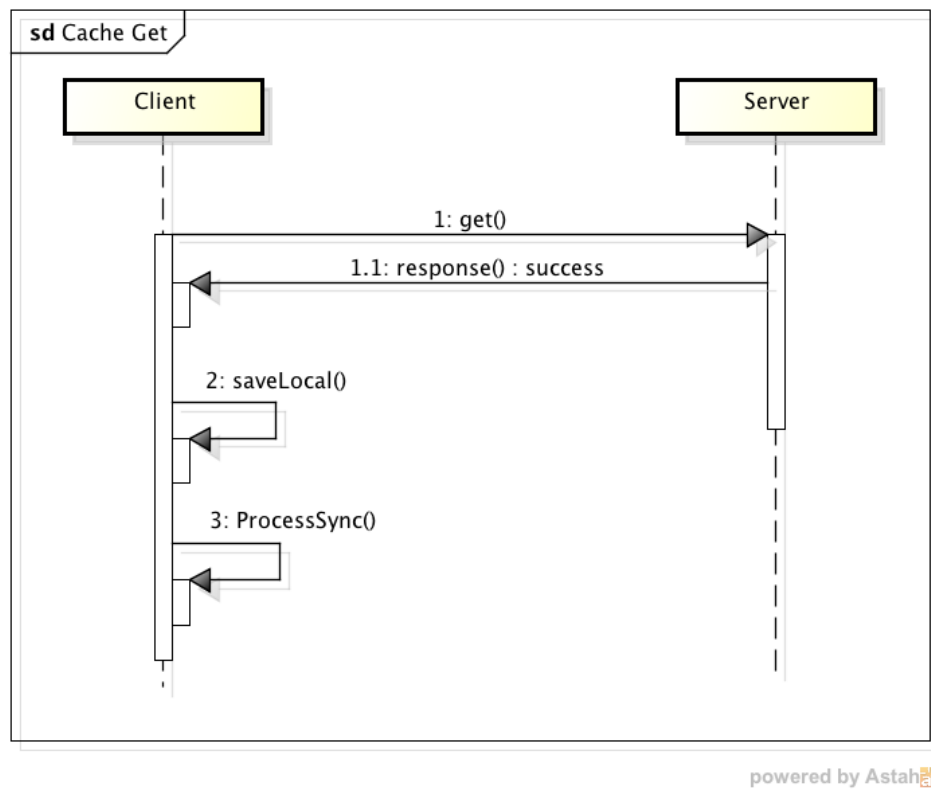


Abbildung 3.1.: Abrufen vom Server

4. Architektur

In diesem Kapitel werden die architektonischen Randbedingungen für die Entwicklung der Applikation beschrieben. Hierzu zählt welche Anwendungsfälle in die späteren Prototypen und im schlussendlichen Messeprototyp gegeben sein muss. Daraus resultiert der Aufbau der Datenbank und die schlussendliche Systemarchitektur. Als Grundlage dient das Pflichtenheft. Dieses liegt dieser Arbeit gesondert im Anhang bei (siehe Anhang A.1).

4.1. Anwendungsfälle

Das Pflichtenheft sieht eine Unterteilung des Projekts in zwei aufeinanderfolgenden Meilensteine vor (siehe 2.3). Hierbei werden erst Proof-of-Concept-Prototypen entwickelt. Anschließend wird ein Prototyp zum Messe-Prototypen weiterentwickelt. Für diese beiden Prototypen müssen andere bzw. erweiterte Anwendungsfälle implementiert werden. Darum werden nachfolgend für die beiden Implementierungsschritte die Anwendungsfälle einzeln aufgeschlüsselt.

4.1.1. Anwendungsfälle für Meilenstein 1 (Proof-of-Concept-Phase)

Aus dem Pflichtenheft ergeben sich folgende Anwendungsfälle für die erste Phase des Projekts:

- Es soll möglich sein, sich an der Anwendung anzumelden

- Es soll möglich sein, eine Entität mit Daten (Trainingsplan, Training oder Übung), unabhängig von der Verbindung zum Web Service, persistent anzulegen, zu ändern und zu speichern
- Optional soll sich ein Nutzer an der Anwendung registrieren können

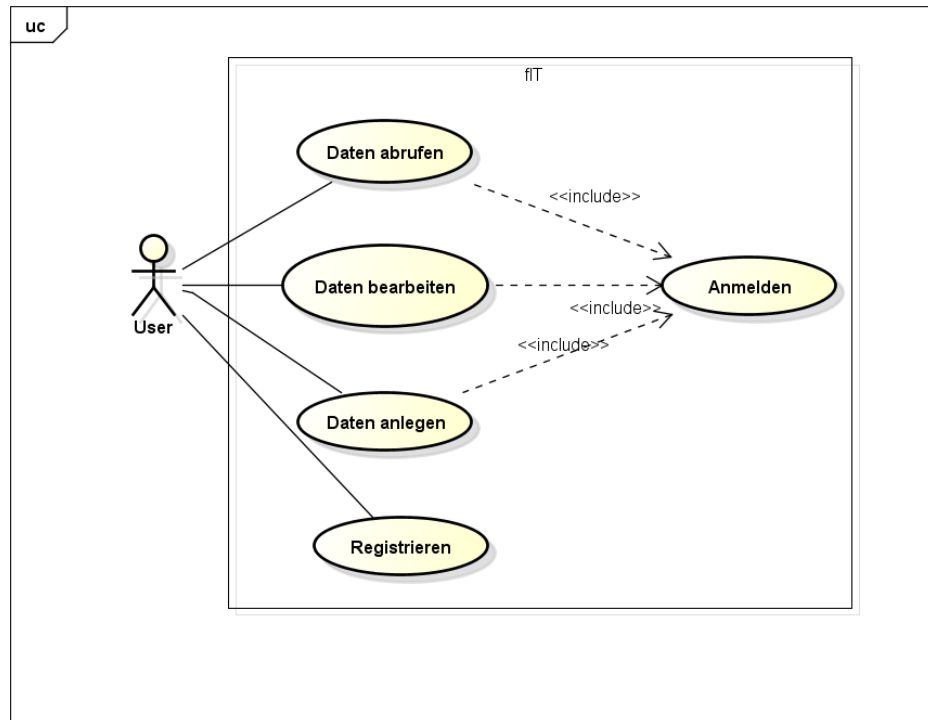


Abbildung 4.1.: Use-Cases Proof-of-Concept

4.1.2. Anwendungsfälle für Meilenstein 2 (Messe-Prototyp-Phase)

Für den Meilenstein 2 werden die bereits vorgestellten Anwendungsfälle weiter verfeinert. Daraus ergeben sich folgende Anwendungsfälle:

- Ein Nutzer soll sich an der Anwendung anmelden können.
- Ein Nutzer soll seine eigenen Trainingsplan-Daten abrufen können
- Ein Nutzer soll zu einem seiner Trainingspläne alle zugehörigen Übungen abrufen können

- Ein Nutzer soll zu einer dieser Übungen seine bisherigen Trainingsdaten abrufen können
- Ein Nutzer soll zu einer Übung ein neues Training anlegen können
- Alle nicht-optionalen Anwendungsfälle müssen unabhängig von einer Serververbindung funktionieren und eventuell anfallende Daten dauerhaft speichern.
- Optional: Ein Nutzer soll eine Statistik der letzten Trainings zu einer Übung abrufen können. Neu erstellte Trainingsdaten aktualisieren diese Statistik
- Optional: Ein Nutzer soll sich an der Applikation registrieren können
- Optional: Ein Nutzer mit der Rolle *Administrator* soll neue Übungen anlegen können

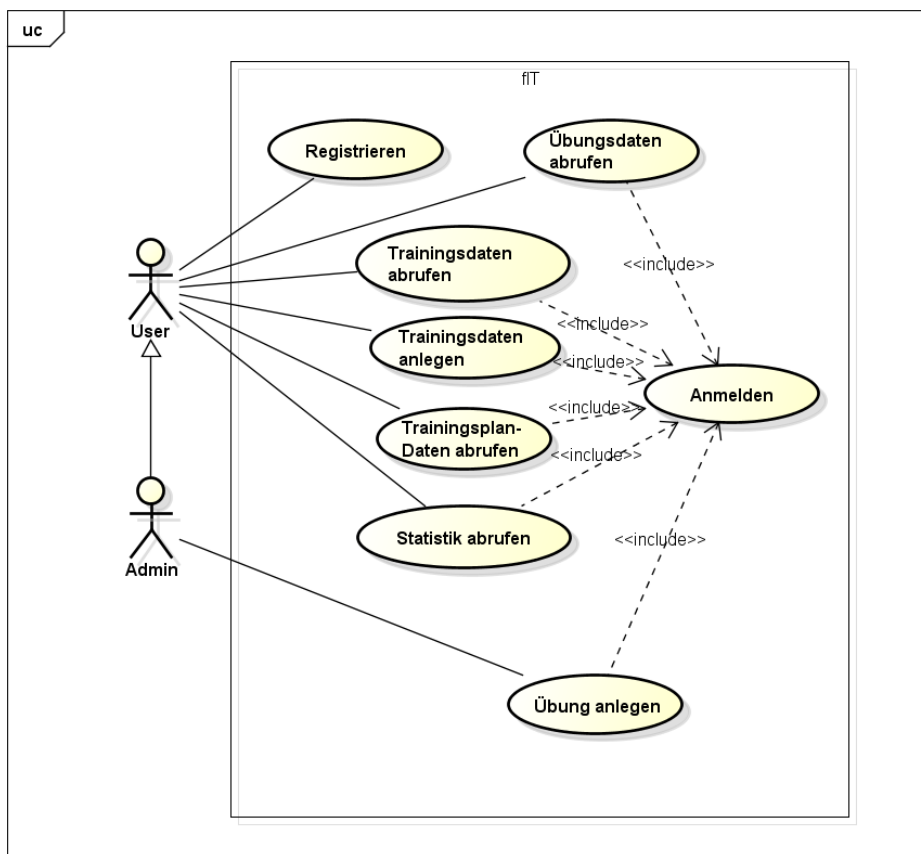


Abbildung 4.2.: Use-Cases Messeprototyp

4.2. Datenbank-Entwurf

Aus den definierten Anwendungsfälle ergibt sich die Struktur für die Datenbank. Als Grundlage werden die Anwendungsfälle des zweiten Meilensteins genutzt, um spätere Anpassungen nach Beendigung des ersten Meilensteins zu vermeiden.

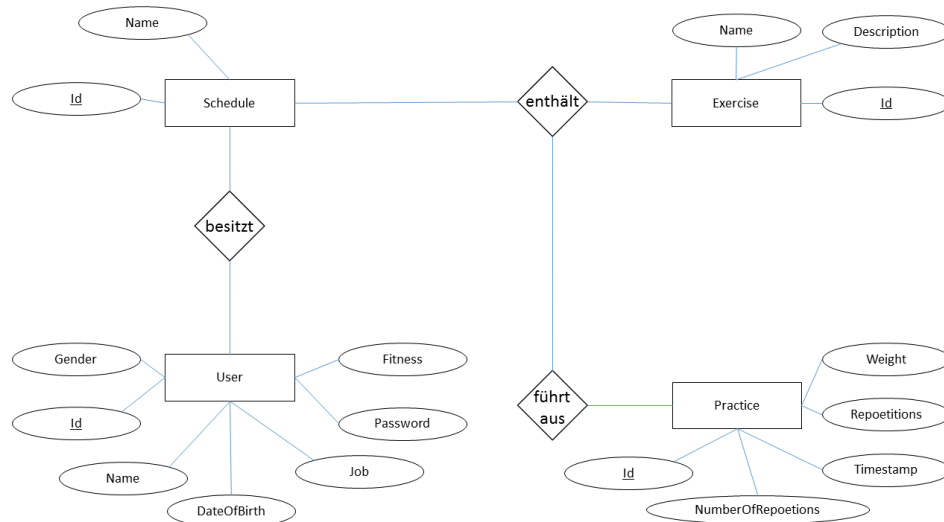


Abbildung 4.3.: Datenbank-Entwurf

4.3. Programmarchitektur

Da verschiedene Clients implementiert werden sollen, ist es sinnvoll das Projekt als Mehrschichtenarchitektur für verteilte Anwendung zu implementieren.

Der Server hält dabei die Funktionen zur Nutzung durch die Clients vor. Konkret greift der Server per OR-Mapper auf die Datenbank zu, bereitet die Daten in der Applikationsschicht auf und reicht sie über eine REST-Schnittstelle an die anfragenden Client weiter. Dabei muss gewährleistet sein, dass ein Nutzer nur die Daten abrufen darf, für die er autorisiert wurde.

Clientseitig werden Daten in einer Caching-Schicht zum Schutz vor eventuellen Verbindungsabbrüchen zwischengespeichert. Anschließend werden die erhaltenen Daten auf dem Endgerät für die Anzeige aufbereitet und angezeigt.

Abbildung 4.4 bildet diesen Aufbau grafisch ab:

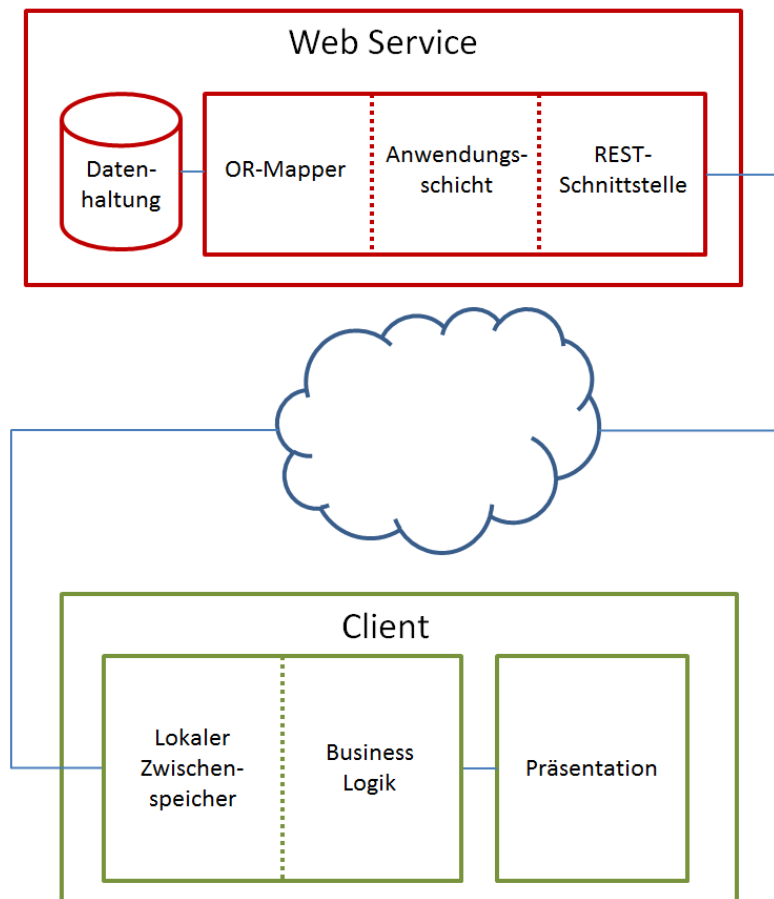


Abbildung 4.4.: Aufbau der Anwendung

4.4. Rollen-Konzept

Im Pflichtenheft wird für den zweiten Meilenstein eine Unterscheidung in den Berechtigungen gemacht. So dürfen beispielsweise nur Administratoren neue Übungen anlegen. Darum ist es nötig, ein Rollenkonzept zu entwickeln, das den Zugriff auf bestimmte Ressourcen reguliert.

Aus den Aussagen, die im Pflichtenheft getroffen wurden, geht hervor, dass sich der Nutzer in einer der nachfolgenden Status befindet, wenn er auf den Web Service zugreifen will:

- unautorisiert

Der Nutzer hat sich noch nicht gegenüber dem Web Server authentifiziert. In

diesem Status kann der Nutzer sich mit seinen Anmeldedaten einloggen oder als neuer Nutzer an der Web Applikation registrieren.

- Rolle **Nutzer**

Jeder angemeldete Nutzer besitzt die Rolle *Nutzer*. Ein normaler Nutzer kann seine Daten einsehen. Dies beinhaltet seine Trainingspläne, deren Übungen und die dazu angelegten Trainingseinheiten.

- Rolle **Administrator**

Ein *Administrator* ist ebenfalls ein Nutzer. Er kann zusätzlich neue Übungen anlegen.

5. Aspekte der Realisierung

In diesem Kapitel werden allgemeine Komponenten für die Umsetzung dieses Projektes beschrieben. Dabei werden jeweils nur diese Techniken vorgestellt, welche von mehreren Komponenten genutzt werden, sodass sie in den jeweils dafür vorgesehenen Kapiteln mehrfach genannt werden müssten.

Als generelle Aussage ist zu erwähnen, dass versucht wurde, möglichst viele Entwicklungswerkzeuge eines Unternehmens zu benutzen, um mögliche positive Synergieeffekte, in Form von leichter Kommunikation, zwischen den gewählten Komponenten zu gewährleisten. Zur Umsetzung dieses Projekts wurden weitestgehend die Produkte der Softwarefirma *Microsoft* genutzt.

5.1. Entwicklungsumgebung

Für die Entwicklung sämtlicher Komponenten wurde *Microsoft Visual Studio 2015 Community Edition* (kurz *Visual Studio*) benutzt. Hierbei handelt es sich um die Standard-Entwicklungsplattform von *Microsoft*. Diese Entscheidung wurde aus folgenden Gründen getroffen:

- Die Clients sollen durch die Drittanbieter-Frameworks *Xamarin* und *AngularJs* umgesetzt werden. Beide Frameworks sind entweder bereits in die Entwicklungsumgebung integriert oder können leicht nachträglich zum Projekt hinzugefügt werden. Die hierfür benutzten Programmiersprachen *C#* und *Javascript* bzw. den kompletten **Web Stack!** (**Web Stack!**) werden vollständig mit gängigen **IDE!** (**IDE!**)-Features wie Autovervollständigung, Syntax-Highlighting und Debugger unterstützt.

- Die Entwicklung von Web Anwendungen wird erheblich erleichtert, da *Visual Studio* mit einem integrierter Webserver ausgeliefert wird. Dadurch können entwickelte Applikationen direkt lokal getestet werden, ohne, dass ein zusätzlicher Webserver installiert oder die Anwendung auf einen Webserver deployt werden muss.
- Eine starke Integration von anderen *Microsoft* Produkten. Hierzu zählen die Hosting-Plattform *Microsoft Azure* und das Datenbank-System *Microsoft SQL Server*.
- Die Entwicklungsumgebung kann benötigte Komponenten und deren Abhängigkeiten durch den integrierten Paketmanager nachladen. Dadurch entfällt das nachträglichen Herunterladen von DLLs, wodurch Kompatibilitätsprobleme verringert werden.¹

5.2. Datenbank-System

Als Datenbanksystem wurde ebenfalls die Lösung von *Microsoft* verwendet. Hierbei handelt es sich um *Microsoft SQL Server*. Durch die einheitliche Nutzung von Microsoft-Produkten kann für den Zugriff auf die Datenbank der objekt-relationaler Mapper (OR-Mapper) genutzt werden. Dieser erlaubt es, direkt aus Modell-Klassen Datenbank-Entitäten zu entwickeln. Dieser Vorgang wird in Kapitel 6.2.1 näher erläutert.²

5.3. Hosting-Plattform

Sowohl der Web Service als auch die Web-Application-Client müssen im Internet verfügbar gemacht werden, damit so von überall erreichbar sind. Hierzu biete *Microsoft* die Hosting-Plattform *Azure* an. Diese ermöglicht es, direkt aus *Visual Studio* heraus seine Webanwendung zu veröffentlichen. Gleichzeitig lässt sich eine Datenbank hosten, welchen der Webservice direkt benutzen kann. Zusätzlich ist Azure sehr gut

¹MICROSOFT: Visual Studio.

²DERS.: SQL Server 2014.

skalierbar, was den Einsatz als Hosting-Plattform für kleine Prototyp-Projekte optimal unterstützt.³

5.4. Dokumentationslösung

Zur Umsetzung der Projektdokumentation wurde das Framework LaTeX benutzt. Dieses erweitert das Textsatzsystem *Tex* mit Makros. Die Makros können als Markup benutzt werden, um einen Text zu strukturieren. Dadurch kann, wie bei Nutzung von Markup üblich, sehr einfach Inhalt und Aussehen getrennt werden. Somit hat man den Vorteil, dass man nur einmal das Aussehen pflegen muss und anschließend ausschließlich den Inhalt mit dem gewünschten Markup definieren muss. Diese Dateien können anschließend zu einer Pdf-Datei kompiliert werden.⁴

Ein weiterer Vorteil ist, dass die Inhaltsdateien aus einfachen Text-Dateien bestehen. Bei dieser Art von Dateien lassen sich Änderungen (beispielsweise mittel Versionsverwaltung) leichter nachvollziehen als beispielsweise bei docx-Dateien, welche Word benutzt. Dabei handelt es sich um Binärdateien, welche die Nachvollziehbarkeit erschweren.

5.5. Versionsverwaltung

Dieses Projekt wurde von mehreren Personen durchgeführt. Dabei ist es unerlässlich, dass die Projektstände zwischen den Teilnehmern nachvollziehbar verwaltet werden, da sonst schnell Chaos entstehen kann. Um dem entgegenzuwirken wurde *Git* als Versionsverwaltung eingesetzt.

Diese Entscheidung wurde aus folgenden Gründen getroffen:

- *Git* ist ein verteiltes Versionsverwaltungssystem. Das bedeutet, dass sowohl ein lokales als auch ein globales Repository entsteht. Dies macht die Entwicklung leichter: Im vorliegenden Fall wurde beispielsweise solange lokal entwickelt, bis eine Funktionalität funktionsfähig war. Anschließend wurden alle lokalen Stände in das globale Repository eingechekkt, sodass immer ein funktionierender Stand im globalen Repository vorliegt.

³DERS.: Was ist Azure?

⁴DEUTSCHSPRACHIGE ANWENDERVEREINIGUNG TEX E.V.: Was ist LaTeX?

- Für die Nutzung von *Git* benötigt man keinen eigenen Server, in dem das globale Repository aufgespielt wird. Hierfür kann die Webseite <https://github.com> genutzt werden. Diese stellt diese Funktionalität kostenlos bereit und ist weltweit über das Internet verfügbar.
- Für *Git* gibt es eine direkt Integration in die genutzte Entwicklungsumgebung.

6. Realisierung der serverseitigen Implementierung

In diesem Kapitel wird näher auf die Implementierung des in Kapitel 4 besprochenen Webservices eingegangen. Es enthält eine Übersicht über die genutzten Komponenten und die konkreten Techniken, welche für die Implementierung genutzt wurden. Anschließend wird gesondert auf Sicherheitsaspekte in Verbindung mit **RESTful!** (**RESTful!**)-Architekturen eingegangen. Die hier beschriebene WebApi kann über die **URL! (URL!)**

<http://fit-bachelor.azurewebsites.net/> erreicht werden.

6.1. Was ist ein Webservice?

Um verteilte Systeme aufzubauen ist es nötig, eine Struktur zu implementieren, mit der Maschinen untereinander kommunizieren können. Diese Aufgabe übernehmen Webservices. Sie stellen innerhalb eines Netzwerkes Schnittstellen bereit, damit Maschinen plattformübergreifend Daten austauschen können. Hierbei wird meistens Hyper Text Transfer Protocol (HTTP) als Träger-Protokoll genutzt, um eine einfache Interoperabilität zu gewährleisten.¹ Die dabei angeforderten Daten werden in der Regel im Extensible Markup Language (XML)- oder **JSON! (JSON!)**-Format übermittelt.

¹BOOTH u. a.: Web Services Architecture.

6.1.1. RESTful Webservices

Da Webservices in der Regel HTTP als Protokoll verwenden, wurde die Idee zur Implementierung eines Webservices erweitert, um die Möglichkeiten des Protokolls besser zu benutzen. Heraus kam das Programmierparadigma REST (*Representational State Transfer*). Mit einem REST-Server bzw. einem RESTful Webservice bezeichnet man einen Webservices, welcher die strikte Nutzung von HTTP als Programmierparadigma umsetzt. Dies meint, dass sich, wie im Internet üblich, **URIs! (URIs!)** zur eindeutigen Identifikation Ressource genutzt werden. Nachfolgend werden einige Prinzipien von REST näher beleuchtet.

Adressierbarkeit

Im Gegensatz zu anderen Webservice-Implementierungen stellen RESTful Webservices keine Methoden oder aufrufbare Funktionalitäten zu Verfügung, sondern ausschließlich Daten. Dies hat den Vorteil, dass die Schnittstelle leicht und eindeutig beschrieben werden kann, da ein Aufruf einer URL an den REST-Service immer eindeutig auf eine Ressource zeigt, ohne dass Abhängigkeiten oder ein Kontext berücksichtigt werden müssen.

In den meisten Fällen, wie auch in den Anwendungsfällen dieser Arbeit, soll der Webservice Create Read Update Delete (CRUD)-Funktionalitäten bereitstellen. Damit die Schnittstelle nicht durch unnötig viele unterschiedliche URLs aufgebläht wird, sieht der RESTful-Ansatz die Verwendung der verschiedenen HTTP-Verben vor. Dazu werden zwei Arten von URLs unterschieden, um in Kombination mit HTTP-Verben verschiedene Aufgaben zu erfüllen. Zur Veranschaulichung sollen uns folgende zwei URLs dienen:

- <http://myRestService.de/Schedule>
- <http://myRestService.de/Schedule/123>

Es fällt auf, dass die beiden URLs sich bis auf das letzte Segment gleichen. Im ersten Fall wird die URI als *Collection URI* bezeichnet, da hiermit die Gesamtheit aller Trainingspläne angesprochen wird. Im zweiten Fall wird die ID eines Trainingsplans benutzt und mit einem konkreten Trainingsplan interagiert. Man spricht hier von

einer *Element URI*.² Diese können mit verschiedenen HTTP-Verben kombiniert werden³.

Nutzung von HTTP-Verben

Um den Rahmen der Arbeit nicht zu überspannen, wird sich hier nur auf die Vorstellung der vier meistverwendeten HTTP-Verben beschränkt:

Das Verb GET ruft eine Ressource vom Server ab, wobei diese nicht verändert wird. Bei Nutzung einer *Collection URI*, werden alle Einträge dieser Entität als Verbundstruktur abgerufen. Jedes Element der Struktur beinhaltet die *Element URI* auf das konkrete Element. Wird GET auf eine *Element URI* aufgerufen, wird das konkrete Objekt aufgerufen. Hierbei antwortet der Server dem HTTP-Standard folgend mit dem Status-Code *200 (OK)* bei erfolgreicher Suche oder *404 (Not Found)*, wenn keine Ressource gefunden wurde.

Das POST wird zur Erstellung neuer Inhalte verwendet. Bei Nutzung von *Element URIs* wird versucht die ID für das neue Element zu benutzen. In der Regel wird das ID Management aber auf dem Server implementiert, so dass eine *Collection URI* zur Erstellung von Elementen zum Einsatz kommt.

Mit dem HTTP-Verb PUT wird eine vorhandene Ressource geändert oder hinzugefügt. Obwohl es REST-conform wäre, eine *Collection URI* per PUT aufzurufen, wird dies selten implementiert, da der normale Anwendungsfall ist, dass ein einzelnes Objekt geändert werden soll. Stattdessen wird sich auf *Element URIs* beschränkt. Ist eine Ressource mit der übergebenen ID nicht vorhanden, wird je nach Implementierung entweder ein neues Objekt mit der ID erstellt (*Statuscode 201 (Created)*) oder die Verarbeitung verweigert. Der Server gibt dann den Statuscode *400 (Bad Request)* oder *404 (Not found)* zurück.

Das letzte HTTP-Verb, welches hier vorgestellt werden soll, ist DELETE. Wie der Name vermuten lässt, wird damit eine Ressource vom Server entfernt. Wie auch bei PUT wird in der Regel auf eine Implementierung von DELETE als *Collection URI* verzichtet, da sonst alle Einträge einer Entität gelöscht werden können. Im Erfolgsfall wird

²KURTZ/WORTMAN: ASP.NET Web API 2: Building a REST Service from Start to Finish, S. 12ff.

³TILKOV u. a.: REST und HTTP - Entwicklung und Integration nach dem Architekturstil des Web, S. 26ff.

mit dem Statuscode *200 (Ok)* geantwortet und bei Fehlern mit *400 (Bad Request)* oder *404 (Not Found)*⁴.

Zustandslosigkeit

Da das statuslose Protokoll HTTP zum Datenaustausch genutzt wird, ist ein RESTful Webservice so zu implementieren, dass alle Informationen, welche für die Kommunikation notwendig sind, bei jeder Anfrage mitgesendet werden. Was vordergründig als Nachteil erscheint, ist ein wesentlicher Vorteil. Dadurch, dass jeder Request alle nötigen Informationen mitliefert, ist es nicht nötig, Kontext der Kommunikation über mehrere Requests auf dem Server zu verwalten. Dadurch kann ein RESTful Webservice sehr leicht skaliert werden⁵.

Daten sind unabhängig von der Präsentation

Das RESTful-Paradigma besagt, dass Daten losgelöst von einer Repräsentation bereit gestellt werden. Darum ist ein RESTful Webservice so zu implementieren, dass der Client das gewünschte Datenformat anfragen kann. Bei Nutzung des Protokolls HTTP wird dies in der Regel über die Header-Eigenschaft *accept* realisiert, welche gewünschten Datenformate angibt. Wird dieses nicht vom Server unterstützt, werden die angeforderten Daten in einem Standard-Format zurückgegeben.⁶

6.2. Aufbau der Komponenten

In diesem Kapitel wird beschrieben, wie der zuvor theoretisch beschriebene REST-Ansatz für das Projekt umgesetzt wurde.

Der Server besteht aus zwei Teilen: Der Datenbank und der WebApi, welche jeweils gesondert vorgestellt werden. Die WebApi wurde nach dem Design-Pattern **MVVM! (MVVM!)** aufgebaut. Die erzeugten Objekte, welche Tupel einer Datenbank-Relation darstellen, werden aus speziell dafür präparierten Model-Klassen erzeugt.

⁴TILKOV u. a.: REST und HTTP - Entwicklung und Integration nach dem Architekturstil des Web, S. 26ff.

⁵Ebd., S. 26ff.

⁶Ebd., S. 26ff.

Bevor diese Daten dann über WebApi ausgespielt werden, werden sie vom Model in ein ViewModel übertragen. Hierbei wird, nach dem Grundgedanken des **Seperation of Concerns!** (**Seperation of Concerns!**), klar zwischen den Models für die Datenbank und den ViewModels, welche die WebApi benutzt, unterschieden.

6.2.1. Aufbau der Datenbank

Da bei der Umsetzung des Projekts konsequent auf Produkte von Microsoft gesetzt wurde, wurde als Datenbanksystem **MS SQL!** (**MS SQL!**) gewählt. Dies hat den Vorteil, dass das **Microsoft Entity Framework!** (**Microsoft Entity Framework!**), welches sehr gut für die Nutzung mit einer WebApi optimiert ist, als OR-Mapper genutzt werden kann. Dieser bietet das Design-Pattern *Code First*. Das bedeutet, dass anhand präparierter Model-Klassen die benötigten Relationen in der Datenbank automatisch erzeugt wird.⁷

An den folgenden Beispielen wird exemplarisch beschrieben, wie die Model-Klassen aufgebaut wurden und wie sich daraus die Struktur der Datenbank ergibt. Grundlage für Model-Klassen ist das Interface *IEntity*(Quellcode 6.1):

```
1 public interface IEntity<T>
2 {
3     T Id { get; set; }
4 }
```

Quelltext 6.1: Basisinterface für DB-Repräsentationen

Das Interface gewährleistet, dass jede Datenbank-Entität einen eindeutigen Schlüssel besitzt. Eine konkrete Implementierung für eine Model-Klasse sieht man im Quellcode-Beispiel 6.2, in der die Trainingspläne implementiert sind:

```
1 // Definiert einen Trainingsplan
2 public class Schedule: IEntity<int>
3 {
4     public Schedule(int id, string name = "", string userId = "",
5         ICollection<Exercise> exercises = null)
6     {
```

⁷DYKSTRA: Getting Started with Entity Framework 6 Code First using MVC 5.

```
6         this.Id = id;
7         this.Name = name;
8         this.UserID = userId;
9         this.Exercises = exercises;
10    }
11
12    public Schedule(): this(-1){}
13
14    // DB ID
15    public int Id { get; set; }
16    // DisplayName des Trainingsplans
17    [Required]
18    public string Name { get; set; }
19    // Fremdschlüssel zum Nutzer (per Namenskonvention)
20    public string UserID { get; set; }
21    // Uebungen (per Namenskonvention)
22    public virtual ICollection<Exercise> Exercises { get; set; }
23 }
24 }
```

Quelltext 6.2: Modelklasse für Trainingspläne

Hierbei zeigt sich gut, was mit einer präparierten Klasse gemeint ist. Über die Annotation *Required* wird definiert, dass die Eigenschaft *Name* zwingend bei Insert- und Update-Operationen gesetzt werden muss.

Gleichzeitig sieht man an diesem Beispiel, wie das Entity Framework über Namenskonventionen Verbindungen zwischen Entitäten auflöst. Auf Grund des Aufbaus der Klasse *Schedule* wird eine **einwertige Fremdschlüssel! (einwertige Fremdschlüssel!)-**Beziehung zu der Model-Klasse *User* erzeugt, da folgende Bedingungen erfüllt sind:

- Die Klasse *User* besitzt eine Eigenschaft *ID* vom Datentyp *string*
- Die Klasse *Schedule* besitzt eine Eigenschaft *UserID* vom Datentyp *string*

Auch die Erstellung einer **mehrwertigen! (mehrwertigen!)** Beziehung lässt sich aus dem Code-Beispiel 6.2 ablesen: Da es eine Entität gibt, welche *Exercise* heißt und die

Model-Klasse *Schedule* eine Verbundstruktur besitzt, welche *Exercises* heißt, wird implizit eine Verbindung zwischen den Relationen in der Datenbank angelegt.⁸

6.2.2. Aufbau der WebApi

Die Umsetzung der REST-Schnittstelle wurde mit Hilfe des Microsoft-Frameworks **ASP.NET Web API 2! (ASP.NET Web API 2!)** realisiert. Dieses ermöglicht es, Controller-Methoden zu schreiben, welche über definierte Routen per HTTP aufgerufen werden können. Hierbei wird die Umsetzung im Sinne des REST-Paradigmas durch vorhandene Funktionen unterstützt.⁹

Dies wird im Code-Beispiel 6.3 gezeigt:

```

1 // Grants access to schedule data
2 [SwaggerResponse(HttpStatusCode.Unauthorized, "You are not allowed to receive
   this resource")]
3 [SwaggerResponse(HttpStatusCode.InternalServerError, "An internal Server error
   has occurred")]
4 [Authorize]
5 [RoutePrefix("api/schedule")]
6 public class SchedulesController : BaseApiController
7 {
8     // Create new Schedule for the logged in user
9     [SwaggerResponse(HttpStatusCode.Created, Type = typeof(ScheduleModel))]
10    [SwaggerResponse(HttpStatusCode.BadRequest)]
11    [Route("")]
12    [HttpPost]
13    public async Task<IHttpActionResult> CreateSchedule(ScheduleModel schedule)
14    {
15        if (ModelState.IsValid && !schedule.UserId.Equals(this.CurrentUserId))
16        {
17            ModelState.AddModelError("UserId", "You can only create schedules for
               yourself");
18        }
19        if (!ModelState.IsValid)

```

⁸DYKSTRA: Getting Started with Entity Framework 6 Code First using MVC 5.

⁹KURTZ/WORTMAN: ASP.NET Web API 2: Building a REST Service from Start to Finish, S. 2ff.

```
20     {
21         return BadRequest(ModelState);
22     }
23
24     var datamodel = this.TheModelFactory.CreateModel(schedule);
25     await this.AppRepository.Schedules.AddAsync(datamodel);
26     var result = this.TheModelFactory.CreateViewModel(datamodel);
27     return CreatedAtRoute("GetScheduleById", new { id = schedule.Id },
28         result);
29 }
```

Quelltext 6.3: POST-Methode zur Erstellung eines Trainingsplans

Hierbei fällt sofort auf, dass das WebApi-Framework die Nutzung von Annotationen fördert: Das Routing kann durch die Annotationen *Route* (Zeile 11) an der Methode und *RoutePrefix* (Zeile 5) am gesamten Controller konfiguriert werden. Neben der Konfiguration der Route muss dem Framework noch mitgeteilt werden, welche HTTP-Verben in dieser Methode zulässig sind. Das WebApi-Framework bietet hierfür pro Verb eine eigene Annotation. Im Codebeispiel 6.3 wird über die Annotation *HttpPost* (Zeile 12) ausgesagt, dass nur POST-Request durch diese Methode verarbeitet werden¹⁰. Das Framework versucht die empfangenen Daten in einem ViewModel-Objekt zu kapseln und anschließend zu validieren. Die dafür genutzten Validatoren werden direkt im View-Model als Annotationen angegeben.¹¹ Die Klasse *EntryModel* (Beispiel 6.4) zeigt die Möglichkeit in Zeile 7 und 11.

Schlägt die Validierung fehl, werden die Fehler mit dem passenden Statuscode zurückgegeben. Andernfalls werden die Daten per **Factory! (Factory!)**-Klasse in ein Model konvertiert und per **Repository! (Repository!)**-Klasse in der Datenbank persistiert. Anschließend wird dem ViewModel, im Sinne des REST-Gedankens, ein URL zur GET-Methode mit der ID des neu erstellten Objekts übergeben.

```
1 namespace fIT.WebApi.Models
2 {
3     // Defines one entry from the server
4     public class EntryModel<T>
```

¹⁰WASSON: Attribute Routing in ASP.NET Web API 2.

¹¹DERS.: Model Validation in ASP.NET Web API.

```

5      {
6          // Id of an entity
7          [Required(ErrorMessageResourceName = "Error_Required",
8              ErrorMessageResourceType = typeof(Resources))]
9          public T Id { get; set; }
10
11         // Name of an Entity
12         [Required(ErrorMessageResourceName = "Error_Required",
13             ErrorMessageResourceType = typeof(Resources))]
14         public string Name { get; set; }
15
16         // Url to receive this entity
17         public string Url { get; set; }
18     }
19 }

```

Quelltext 6.4: Basis-Model-Klasse

Swagger

Da die WebApi parallel zu Clients entwickelt wurde, wurde schnell die Notwendigkeit einer Dokumentation des aktuellen Stands klar.

Aus diesem Grund wurde *Swagger* in die WebApi integriert. *Swagger* ist ein quelloffenes Framework zur Dokumentation von RESTful WebApis, welche von vielen großen Konzernen genutzt wird¹². Durch Nutzung des **NuGet! (NuGet!)**-Packets *Swashbuckle* konnte durch hinzufügen von Kommentaren und Annotationen eine vollständige und übersichtliche Dokumentation erstellt werden¹³.

Da das Authorisierungsprotokoll OAuth in Version 2 (kurz: **OAuth2**) zum Durchführungszeitpunkt des Projekts noch nicht von *Swagger* unterstützt wird, kann das Ausführen von API-Request aus *Swagger* heraus nur für Methoden durchgeführt werden, für die keine Autorisierung des Nutzers benötigt wird.

Die Dokumentation ist unter <http://fit-bachelor.azurewebsites.net/swagger> aufrufbar.

¹²SWAGGER: Swagger.

¹³JOUDEH: ASP.NET Web API Documentation using Swagger.

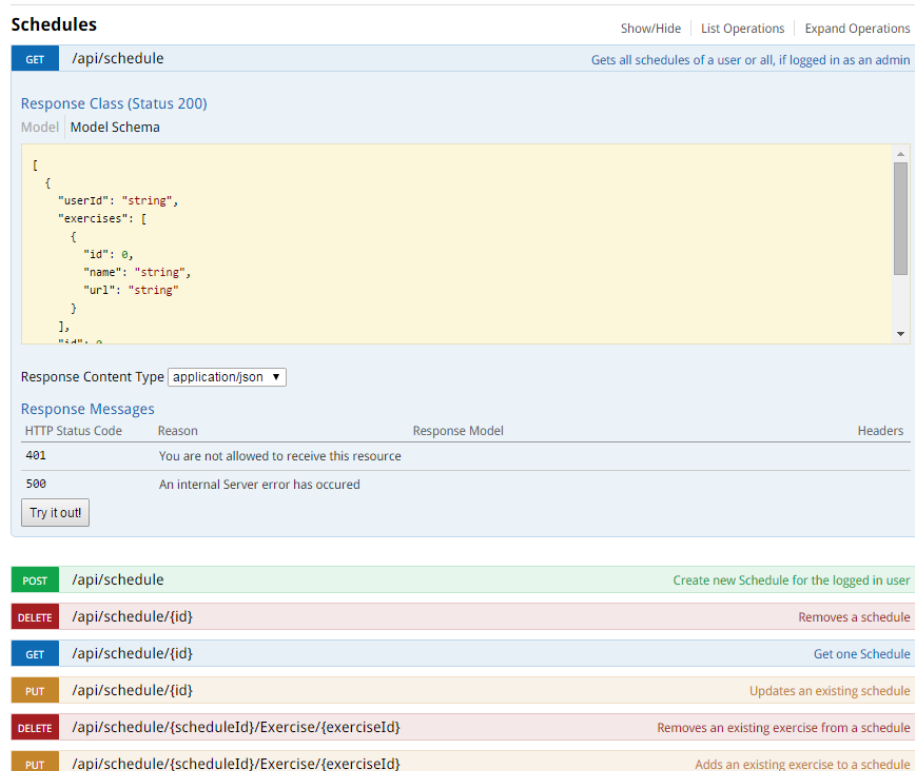


Abbildung 6.1.: Screenshot: Swagger UI der Web Api

6.3. Authentifizierung & Autorisierung

Wie bereits in Kapitel 4.4 beschrieben, darf nicht jeder Nutzer auf alle Daten zugreifen. Um dies zu bewerkstelligen, wurde ein Login-Mechanismus implementiert, welcher bekannte Nutzer authentifiziert. Da jedoch nicht alle authentifizierten Nutzer alle bereitgestellten WebApi-Methoden benutzen dürfen wurden auf Basis des **Role-Based Access Models! (Role-Based Access Models!)** Rollen implementiert, welche den Nutzer zur Nutzung verschiedener Aufrufe autorisieren. Zur Umsetzung dieser Anforderungen wurde das Protokoll *OAuth2* implementiert.¹⁴

6.3.1. OAuth2

OAuth2 ist ein Protokoll zur Authentifikation und zur Delegation von Zugriffsrollen. Die Struktur von OAuth2 kennt vier Instanzen, welche diesem Vorgang miteinander

¹⁴JOUDEH: Token Based Authentication using ASP.NET Web API 2, Owin, and Identity.

kommunizieren, nämlich Client, Resource Owner, Authorization Owner und Resource Server.¹⁵

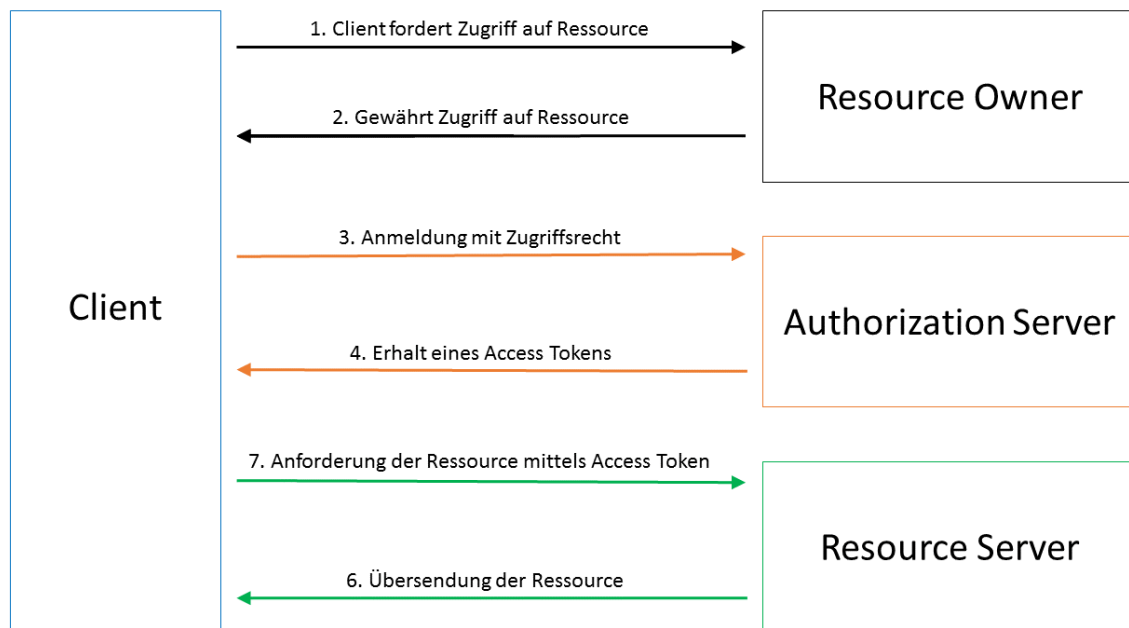


Abbildung 6.2.: Ressourcenzugriff durch OAuth2

Client

Der *Client* ist ein Endpunkt, welcher eine Ressource (beispielsweise Trainingspläne) abrufen möchte. In unseren Fall ist das die Web- oder die native App. Diese kommunizieren jeweils mit den anderen Instanzen.

Resource Owner

Der *Resource Owner* ist, wie der Name schon sagt, der Besitzer der geforderten Ressource. Der *Client* erfragt im ersten Schritt beim *Resource Owner* den Zugriff zu einer Ressource.

Im diesem Projekt registriert sich der Nutzer an der WebApi. Anschließend kann er

¹⁵STEYER/SOFTIC: Angular JS: Moderne Webanwendungen und Single Page Applications mit JavaScript, S. 286.

unter seinem Account Daten (Trainingspläne und Trainings) anlegen. Diese angelegten Daten sind die geforderten Ressourcen. Da diese vom Nutzer selbst angelegt wurden, erhält er automatisch die Erlaubnis (**Grant! (Grant!)**) zur Anfrage am *Authorization Server*¹⁶.

Authorization Server

Der Nutzer meldet sich nun mit der erhaltenen Erlaubnis am *Authorization Server* an. Dieser hat Kenntnis über alle vorhandenen Nutzer und deren Rollen¹⁷. Bei erfolgreicher Anmeldung erhält der Nutzer ein kurzlebiges *Access-Token*, dem Typen des Access-Tokens, dessen Ablaufdatum und ein langlebiges *Refresh-Token*. Das Access-Token wird im nächsten Schritt benutzt, um die gewünschte Ressource anzufordern. Das *Refresh-Token* wird benutzt, um ein neues *Access-Token* anzufordern. Die beiden Token-Arten werden nochmal genauer in Abschnitt 6.3.2 besprochen.¹⁸

Resource Server

Der *Resource Server* enthält die geforderten Ressourcen. Ab dieser Anfrage muss das Access-Token bei jeder Anfrage mitgesendet werden. Konkret passiert dies, indem im Header der Anfrage um den Schlüssel *authorization* erweitert wird.

Durch diese strikte Trennung dieser Instanzen ist es ohne weiteres möglich, dass unterschiedliche Systeme die jeweiligen Aufgaben übernehmen. Daraus hat sich in letzter Zeit etabliert, dass es immer häufiger **Single-Sign-On! (Single-Sign-On!)**-Szenarien implementiert werden. Dabei muss sich der Nutzer nur an einer Stelle registrieren (z.B. Bei Facebook oder Twitter). Will der Nutzer nun auf eine andere Ressource zugreifen, kann der Resource-Server ein Access-Token vom Facebook-Authorisierungsserver akzeptieren. Dies hat für den Nutzer den Vorteil, dass er sich nicht bei mehreren Seiten registrieren muss, sondern jedes mal Zugriff über den Authorisierungsserver mithilfe seiner Credentials erhält.¹⁹

¹⁶JOUDEH: Implement OAuth JSON Web Tokens Authentication in ASP.NET Web API and Identity 2.1.

¹⁷DERS.: ASP.NET Identity 2.1 Roles Based Authorization with ASP.NET Web API.

¹⁸STEYER/SOFTIC: Angular JS: Moderne Webanwendungen und Single Page Applications mit JavaScript, S. 287.

¹⁹Ebd., S. 294.

6.3.2. JWT and Bearer Token

Sowohl das Access-Token als auch das Refresh-Token sind JWTs (JSON Web Tokens). Das sind codierte und meistens auch signierte Repräsentationen von Daten. Zur genaueren Betrachtung des Aufbaus, wird folgend ein Access-Token näher beschrieben. Es besteht aus 3 Teilen²⁰, welche jeweils als **base64!** (**base64!**)-String codiert wurden und mit einem Punkt getrennt sind. Die Bestandteile sind:

- **Header**

Hier wird der Typ des Tokens und der Algorithmus, welcher für die Verschlüsselung benutzt wurde, angegeben.

- **Payload**

Die zu übermittelnden Daten werden als JSON-Objekt bereitgestellt. Das Objekt enthält sowohl die Informationen für die Kommunikation, wie beispielsweise den Nutzernamen und Rollen, als auch Meta-Daten über das Token (z.B. das Ablaufdatum).

- **Signatur**

Damit gewährleistet ist, dass die Daten unverändert wurden, werden Sie mit einem Client-Secret verschlüsselt. Dies bedeutet aber auch, dass der Server jeden Client kennen muss, welcher sich beim *Authorization Server* anmelden will.

Da es sich bei diesem Projekt um einen Prototypen handelt, wurde die Implementierung der Client-Verwaltung nicht durchgeführt, da es für den Ablauf nicht zwingend benötigt wird. Der Server lässt alle gültigen Access-Token und alle bekannten Refresh-Tokens zu. Im produktiven Einsatz müsste diese Komponente dringend nachträglich implementiert werden, da sonst eine Sicherheitslücke entsteht.²¹

Wie bereits im Abschnitt zum *Authorization Server* (siehe 6.3.1) beschrieben, wird für das *Access-Token* eine recht kurze- und für das *Refresh-Token* eine sehr lange Lebenszeit gewählt. Dies hat zwei Vorteile:

Das Access-Token wird bei Request an den Server mitgesendet. Sollte das Token von Dritten abgefangen werden, können diese nur für kurze Zeit im Namen des

²⁰Ebd., S. 289.

²¹ATLASSIAN: Understanding JWT.

Nutzers Aktionen durchführen. Das Abgreifen eines solchen Tokens wird im produktiven Gebrauch durch zusätzliche Sicherheitsmaßnahmen, wie die Nutzung von **HTTPS!** (**HTTPS!**) erschwert.

Da das Refresh-Token nur zum Erneuern des Access-Tokens benutzt wird, ist die Gefahr, dass es abgefangen wird wesentlich geringer, wodurch die lange Lebensdauer vertretbar ist.

Außerdem bleiben durch die kurze Lebensdauer des Access-Tokens die Daten immer aktuell. Sollte sich an den Daten des Nutzers etwas ändern (z.B. wird eine Rolle hinzugefügt oder entzogen) wird diese Änderungen beim nächsten Abrufen eines Access-Tokens in die Payload codiert²². Somit ist immer gewährleistet, dass der Nutzer nur die Funktionalität nutzt, für die er auch autorisiert ist.

6.3.3. Zugriff per CORS

Im letzten Abschnitt wurden Maßnahmen beschrieben, damit nur autorisierte Nutzer an geschützte Daten herankommen. Mit Cross-origin resource sharing (CORS) wird ein weiterer Mechanismus vorgestellt, welcher den Zugriff auf die Daten per **Ajax!** (**Ajax!**) beschränkt.

Um den Nutzer davor zu schützen, dass eine Webseite im Hintergrund Daten von anderen Quellen nachläd, ist in jedem Browser eine **Same-Origin-Policy!** (**Same-Origin-Policy!**) implementiert. Diese besagt, dass nur Daten aus der gleichen Domäne, aus der der AJAX-Aufruf abgesetzt wurde, abgerufen werden dürfen.

Da es trotzdem häufig nötig ist, auf fremden Domains zuzugreifen, wurden schnell Workarounds wie das Vorgehensmodell **JSONP!** (**JSONP!**) eingeführt. Da diese jedoch von vielen Entwicklern als unelegant empfunden wurden²³, wurde mit CORS ein standardisierter Weg entwickelt, um Daten von fremden Domains abzurufen. Hierbei wird beim Server eine Liste an gültigen Domains für eine Cross-Domain-Anfrage hinterlegt.

Soll nun vom Browser eine Anfrage an den Server gesendet werden, wird über das HTTP Verb unterschieden, ob durch diese Anfrage eine Server-Datum verändert wird. Dies geschieht bei PUT, DELETE und POST, wobei letzteres eine Ausnahme bildet.

²²JOUDEH: Enable OAuth Refresh Tokens in AngularJS App using ASP .NET Web API 2, and Owin.

²³STEYER/SOFTIC: Angular JS: Moderne Webanwendungen und Single Page Applications mit JavaScript, S. 102.

Werden per POST Daten in einem Format übermittelt, welches beim Absenden eines Formulars genutzt wird (z.B. `application/x-www-form-urlencoded`), wird die Anfrage wie ein nicht-ändernder Aufruf behandelt.

Wenn nun eine Daten-Änderung im Sinne von CORS durch den Aufruf angestoßen wurde oder wenn der Aufruf zusätzliche Schlüssel im Header enthält, wird vor der Ausführung ein **Preflight!** (**Preflight!**) gesendet. Dies ist eine OPTIONS-Anfrage, welche genutzt wird, um die Durchführung der bevorstehenden Anfrage zu validieren. Enthält die Antwort im Header nicht den Schlüssel *Access-Control-Allow-Origin* mit der aufrufenden Domäne, wird vom Browser ein Fehler erzeugt. Andernfalls wird die Abfrage an den Server gesendet²⁴. Dadurch ist gewährleistet, dass nur berechtigte Clients anfragen an den Server senden. Es wurde auf weitere Implementierung von **Polyfills!** (**Polyfills!**) verzichtet, da CORS bereits in allen modernen Browsern genutzt werden kann²⁵.

6.4. Testen der Funktionalität

Die erwartete Funktionsweise des Servers ist Grundvoraussetzung für die Umsetzung der Clients. Um diese zu bewerkstelligen wurde die *ManagementApi* entwickelt. Dies ist ein portable DLL, welche alle Anfragen an den Server in Methoden kapselt. Hierbei wurde bei der Erstellung der DLL darauf geachtet, dass sie sowohl in klassischen Testprojekten als auch zur Umsetzung der nativen App genutzt werden kann. Hierbei wurde darauf geachtet, dass alle Methode asynchron aufrufbar sind. Die so erzeugten Methoden iterative entwickelt und direkt getestet. Hierbei wurden zur Verifikation der Funktionalität ausschließlich Positivtests erstellt. So war sichergestellt, dass jede Methode der *ManagementApi* die gewünschten Änderungen auf dem Webservice durchführt.

Der nachfolgende Codeausschnitt zeigt beispielhaft die Entwicklung eines Testfalls:

```
1 [TestMethod]
2 public void UpdateCurrentUserData()
3 {
4     const string NEWNAME = "TestUser";
```

²⁴Ebd., S. 102.

²⁵CANIUSE.COM: Can I Use: Cross-Origin Resource Sharing.

```
5
6  using (var service = new ManagementService(ServiceUrl))
7  using (IManagementSession session = service.LoginAsync(USERNAME,
    PASSWORD).Result)
8  {
9      var data = session.Users.GetUserDataAsync().Result;
10     Assert.AreEqual(USERNAME, data.UserName);
11
12     try
13     {
14         data.UserName = NEWNAME;
15         session.Users.UpdateUserDataAsync(data).Wait();
16
17         data = session.Users.GetUserDataAsync().Result;
18         Assert.AreEqual(NEWNAME, data.UserName);
19     }
20     finally
21     {
22         data.UserName = USERNAME;
23         session.Users.UpdateUserDataAsync(data).Wait();
24     }
25 }
26 }
```

Quelltext 6.5: Implementierung des Tests 'Nutzer kann eigene Daten anpassen'

Dadurch, dass sowohl der `ManagementService` als auch die `ManagementSession` das Interface `IDisposable` implementieren, kann für jeden Test unabhängig eine neue Session erstellt werden, in der der Test läuft. Ist der `using`-Block vollständig durchlaufen, wird die `Dispose`-Methode aufgerufen, welche die verwendeten Ressourcen wieder freigibt (siehe Zeile 6f.).

7. Realisierung der clientseitigen Implementierung als native App

Dieses Kapitel widmet sich der Implementierung der nativen Applikation. Im Kapitel 4 wurde eine grobe Übersicht zu der Umsetzung und der Funktionsweise dieser **App!** (**App!**) gegeben, die nun verfeinert wird. Dabei werden folgend die verwendeten Komponenten und Techniken erläutert und die Zusammenhänge zwischen den Techniken dargestellt.

7.1. Allgemeine Funktionsweise einer Android-App

Grundlegend für die Entwicklung einer Android-App ist das Wissen über die Basis des Systems, auf dem entwickelt wird. Bei dem Betriebssystem **Android!** (**Android!**) handelt es sich um eine Art eines **monolithisch!** (**monolithisch!**)en Multiuser-**Linux!** (**Linux!**)-Systems.¹ Dieses Betriebssystem stellt die Hardwaretreiber zur Verfügung und führt die Prozessorganisation, sowie die Benutzer- und Speicherverwaltung durch.² Jede Applikation wird in einem eigenen Prozess gestartet. In diesem Prozess befindet sich eine **Sandbox!** (**Sandbox!**), die eine virtuelle Maschine mit der Applikation ausführt. Die Kommunikation aus der Sandbox heraus kann nur über Schnittstellen des Betriebssystems geschehen. Diese Einschränkung sorgt für Sicherheit im System, da ein Prinzip der minimalen Rechte eingehalten wird. Demnach kann eine Applikation nur auf zugewiesene und freigegebene Ressourcen im System zugreifen. Ein weiterer Vorteil dieser internen Architektur liegt in der Robustheit des Systems. Wenn eine

¹OPEN HANDSET ALLIANCE: Application Fundamentals.

²BECKER/PANT: Android 2 - Grundlagen und Programmierung, S. 19ff.

Applikation durch Fehler terminiert, wird nur der allokierte Prozess beendet und das Betriebssystem bleibt von diesem Problem unberührt.³ Android-Applikationen werden in der Programmiersprache **Java!** (**Java!**) geschrieben, mit einem Java-**Compiler!** (**Compiler!**) kompiliert und dann von einem Cross-Assembler für die entsprechende Virtuelle Maschine (VM) aufbereitet. Das Produkt ist ein ausführbares Android Package (.apk)-Paket.⁴ Im Folgenden werden die Android-Komponenten, die für die Umsetzung relevant sind, genauer betrachtet.

7.1.1. User Interfaces

User Interfaces sind die Bildschirmseiten der Android-Applikation. Über diese Seiten wird die Benutzerinteraktion geführt. Das *User Interface* besteht aus zwei Arten von Elementen. Zum einen aus *Views*, die es ermöglichen direkte Interaktionen mit dem Benutzer zu führen. Zu nennen sind dabei *Buttons*, Textfelder und Checkboxes. Als zweites werden *View Groups* verwendet, um *Views* sowie andere *View Groups* anzuordnen.⁵

Das *User Interface Layout* ist durch eine hierarchische Struktur gekennzeichnet. Zum Anlegen einer solchen Struktur gibt es verschiedene Möglichkeiten. Zum einen kann man ein *View*-Objekt anlegen und darauf die Elemente platzieren. Aus Gründen der Performance und der Übersicht ist die Möglichkeit einer XML-Datei jedoch zielführender. Aus den Knoten der erstellten Datei werden zur Laufzeit *View*-Objekte erzeugt und angezeigt. Die erzeugten *UIs* werden unter *res/layout* im Android-Betriebssystem hinterlegt. Des Weiteren können Ressourcen in den *UIs* verwendet werden. Unter Ressourcen versteht man Elemente, die zum Verzieren von Oberflächen verwendet werden können. Darunter fallen beispielsweise Grafiken oder *Style-Sheets*, die über den jeweiligen Ressourcen-Schlüssel aufgerufen und verwendet werden.⁶

7.1.2. Activities

Activities gehören zu den App-Komponenten, da sie ein grundsätzlicher Bestandteil einer Applikation sind. Es gibt im Normalfall mehrere *Activities* in einer App.

³OPEN HANDSET ALLIANCE: System Permissions.

⁴DERS.: Application Fundamentals.

⁵BECKER/PANT: Android 2 - Grundlagen und Programmierung, S. 40f.

⁶OPEN HANDSET ALLIANCE: User Interface.

Die eigentlichen Aufgaben liegen in der Bereitstellung eines Fensters, das dann auf den *Screen*, der für die App vom Betriebssystem bereitgestellt wird, gelegt wird. Das Fenster ist im Anschluss für die Annahme von Benutzerinteraktionen bereit.⁷ Das Fenster wird mit Hilfe des Aufrufs *SetContentView()* aufgerufen. Zur Benutzerinteraktion werden dann die bereits vorgestellten *View*-Elemente verwendet. Die *Activity* ist folgend für die Verarbeitung und Auswertung der Eingaben verantwortlich.

In jeder Applikation muss es eine *MainActivity* geben, die beim Start der Applikation vom Android-Betriebssystem gestartet wird. Zudem muss eine *Activity* im *AndroidManifest* mit dem Attribut *Launcher* versehen werden, um diese dann als Einstiegspunkt in das Menü des Betriebssystems zu setzen. Dabei ist empfehlenswert, dass dieselbe *Activity* sowohl das *Main*- als auch *Launcher*-Attribut erhält.

Das Manifest liegt im Root-Ordner der App und stellt dem Betriebssystem wichtige Informationen der Applikation zur Verfügung. Dieses Manifest wird vor Ausführung der App analysiert und ausgewertet. Darin kann beispielsweise festgelegt werden, welche Komponenten oder anderen Applikationen auf entsprechende *Activities* zugreifen dürfen. Wenn eine *Activity* nicht von außerhalb der App erreichbar sein soll, sollte kein *Intent*-Filter gesetzt werden.

Da eine App normalerweise aus mehreren *Activities* besteht, müssen diese gestartet werden und untereinander kommunizieren. *Activities* starten sich gegenseitig, weshalb der Aufruf einer *Activity* aus einer anderen erfolgt. Um eine neue *Activity* starten zu können, ist ein *Intent* von Nöten.⁸ Ein *Intent* ist ein Nachrichtenobjekt innerhalb von Android, welches zur Kommunikation zwischen App-Komponenten verwendet wird. In diesem Fall zwischen zwei *Activities*. Zur Erstellung benötigt es den Namen der zu startenden Komponente, um eine Verbindung dorthin aufbauen zu können, und eine *Action*, die ausgeführt werden soll. Zudem können Daten übergeben werden, die anschließend als Datenpakete mit dem Aufruf der Komponente mitgegeben werden. Diese Daten sind dann in der gestarteten Komponente aus dem dort vorhandenen *Intent* auslesbar. Zusätzlich gibt es die Möglichkeit Aktionen vom Betriebssystem ausführen zu lassen. Beispielsweise kann man einen *Intent* mit der Aktion zum Starten des Email-Programms übergeben und die entsprechend im Betriebssystem hinterlegte Applikation zum Schreiben von Emails wird geöffnet.⁹

Eine *Activity* kann drei Stati in einem *Lifecycle* einnehmen. Zum einen kann die

⁷BECKER/PANT: Android 2 - Grundlagen und Programmierung, S. 40.

⁸Ebd., S. 135ff.

⁹OPEN HANDSET ALLIANCE: Intents and Intent Filters.

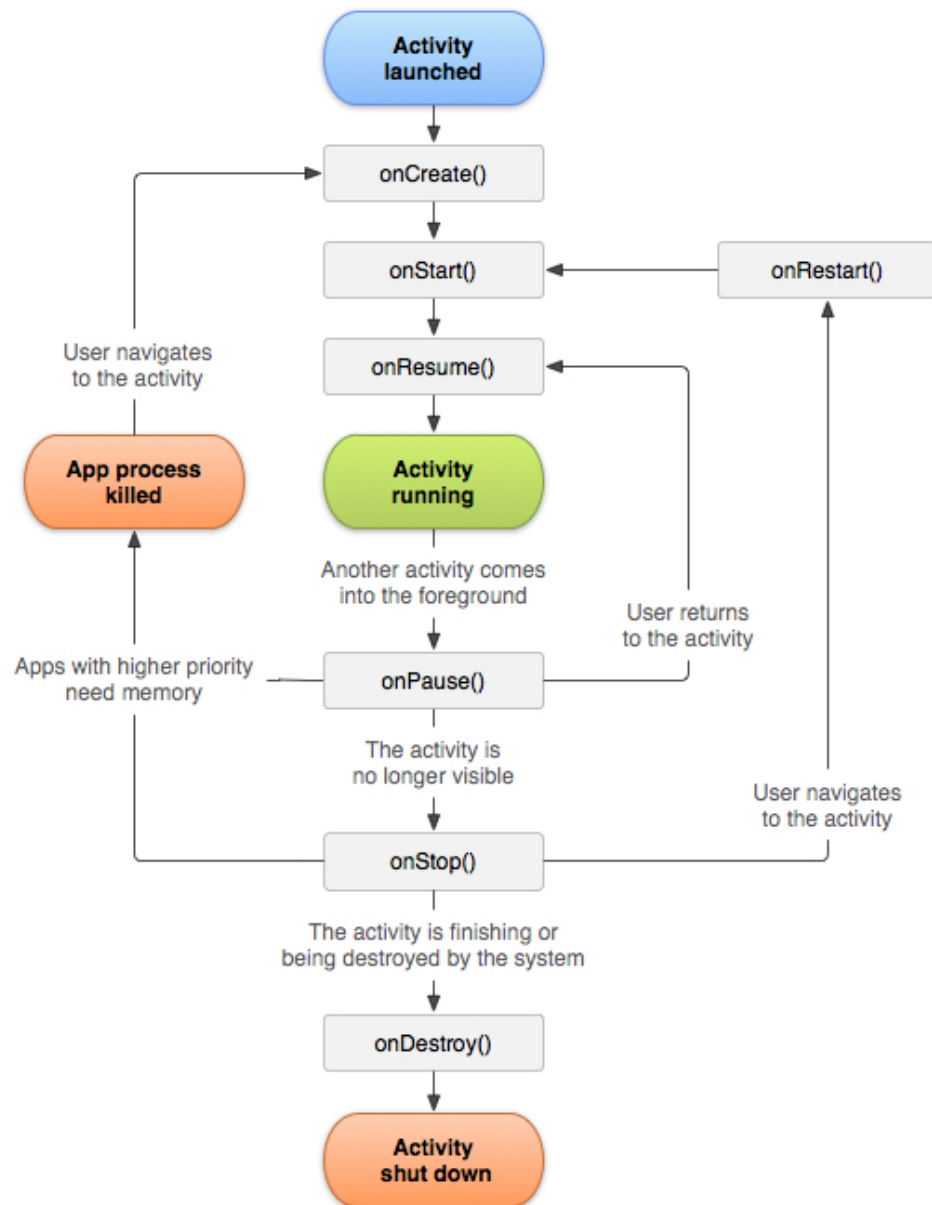


Abbildung 7.1.: Android Activity-Lifecycle

Quelle: <https://developer.android.com/guide/components/activities.html>

Activity im Status *Resumed* - oft auch *Running* genannt - sein und damit momentan im User-Fokus stehen, also im Vordergrund der App sein und die Interaktionen entgegennehmen. Des Weiteren kann eine *Activity* pausieren, wenn eine andere im User-Fokus steht. Dabei ist der *View* der betrachteten *Activity* jedoch immer noch teilweise sichtbar, da der darüberliegende *View* zu Beispiel nicht den gesamten Bildschirm in Anspruch nimmt. Anders verhält es sich, wenn der *View* der betrachteten *Activity* komplett überdeckt ist. Dann befindet sich die *Activity* nämlich im Status *Stopped*. Die Abbildung 7.1 zeigt die möglichen Übergänge zwischen den verschiedenen Stati.¹⁰

Essentiell ist die *onCreate*-Methode, in der Initialisierungen durchgeführt werden sollten und der *View* gestartet wird. Kehrt der Benutzer nach einer Bearbeitungspause zu der aktuellen *Activity* zurück, wird *onResume* ausgeführt.

Die *onStop*-Methode sollte zur Persistierung von Daten verwendet werden und die darauf folgende Methode *onDestroy* alle Aufrufe eines Destruktors enthalten.¹¹

Die Methoden sollten aus Performancegründen jedoch minimal und agil gehalten werden.

7.1.3. Services

Services sind, genauso wie *Activities*, App-Komponenten, die zu den Grundbausteinen einer Android-App gehören. *Services* unterscheiden sich jedoch hinsichtlich ihrer Aufgaben stark von *Activities*. So sind sie dazu da, Aufgaben im Hintergrund zu erledigen. Zudem besitzen sie keinen zugehörigen *View*, sondern werden von anderen App-Komponenten, wie beispielsweise einer *Activity* gestartet.¹² Sie laufen im *Main-Thread* des Prozesses der aufrufenden Komponente. Ein *Service* erstellt weder einen eigenen *Thread*, noch einen eigenen Prozess zur Abarbeitung der Aufgaben.¹³ Diese Eigenschaft der *Services* muss vom Entwickler bedacht werden. Denn daraus kann man ableiten, dass rechenintensive Aufgaben in einem explizit gestarteten *Thread* abgearbeitet werden sollten, um Fehler der Art Application Not Responding (ANR) zu vermeiden und die Benutzeroberfläche nicht unnötig zu verlangsamen. Ein Vorteil besteht jedoch darin, dass *Services* Aufgaben auch dann noch ausführen können,

¹⁰OPEN HANDSET ALLIANCE: *Activities*.

¹¹BECKER/PANT: *Android 2 - Grundlagen und Programmierung*, S. 289.

¹²Ebd., S. 163.

¹³OPEN HANDSET ALLIANCE: *Services*.

wenn die App, zu der sie gehören, geschlossen wurde. So können noch nicht abgeschlossene *Up-* oder *Downloads* noch beendet werden oder das Abspielen von Musik bei ausgeschaltetem Bildschirm fortgeführt werden.¹⁴

Bei Android wird grundsätzlich zwischen zwei Arten von *Services* unterschieden. Zum einen gibt es *Started-Services*, die durch eine App-Komponente mit dem Befehl *startService()* gestartet werden. Grundsätzlich ist dieser Aufruf uneingeschränkt von allen App-Komponenten möglich, soweit die Einstellungen im Android-Manifest diese zulassen. Weiterhin laufen *Started-Services* im Hintergrund der App weiter, auch wenn die Komponente, die den *Service* gestartet hat, zerstört oder beendet wurde. Deshalb führt diese Art des *Services* im Normalfall eine Aufgabe aus und stoppt sich anschließend nach der Fertigstellung selbst. Auf der anderen Seite gibt es *Bound-Services*, die durch einen Aufruf von *bindService()* einer anderen App-Komponente gestartet werden. In diesem Schritt verbinden sich die Komponente und der *Service* über eine Art *Client-Server Interface*, das zur Kommunikation bereitgestellt wird. Dieses *Interface* ist vom Typ *IBind* und sorgt für den Austausch von *Requests* und *Results*. Die größte Besonderheit eines *Bound-Services* besteht darin, dass der *Service* nur so lange besteht, wie mindestens eine Komponente an diesen gebunden ist. Natürlich ist es möglich, dass sich mehrere Komponenten gleichzeitig an diesen *Service* binden können. Löst sich jedoch die letzte Komponente wieder, wird der *Service* zerstört. Es gibt auch Mischformen dieser beiden *Service*-Arten, die abhängig von der zu leistenden Aufgabe gewählt werden können.¹⁵

Zum Erstellen eines *Services* muss von der Klasse *Service*, oder davon abgeleitete Klassen, geerbt werden. Danach müssen die vorgegebenen Methoden überschrieben werden, denn *Services* besitzen, genauso wie *Activities*, einen Lebenszyklus. Dabei muss jedoch wieder zwischen den beiden Arten von *Services* unterschieden werden.¹⁶

Die umrahmenden Methoden sollten, ähnlich zu den Methoden der *Activities*, für die Initialisierung und Freigabe der verwendeten Komponenten sorgen. *onStartCommand()* wird immer dann aufgerufen, wenn der *Service* wieder von einer Komponente aufgerufen wird. Dann befindet er sich im Zustand *Running* und führt die ihm zugewiesenen Aufgaben durch. Wenn der *Service* zerstört wird, sei es durch Speichermangel des *Devices*, das Beenden durch eine Komponente oder den *Service* selbst,

¹⁴BECKER/PANT: Android 2 - Grundlagen und Programmierung, S. 161f.

¹⁵OPEN HANDSET ALLIANCE: Services.

¹⁶BECKER/PANT: Android 2 - Grundlagen und Programmierung, S. 168f.

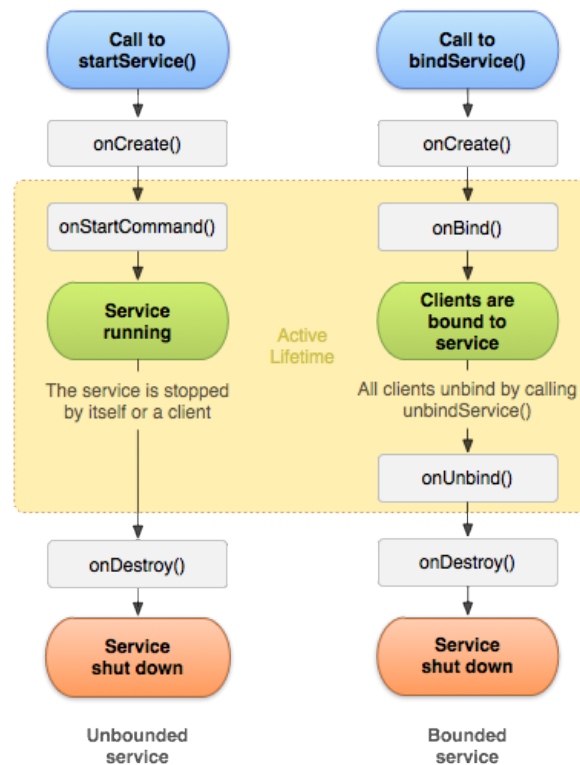


Abbildung 7.2.: Android Service-Lifecycle

Quelle: <https://developer.android.com/guide/components/services.html>

wird `OnDestroy()` ausgeführt.

Bound-Services verhalten sich sehr ähnlich zu den *Started-Services*, sind jedoch von dem Binden und Lösen von Komponenten abhängig und führen demnach die entsprechenden Methoden zur Ausführung ihrer Aktionen aus.¹⁷

7.1.4. Prozesse und Threads

Sobald eine Applikation gestartet wird, und keine Komponenten daraus bereits laufen, wird vom Android-Betriebssystem ein neuer Prozess mit einem dazugehörigen *Main-Thread* erzeugt. Standardmäßig werden alle Operationen dieser App in diesem Prozess und diesem *Thread* ausgeführt. Laufen Teile einer Applikation jedoch noch im Hintergrund, wie es bei Services möglich ist (siehe 7.1.3), und die App wird vom Benutzer erneut gestartet, so wird diese Komponente in dem noch bestehenden Prozess und *Thread* gepflegt.

¹⁷OPEN HANDSET ALLIANCE: Services.

Es gibt jedoch auch die Möglichkeit verschiedene App-Komponenten auf mehrere Prozesse zu verteilen. Dazu genügt ein Eintrag im Android-Manifest. Dadurch ist es dann auch möglich Komponenten verschiedener Applikationen in einem Prozess laufen zu lassen. Voraussetzung dafür ist, dass diese beiden Applikationen mit demselben Zertifikat generiert wurden und dieselbe Linux **user ID! (user ID!)** besitzen.¹⁸

Prozesse können aber auch durch das Betriebssystem zerstört werden, wenn die Geräte-Ressourcen sich zum Beispiel dem Ende neigen und neue freigegeben werden müssen. Hierzu gliedert Android die Prozesse in eine Hierarchie ein und beendet die Prozesse, die zum Beispiel vom Benutzer seit längerer Zeit nicht mehr verwendet wurden oder keinen direkten Kontakt zur aktuellen Anzeige besitzen.

Der angesprochene *Main-* oder auch **UI-Thread! (UI-Thread!)** beim Starten einer App, ist der Hauptakteur für die Kommunikation mit dem Betriebssystem. So werden alle Aufrufe an die Komponenten des *Android UI toolkits* über diesen *Thread* abgewickelt. Demnach müssen über diesen *Thread* alle *Callback*-Methoden von Systemeigenschaften, wie *OnClick()*, darin bearbeitet werden. Daraus ergibt sich, dass aufwendige Aufgaben, die zum Beispiel Netzwerkverbindungen verwenden, in andere *Threads* verlagert werden sollten, um dem Benutzer eine Oberfläche ohne lästige Wartezeiten zu ermöglichen. Einzige Einschränkung dabei ist, dass niemals von einem anderen *Thread* als dem *UI-Thread* auf **Android UI toolkits! (Android UI toolkits!)** zugegriffen werden darf. Diese Limitierung muss bei der Implementierung beachtet werden.¹⁹

Zum Umgehen dieser Problematik können asynchrone **Tasks! (Tasks!)** verwendet werden, die Aufgaben außerhalb des *UI-Threads* ausführen. Auf das Ergebnis dieser Ausführungen kann dann wieder zugegriffen werden. Diese Umsetzung bietet einen leichteren Umgang mit *Multithreading* für den Entwickler und genießt deshalb immer größere Beliebtheit.

7.1.5. SQLite

SQLite ist eine in sich geschlossene und serverlose **SQL! (SQL!)**-Datenbank. Sie besteht aus einer *In-Process*-Bibliothek, die es ermöglicht eine Datenbank ohne eigenen Server-Prozess zu betreiben. Dabei liegt die Datenbank mitsamt aller Tabellen, *Views* und **Trigger! (Trigger!)** in einer einzigen Datei vor. Diese Datei ist zudem so

¹⁸OPEN HANDSET ALLIANCE: Processes and Threads.

¹⁹BECKER/PANT: Android 2 - Grundlagen und Programmierung, S. 160f.

konzipiert, dass sie plattformübergreifend zwischen 32- und 64-Bit-Systemen kopiert werden kann. Weitere Vorteile von SQLite liegen in der sehr sparsamen Speicherung der Daten und der, durch die gemeinfreie Lizenz, große Unterstützung durch Drittanbieter-Programmen. So gibt es für alle gängigen mobilen Systeme eine meist schon integrierte Unterstützung von SQLite-Datenbanken. Android unterstützt diese Datenbankart als präferierte Datenhaltung.²⁰

7.2. Was ist Xamarin Platform?

Xamarin Platform ist ein Produkt der Firma Xamarin, die ihren Sitz in San Francisco hat. Diese Firma entwickelt Software für die Erstellung von nativen Apps auf Basis des *Open Source*-Projekts **Mono! (Mono!)**. Mono seinerseits hat mehrere Vorteile:

- **Popularität**

Es kann auf die Erfahrung von Millionen C# -Entwicklern zurückgegriffen werden.

- **Höhere Programmiersprache**

Es können die Vorteile von höheren Programmiersprachen verwendet werden. Zu nennen sind dabei besonders *Threading*, automatische Speicherverwaltung und **Reflection! (Reflection!)**.

- **Klassenbibliotheken**

Die Verwendung von bestehenden Klassenbibliotheken erleichtern das Umsetzen komplexer Aufgaben.

- **Cross-Platform**

Die fertiggestellte Software kann auf fast allen Systemen verwendet werden.

Damit können plattformunabhängige Programme in C# programmiert werden. Beliebtheit erlangte Mono mit dem Wunsch von Entwicklern Apps auf verschiedenen mobilen Betriebssystemen bereitstellen zu können und dabei Änderungen und die Entwicklung größtmöglich zu vereinen.²¹ Genau diese Wünsche werden mit *Xamarin Platform* erfüllt. Vorher war es immer nötig drei Applikationen für die verbreitetsten

²⁰Ebd., S. 226f.

²¹XAMARIN INC.: Cross-Platform - Application Fundamentals.

mobilen Betriebssysteme zu entwickeln. Dies bedeutete, dass die *Guidelines* der jeweiligen Systeme iOS, Android und Windows Phone analysiert und in den jeweiligen Programmiersprachen umgesetzt werden mussten.²²

7.2.1. Multiplattform-Unterstützung

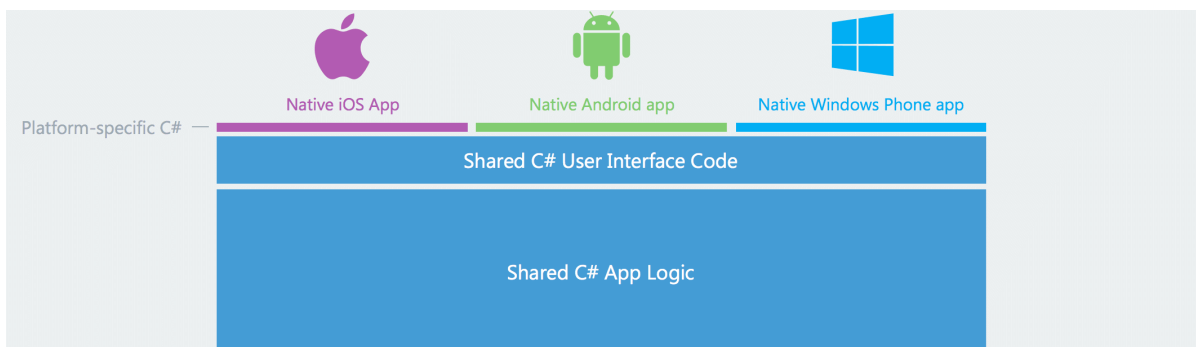


Abbildung 7.3.: Xamarin Platform

Quelle: <http://xamarin.com/platform>

Durch Xamarin Platform ist es möglich alle Funktionalitäten der gewünschten Betriebssysteme in vollem Umfang zu verwenden. Diese Tatsache liegt daran, dass erstellte Projekte in die nativen Sprachen des Systems überführt und dann normal kompiliert werden. Durch die Nutzung der Standard-Steuerelemente eines jeden Betriebssystems sorgt dafür, dass die Benutzer keinen Unterschied zu einer App erkennen können, die ausschließlich für ein Betriebssystem entwickelt wurde. Auch plattformspezifische Funktionen können verwendet werden. Zudem werden alle Vorteile der Programmiersprache C# ausgenutzt.²³ So ist der Umgang mit asynchronen Funktionen in dieser Sprache zum heutigen Stand am besten gelöst. Des Weiteren können *Shared Projects* zur Entwicklung verwendet werden, sowie Portable Class Library (PCL)s und **NuGet!**-Pakete eingebunden werden, um den Funktionsumfang schnell und einfach erweitern zu können.²⁴

²²XAMARIN INC.: Create native iOS, Android, Mac and Windows apps in C #.

²³Ebd.

²⁴DERS.: Cross-Platform - Application Fundamentals.

7.2.2. Besonderheiten der Android-Umsetzung

Bei der Entwicklung einer Android-App mit Hilfe von Xamarin Platform vereint man die Vorteile zweier Systeme. Zum einen hat man den Vorteil der freien und starken Entwicklungsumgebung Visual Studio in Kombination mit C#, zum anderen kann man alle Besonderheiten der Android-Entwicklung einbeziehen und verwenden.

So muss man am Anfang der Entwicklung auswählen, welche Android-Application Programming Interface (API) als Minimalvoraussetzung verwendet werden soll und welche Version vorrangig unterstützt werden soll. Zweifellos ist es möglich die von dem *Device* verwendete Android-Version abzufragen und dementsprechend die Funktionalität der App anzupassen. Zudem können *Java-Packages* eingebunden und verwendet werden, um bekannte Funktionen auch in C# verwenden zu können.

Eine sehr große Unterstützung ist das automatische Führen des Android-Manifestes. Dabei werden zwar nur rudimentäre Einstellungen aus der Entwicklung übernommen, aber auch diese Unterstützung ist für Neulinge auf dem Gebiet der Android-Entwicklung eine gute Beihilfe.

7.2.3. Android Emulator

Zum Testen der Android-App konnte ein Emulator verwendet werden, der in dem Xamarin-Plugin für Visual Studio bereitgestellt wurde. Damit konnten dann verschiedene Szenarien, wie Verbindungsverlust oder Speicherknappheit, nachgestellt werden. Für die App wurde das Android-API-Level 19 als Minimal-Anforderung gewählt. Das und *Target*-Level wurde auf das API-Level 21 gesetzt. Dies steht für Android 5.0 mit dem Namen Lollipop. Damit sollte eine große Abdeckung von Android-Geräten bewerkstelligt werden.²⁵

7.3. Eigene Umsetzung

Im folgenden wird auf die Umsetzung der nativen Android-Applikation mit Hilfe von Xamarin Platform eingegangen. Anfangs wurde beim Anlegen des Projektes das

²⁵DERS.: Understanding Android API Levels.

Android-API-Level, wie oben beschrieben, auf 19-21 gesetzt und die Entwicklung darauf abgestimmt.

7.3.1. Anlegen der Layouts

Es müssen verschiedene Oberflächen angelegt werden. Darunter sind Login-Fenster, Übersichtsseiten, die die Trainingspläne und Übungen anzeigen, und eine Seite zum Eintragen von Trainingsdaten.

Beim Aufbau der Oberflächen sind die Schritte eindeutig identifizierbar, da diese Prozedur für alle *Layouts* gleich abgehandelt werden sollte.

Zuerst wird ein *Layout* angelegt und die Bedienelemente (*Widgets*) darauf angeordnet. Dazu kann man *ViewGroups* zur Gruppierung verwenden und die Ausrichtung auf dem Fenster wird mit Hilfe von *Layouts* möglich.²⁶

Probleme entstanden dabei jedoch nur manchmal bei der Ausrichtung von *Widget*-Elementen, die aber zügig gelöst werden konnten.

Des Weiteren muss für die Oberfläche dann eine dazugehörige *Activity* angelegt werden, die das Fenster aufruft und die Interaktionen hinter den *Buttons* ausführt.

Zum Anzeigen der Login- und Registrieren-Oberflächen wurden Dialoge verwendet, um dem Benutzer zu zeigen, dass sich die Interaktion zum Anmelden vor dem Zugang zu der eigentlichen Applikation vollzogen werden muss.

Auf der Seite zur Registrierung sollen Daten über den Fitnesszustand, das Geschlecht und die körperliche Betätigung aus einer Auswahl wählbar sein. Dazu sollten dementsprechend *Spinner*, scrollbare Auswahlfelder, verwendet werden. Dabei lag die Schwierigkeit jedoch in der Belegung mit den auswählbaren Werten. Diese mussten zuerst eingesetzt und dann nach der Übergabe an die *Activity* wieder zurückformatiert werden. Es werden von der Oberfläche nämlich nur *Strings* übergeben. Zur Aufnahme der Daten Geschlecht, Job und Beruf gibt es vorher definierte Daten für die Eingabe auf dem Server. Dabei hat sich anfangs die Schwierigkeit ergeben, dass die *Spinner*, die scrollbaren Auswahlfelder, mit den festgelegten Daten besetzt und dann in dem entsprechenden Datentypen wieder ausgelesen werden müssen. Die Belegung der *Spinner* erfolgt über einen typisierten *ArrayAdapter*, der die Werte des übergebenen *Enums* ausgibt. Das Einlesen des ausgewählten Wertes wird über jeweils eine ausgelagerte Funktion geregelt, die die Auswahl, die als *String* erhalten wird, in den

²⁶BECKER/PANT: Android 2 - Grundlagen und Programmierung, Vgl. S. 58ff.

jeweiligen Typ überführt. Anhand der erhaltenen *ServerException* wird dann ausgegeben, welche Eingabe für die Registrierung falsch eingegeben wurde. Dies ist auch einer der Gründe, weshalb die Registrierung nur im Online-Modus der App unterstützt wird. Zudem muss der Server überprüfen, ob der Benutzername verwendet werden kann.

Nach erfolgreicher Registrierung verschwindet der Dialog wieder und die Konnektivitätsanzeige der Startseite wird mit dem aktuellen Status belegt. Dies geschieht nicht beim Statuswechsel, da dies mit der Architektur der Online-Status-Abfrage in Verbindung steht. Diese wird in einem eigenen *Thread* durchgeführt und dieser kann keine Änderungen an der Oberfläche vornehmen. Eine Verbesserungsmöglichkeit wäre deshalb ein Aufruf in dem Abfrage-*Thread*, der dann auf dem *UI-Thread* ausgeführt wird. Dann würde die Anzeige immer direkt beim Statuswechsel aktualisiert werden. Beim Login wird die Kombination *Username* und Passwort beim *OnOffServiceLocal* abgefragt, wenn der *Login-Button* betätigt wird. Bei einer ungültigen Eingabe wird ein Hinweis an dem Feld des Passwortes angezeigt, der angibt, dass die Login-Daten falsch sind und eine erneute Eingabe erforderlich ist. Aus sicherheitstechnischen Gründen wird nicht angegeben, ob der Benutzername schon nicht in der Datenbank vorhanden ist, oder, ob nur die Kombination fehlerhaft ist. Nach einer validen Eingabe verschwindet der Login-Dialog und es folgt eine Weiterleitung zu den Trainingsplänen des nun eingeloggtten Benutzers.

Die Darstellung der Trainingspläne und der zugehörigen Übungen auf einer folgenden Seite sind technologisch gesehen gleich. Einzig die Beziehung der zu ladenden Daten und die übergebenen Werte ändern sich. Es soll eine Auflistung der Daten geschehen, die es ermöglicht durch einen Druck auf ein Listefeld zur nächsten Seite weiterleiten kann. Als herausfordernd hat sich dabei das Belegen der *ListView* zur Anzeige der tabellarischen Daten und die Weitergabe der *ScheduleId* und der *UserId* herausgestellt. Die *ScheduleId* und die *UserId* werden benötigt, um die Übungen zu einem Trainingsplan herauszufinden. Aber zuerst wurde die Erstellung der *ListView* gelöst. Dafür sind ein *ScheduleListViewAdapter* und ein *ScheduleView* von Nöten. Der *ListViewAdapter* erweitert die Klasse *BaseAdapter* und gibt bei einem Klick die Position des Elements im *Array* der Trainingspläne zurück. Das unsichtbare Feld *txt-ScheduleViewID* im *ScheduleView* ist notwendig, um dieses bei einem Klick auslesen zu können und dann an die folgende Übersichtsseite der Übungen übergeben zu können.

Zur Übergabe der *UserId* und der *ScheduleId* an die *ExerciseActivity* wurde zuerst

vergeblich versucht diese im Aufruf der *ExerciseActivity* mit zu übergeben. Diese Möglichkeit hat sich im Nachhinein als Fehler herausgestellt und eine weitere Einarbeitung in die vorherig erläuterten *Intents* (siehe Kapitel 7.1.2) durchgeführt. Danach setzte sich die Umsetzung dahingehend fort, dass die Funktion *PutExtra()* des *Intents* dazu genutzt wurde, Daten zu übertragen. In der *ExerciseActivity* werden diese dann wieder ausgelesen und weiterverwendet. Beide Werte sind essentiell, um die Übungen des angemeldeten Benutzers zu seinem ausgewählten Trainingsplan zu erhalten.

```
1  /// <summary>
2  /// Clickevent auf ein Element des ListViews
3  /// Geht zu dem ausgewählten Training
4  /// </summary>
5  /// <param name="sender"></param>
6  /// <param name="e"></param>
7  private void lv_ItemClick(object sender, AdapterView.ItemClickEventArgs e)
8  {
9      string selectedExerciseName = exercises[e.Position].Name.ToString();
10     int exerciseId = Integer.ParseInt(exercises[e.Position].Id.ToString());
11     string selectedExerciseDescription =
12         exercises[e.Position].Description.ToString();
13
14     var practiceActivity = new Intent(this, typeof(PracticeActivity));
15     practiceActivity.PutExtra("Exercise", exerciseId);
16     practiceActivity.PutExtra("Schedule", scheduleId);
17     practiceActivity.PutExtra("User", userId);
18     StartActivity(practiceActivity);
19 }
```

Quelltext 7.1: Übertragen von Daten zwischen Activities

Bei der Übergabe der Daten an die *PracticeActivity* wird zudem noch die *ExerciseId* übertragen, um alle nötigen Fremdschlüssel für das Anlegen des Trainings zu besitzen.

Eine Anmerkung zu der Übergabe der *UserId*: Diese muss über die *Activities* übertragen werden und kann nicht einfach aus der aktuellen *UserSession* des Benutzers gelesen werden, da man davon ausgehen muss, dass sich der Benutzer auch offline

einloggen kann. Demnach hat man im Online-Modus zwei Möglichkeiten die Id des Users zu erhalten, im Offline-Modus hingegen ist dies die einzige Lösung.

```
1 private async void bt_ItemClick(object sender, EventArgs e)
2 {
3     try
4     {
5         scheduleId = Intent.GetIntExtra("Schedule", 0);
6         exerciseId = Intent.GetIntExtra("Exercise", 0);
7         userId = Intent.GetStringExtra("User");
8         double weight = Double.Parse(txtWeight.Text);
9         int repetitions = Java.Lang.Integer.ParseInt(txtRepetitions.Text);
10        int numberOfRepetitions =
11            Java.Lang.Integer.ParseInt(txtNumberOfRepetitions.Text);
12
13        bool result = await ooService.createPracticeAsync(scheduleId,
14            exerciseId, userId, DateTime.Now, weight, repetitions,
15            numberOfRepetitions);
16
17        if(result)
18        {
19            //Zurueck zu der Uebungsseite
20            OnBackPressed();
21        }
22        else
23        {
24            new AlertDialog.Builder(this)
25                .SetMessage("Anlegen ist schiefgegangen")
26                .SetTitle("Error")
27                .Show();
28        }
29    }
30    catch (ServerException ex){[...]}
31    catch (FormatException exc){[...]}
32    catch (Exception exce){[...]}
33 }
```

Quelltext 7.2: Auslesen von Daten zwischen Activities

Wie im Codebeispiel 7.2 ersichtlich, kann man die übergebenen Informationen zwischen *Activities* aus dem *Intent* auslesen. Zudem kann man erkennen, dass man dank Xamarin das *Parsen* einer *Integer*-Zahl über eine *Java*-Funktion durchführen kann.

Im folgenden Kapitel wird dann auf den noch unbekannten Aufruf des *ooService*-Objekts eingegangen.

7.3.2. OnOffService

Dieser *OnOffService* ist die Schicht zum verteilen der An- und Abfragen, abhängig von dem Verbindungsstatus. Demnach werden immer Methoden dieser Klasse von den *Activities* aufgerufen, wenn Daten abgerufen oder abgelegt werden sollen. Dann wird in der Methode eine Unterscheidung gemacht, ob das *Device* gerade online oder offline ist und dementsprechend die Interaktion mit der lokalen Datenbank (siehe Kapitel 7.3.3) oder dem Server durchgeführt. Zudem wird dabei immer die Konvertierung verschiedener Typen durchgeführt, die durch die Architektur nötig wurden.

```
1 public async Task<Guid> SignIn(string username, string password)
2 {
3     User user = new FITNat.DBModels.User();
4     Guid userId;
5     user.Username = username;
6     user.Password = password;
7     if (Online)
8     {
9         try
10        {
11            bool success = await mgnService.SignIn(username, password);
12            if (success)
13            {
14                userId = mgnService.actualSession().CurrentUserId;
15                user.UserId = userId.ToString();
16                if (db != null)
```

```
17         {
18             db.insertUpdateUser(user);
19         }
20         return userId;
21     }
22 }
23 catch(ServerException ex){[...]throw;}
24 catch(Exception exc){[...]}
```

```
25 return new Guid();
26 }
27 else
28 {
29     try
30     {
31         //Lokal nachgucken
32         Guid result = db.findUser(username, password);
33         if (result != null)
34             return result;
35     }
36     catch(Exception exc){[...]throw;}
37     return new Guid();
38 }
39 }
```

Quelltext 7.3: Login über den *OnOffService*

In diesem Codebeispiel kann man die Umsetzung dieser Aufgabe an Hand des Logins erkennen. Zum Aufbau der lokalen Datenhaltung wird in diesem Schritt schon der User, der sich gerade einloggt, mit der *UserId* gespeichert. Die *Exceptions* werden bewusst nicht alle in diesem Schritt behandelt, um die aufrufende *Activity* mit der originalen Fehlermeldung des Servers versorgen zu können und den Fehler dann in der Oberfläche darstellen zu können.

Alle Methoden der Klasse *OnOffService* sind asynchron. Das liegt zum einen an den asynchronen Aufrufen, die an den Server gestellt werden. Es würde die Performancevorteile verspielen, wenn man diese asynchronen Methoden dann beim Serverabruf synchron verwenden würde. Auf der anderen Seite sollten dadurch die Performancevorteile der Asynchronität in diese App übernommen werden. Auch wenn dabei noch

Verbesserungen in der App vorgenommen werden können, um die Ressourcen des Gerätes optimal auszunutzen. Unter Verwendung eines eigenen *Threads* zum Abarbeiten der Server-Anfragen könnten weitere Leistungssteigerungen erreicht werden. Dabei wurde dann aber der Aufwand und die Probleme der *Thread*-Synchronisierung als ein für diese Arbeit zu großer Aufwand geschätzt. Besonders, da die Server-Methoden größtenteils Rückgabewerte liefern, die für die Weiterverarbeitung essentiell sind. Möglich wäre diese Optimierung mit einem startenden *Thread* in den Server-Aufrufen, die dann neben dem *UI-Thread* laufen und bei Fertigstellung die benötigten Daten wieder in den startenden *Thread* übertragen. Damit würde man eventuelle Latenzen der Oberfläche minimieren oder sogar vollständig verhindern.

7.3.3. Lokale Datenbank

Technologisch wird eine SQLite-Datenbank aus den bereits in Kapitel 7.1.5 erläuterten Vorteilen genutzt.

Die lokale Datenbank dieser App wird für die Umsetzung des *Caches* (siehe Kapitel 7.3.6) benötigt. Darin werden die lokalen Daten gespeichert und mit dem Server abgeglichen. Die Erstellung der Datenbank findet beim Start des *OnOffServices* statt. Zur Verbesserung der Leistung wird die Erstellung in einem separaten Thread durchgeführt, da kein Rückgabewert erwartet wird und der *Main-Thread* so entlastet wird. Die zur Erstellung der Server-Datenbank verwendeten Models konnten in diesem Zusammenhang nicht verwendet werden, da die Annotation der OR-Mapper nicht äquivalent sind. Des Weiteren ist es nicht möglich Fremdschlüssel in SQLite zu deklarieren. Diese wurden nun programmatisch oder über Beziehungstabellen gepflegt. Daraus ergibt sich eine Verbesserungsmöglichkeit für eine neue Version der Applikation. Als hilfreich könnte sich dabei eine *SQLite-Extension* herausstellen, die der Datenbank dann einen größeren Funktionsumfang schenken und die Anzahl der direkten SQL-Befehle minimieren würde. Diese wurde testweise eingepflegt, funktionierte aber nicht erwartungsgemäß.²⁷

```
1 [Table("User")]
2 public class User
```

²⁷TWINCODERS: SQLite-Net Extensions.

```

3 {
4     [PrimaryKey, AutoIncrement]
5     public int LocalId { get; set; }
6     public bool wasOffline { get; set; }
7     public string UserId { get; set; }
8     public string Username { get; set; }
9     public string Password { get; set; }
10    public override string ToString()
11    {
12        return string.Format("[User: LocalId={0}, UserId={1}, Username={2},
13                               Password={3}]", LocalId, UserId, Username, Password);
14    }
15 }

```

Quelltext 7.4: *UserModel* für die lokale Datenbank

Der lokale *User* (Quelltext 7.4) besitzt eine lokale Id als *PrimaryKey* zur Identifizierung. Geplant war im Vorfeld jedoch eine Kombination aus *wasOffline LocalId*. Da SQLite jedoch keinen *PrimaryKey* aus zwei Attributen unterstützt, musste dieser Plan verworfen werden. Die gespeicherte *UserId* ist der Guid vom Server, der als *Session-Ersatz* gehalten wird. Die anderen benötigten Tabellen werden nach diesem Muster auch erstellt.

Die Interaktion mit der lokalen Datenbank wird synchron durchgeführt, da die asynchrone Schnittstelle nicht alle benötigten Methoden zur Verfügung stellt. Beim Zugriff zur Datenbank wird auf eine Mischung aus direkten SQL-Befehlen und der Nutzung von SQLite-Methoden zurückgegriffen.²⁸ Einfache Such- oder Einfüge-Operationen werden vom *Framework* bereitgestellt, wohingegen Abfragen über die erstellten Beziehungstabellen selbst umgesetzt wurden.

7.3.4. ManagementService

Die Verbindung zum Server geschieht über das bereitgestellte *Package fIT.WebApi.Client.Portable*. Alle benötigten Funktionen werden darin bereitgestellt. Damit wird dann die Kommunikation über REST mit dem Server abgewickelt.

In der App wird der *ManagementService* zum Verbindungsaufbau verwendet. Da ein

²⁸XAMARIN INC.: Using SQLite.NET ORM, Vgl.

internes Routing über den *OnOffService* durchgeführt wird, die Verbindung zur lokalen Datenbank von der *LocalDB* gemacht wird, gibt es zur Verbindung mit dem Server den *ManagementLocalService*. Dieser *Service* arbeitet mit dem Server direkt zusammen und ist ausschließlich für das Abrufen von Daten vom Server verantwortlich. Rückgabewerte und Fehler werden meist einfach weitergereicht.

Zur Veranschaulichung ein kleiner Ausschnitt aus dem Online-Login, der veranschaulicht, wie die Kommunikation aufgebaut wird.

```
1 public static ManagementService service { get; private set; }
2
3 public async Task<bool> SignIn(string username, string password)
4 {
5     bool result = false;
6     this.username = username;
7     this.password = password;
8     try
9     {
10         session = await getSession(username, password);
11         result = true;
12     }
13     catch (ServerException e){[...]throw;}
14     catch (Exception exc){[...]}
```

Quelltext 7.5: Login am Server

7.3.5. Verbindungsprüfung zum Server

Die Verbindungsprüfung zum Server geschieht im *OnOffService*. Dafür wird eine endlose Schleife in einem eigenen *Thread* gestartet, um in einem festen Intervall (alle 10 Sekunden) einen *Ping* zum Server zu schicken und damit die Erreichbarkeit des Servers zu überprüfen. Diese Methode wird vom *ManagementService* des eingebundenen *Packages* bereitgestellt. Das Zeitintervall könnte durch Tests noch feiner eingestellt werden, um mit einem aktuelleren Status intern arbeiten zu können.


```
1 Task.Run(async () =>
2 {
3     while (true)
4     {
5         bool status = false;
6         try
7         {
8             status = await mgnServiceServer.PingAsync();
9         }
10        catch(Exception ex)
11        {
12            status = false;
13        }
14        finally
15        {
16            if (status)
17            {
18                //Online = true;
19                setzeStatus(true);
20                //vorher Offline => jetzt die Aktionen ausfuehren, die nur
                //lokal gemacht werden konnten
21                if (WasOffline)
22                {
23                    await checkSync();
24                    setzeWasOffline(false);
25                }
26            }
27            else
28            {
29                setzeStatus(false);
30                setzeWasOffline(true);
31            }
32            //Timeout 10sek.
33            System.Threading.Thread.Sleep(10000);
34        }
35    }
```

36 });

Quelltext 7.6: Verbindungsüberprüfung

Als elegante Möglichkeit zur Überprüfung, ob eine Verbindung zum Internet besteht, hätte auch eine interne Android-Funktion zur Überprüfung der *InternetConnectivity* ausgereicht. Da aber auch davon ausgegangen werden muss, dass der Server nicht erreichbar ist, die Internetverbindung jedoch noch, könnte besonders dieses Szenario dann eine Reihe von Fehlern verursachen. Deshalb wird die einfache Überprüfung mit Hilfe eines regelmäßigen Pings präferiert.

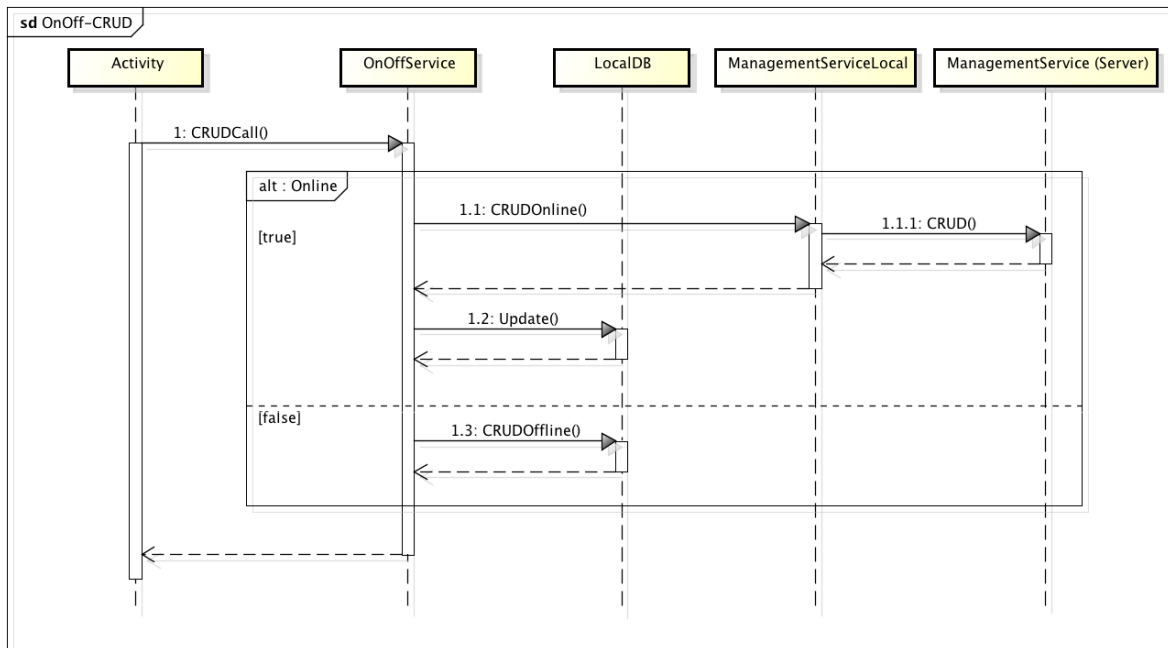
Eine Verbesserung dieses Algorithmus liegt in dem Blockieren des Pings, um den sehr unwahrscheinlichen Fall eines *Dirty Reads* auf die *Online*-Variable zu vermeiden. Da dieser Fehlerfall als unwahrscheinlich eingestuft wurde, wurde diese Umsetzung niedriger priorisiert.

7.3.6. Umsetzung des Caches

Der *Cache* ist im Fall dieser nativen App ein Zusammenschluss mehrerer im Vorfeld genannter Komponenten und Funktionen. Zum einen wird die Datenhaltung des *Caches* über die lokale Datenbank geregelt, die Verbindungsüberprüfung aus dem vorherigen Artikel wird für die Entscheidung des Verbindungsstatus verwendet. Insgesamt findet sich der *Cache* in der gesamten Logik der App wieder. So werden die Daten in der lokalen Datenbank aktualisiert, falls im Online-Modus Daten abgefragt werden. Diese werden dann mit den lokalen Daten abgeglichen und bei Bedarf geupdatet (siehe Abbildung 7.4).

Die Hauptfunktionalität und -schwierigkeit lag in dem Szenario, dass die App gerade wieder eine Verbindung zum Server aufbaut und im Vorfeld Daten im Offline-Modus gespeichert hat, die dem Server noch nicht bekannt sind. Dieser Fall ist in dem Codeausschnitt 7.6 zu sehen. Dabei wird überprüft, ob die App in dem vorherigen Intervall noch im Offline-Modus war.

```
1 private async Task checkSync()  
2 {  
3     List<Practice> offPractices = db.GetOfflinePractice();  
4     int result;  
5     if(offPractices.Count != 0)
```



powered by Astah

Abbildung 7.4.: Sequenzdiagramm CRUD

```

6      {
7          foreach (var item in offPractices)
8          {
9              try
10             {
11                 User u = db.findUser(item.UserId);
12                 result = await mgnService.recordPractice(item.ScheduleId,
13                     item.ExerciseId, item.UserId, item.Timestamp, item.Weight,
14                     item.Repetitions, item.NumberOfRepetitions, u.Username,
15                     u.Password);
16                 if (result != 0)
17                     item.Id = result;
18             }
19             catch(Exception ex){[...] break;}
20         }
21     }
22 }
  
```

Quelltext 7.7: Synchronisation der Offline-Daten

Ist dem so, wird in der lokalen Datenbank nach Trainings gesucht, die offline angelegt wurden. Diese werden dann mit dem Server abgeglichen und hochgeladen. Das Hochladen geschieht einzeln, damit im Fall eines abrupten Verbindungsverlustes maximal ein Datensatz verloren geht. Dabei wäre es möglich eine Transaktionsverwaltung für die Verbesserung zu integrieren, um dieses Problem zu verhindern. Bei dem Anlegen des Trainings fällt auf, dass die Attribute *Username* und *Passwort* noch einmal übergeben werden. Diese Maßnahme musste ergriffen werden, um eine Verbindung zum Server herstellen zu können. Dazu wird eine *Session* benötigt, die vorher noch nicht besteht, für den *Upload* aber essentiell ist. Somit wird die *Session* vor dem Hochladen abgerufen.

8. Realisierung der clientseitigen Implementierung als Webapplikation

In diesem Kapitel wird die Implementierung des Clients als Web-Applikation. Hierbei wird auf die verschiedenen Design-Entscheidungen und genutzten Techniken näher eingegangen.

8.1. Definition einer Single Page Application

Die Web-Applikation wurde als **Single Page-Application!** (**Single Page-Application!**)(SPA) implementiert.

Bei diese Art der Webanwendung wird die Verarbeitung von Anfragen vom Server auf die Client verschoben. Die daraus entstehende Anwendung benutzt nur wenige statische Hauptseiten, um den Inhalt darzustellen. Alle dynamischen Inhalte der Seite werden nachträglich per AJAX-Requests hinzugeladen. Hierbei wird die Verarbeitung der nachgeladenen Daten auf dem Client durchgeführt und anschließend in die vorhandene HTML-Struktur übernommen, wobei der Grad der Autonomie des Clients vom genutzten Framework abhängt. Diese Auslagerung der Verarbeitung begünstigt die Nutzung des RESTful Webservices (siehe Kapitel 6), welcher die Daten liefert, die die SPA dann verarbeiten kann. Daraus ergibt sich, dass die Verbindung zum Server nur lose vorhanden ist. Es müssen nur die wenigen statischen Seiten und deren eingebundenen Skripten vom Server abgerufen werden. Die sonstige Kommunikation besteht nur noch zwischen der SPA und dem Webservice. Im Laufe diese

Kapitels wird noch darauf eingegangen, wie auch diese beiden Verbindungen durch geeignete Techniken bis auf ein Mindestmaß reduziert wurden.¹

8.2. AngularJs

Zur Umsetzung der SPA wurde das quelloffene Framework AngularJs from Google gewählt, welches sich immer größerer Popularität erfreut²³. Es bietet alle Möglichkeiten, um einen Endgerät als weitestgehend autonomen **Fat-Client!** (**Fat-Client!**) zu implementieren. Dadurch wird die Möglichkeit geschaffen, eine Applikation zu entwickeln, welche selbst dann akzeptabel reagiert, wenn ein aufrufendes Endgerät keine Verbindung zum Internet besitzt. Hierzu stellt es zusätzliches **Markup!** (**Markup!**) bereit, welches zu Laufzeit interpretiert und ausgeführt wird. Die dazu nötigen Komponenten von AngularJs und deren Einsatz werden nachfolgend genauer erläutert.

8.2.1. Abgrenzung des Begriffs: Komponente

Wenn in diesem Kapitel der Begriff Komponente benutzt wird, ist eine abgeschlossene, logische Einheit im AngularJs-Umfeld gemeint. Auf einige dieser Komponenten, wie Services und Controller, wird im späteren Verlauf dieses Kapitels detaillierter eingegangen. AngularJs nutzt den Begriff des *Modules* als einen Container für verschiedene Komponenten⁴.

8.2.2. Dependency Injection

AngularJs wurde so konstruiert, dass zu jeden Zeitpunkt eine gute Testbarkeit gewährleistet ist. Aus diesem Grund setzt AngularJs für die Verbindung von verschiedenen Funktionen auf *Dependency Injection*.

Hierbei wird beim Ausführen einer Funktion die genutzten Parametern geprüft. Gibt

¹ STEYER/SOFTIC: Angular JS: Moderne Webanwendungen und Single Page Applications mit JavaScript, S. 31f.

² W3-TECH: Usage statistics and market share of AngularJS for websites.

³ STEYER/SOFTIC: Angular JS: Moderne Webanwendungen und Single Page Applications mit JavaScript, S. 33.

⁴ ANGULARJS: Online-Dokumentation: Modules.

es eine bekannte Komponente, welche den gleichen Namen, wie der geforderte Parameter besitzt, erzeugt AngularJs ein Objekt diese Komponente und übergibt dieses an die Funktion. Hierbei wird bei der Erzeugung der Objekte für die Parameter ebenfalls Dependency Injection angewandt.⁵

8.2.3. Services

Services sind abgeschlossene Komponenten, welche bestimmte Funktionalitäten kapselt und bereitstellen. AngularJs bietet neben der Möglichkeit, eigene Services zu erstellen eine große Auswahl an vorhandenen Services, um verschiedene wiederkehrende Aufgaben durchzuführen. Dabei sind die Services von AngularJs immer mit dem Präfix `$` versehen. Einer der wichtigsten Serviceses für die Umsetzung dieser Arbeit war beispielsweise `$http`. Dieser stellt Funktionen bereit, welche zur Kommunikation eines Web Services mittels HTTP benötigt werden.

Services können von Controllern (siehe 8.2.5) verwendet werden, um Daten zu erhalten und an die Oberfläche weiterzugeben. Hierbei verwenden Sie *Dependency Injection*, um auf einen Service zuzugreifen, wobei nur beim ersten Zugriff ein neues Objekt erzeugt wird (**Singleton! (Singleton!)**-Muster). Fordert eine weitere Komponente ein Objekt des Services, wird das bereits erstellt Objekt zurückgegeben.⁶

8.2.4. Promises

Im letzten Abschnitt wurde der Service `$http` angesprochen (siehe 8.2.3), welches Methoden zur Kommunikation mit einem RESTful Webservice bereitstellt. Würde diese Kommunikation synchron ausgeführt werden, würde diese AngularJs bis zum Erhalt der Antwort blockieren, da Javascript immer nur in einem Thread ausgeführt wird⁷. Deshalb wurde das Prinzip der *Promises* eingeführt. Dies erlaubt die Abarbeitung von asynchronem Code, indem beim Aufrufen einer asynchron abzuarbeitenden Methode ein *Promise*-Objekt zurückgegeben wird. Die repräsentiert ein Versprechen über ein späteres Ergebnis. Auf dieses Ergebnis kann mit den Methoden *then* und *catch* reagiert werden. *Then* wird nach erfolgreicher Abarbeitung der asynchronen

⁵DERS.: Online-Dokumentation: Dependency Injection.

⁶DERS.: Online-Dokumentation: Services.

⁷KANTOR: JavaScript is single-threaded.

Methode ausgeführt. Tritt bei der Verarbeitung ein Fehler auf, wird die *catch*-Methode ausgeführt. Da diese beiden Methoden jeweils selber Promise-Objekte zurückgeben, ist ein Verketteten der Aufrufe möglich. Die Nutzung von Promises ist im *Module \$q* gekapselt, welches sich an dem Projekt *q* orientiert.⁸⁹¹⁰

8.2.5. MVC

AngularJS nutzt das Architektur-Muster **MVC!** (**MVC!**) um Datenbeschaffung bzw. -haltung, Datenverarbeitung und Datenpräsentation strikt zu trennen.

Zur Beschaffung werden entweder Services, welche per Dependency Injection hinzugeladen werden, benutzt oder Model-Funktionen erstellt, welche mit Konstruktoren aus dem objektorientierten Umfeld verglichen werden können.

Die so erhaltenen Datenstrukturen können von Controllern aufgerufen werden. Dabei handelt es sich um Komponenten, welche von AngularJs zur Anreicherung eines bestimmten Markup-Blocks aufgerufen werden. Ihre Aufgabe ist es, die für die Oberfläche benötigten Daten zu besorgen, diese aufzubereiten und sie an die View weiterzugeben. Das Code-Beispiel 8.1 zeigt den Aufbau einer Controller-Komponente, welche Daten für die Navigationsleiste bereit stellt¹¹.

```
1 function indexController($scope, $location, $interval, authFactory) {
2   $scope.onlineStatus = 'offline';
3   $scope.logout = function () {
4     authFactory.logout();
5     $location.path('/');
6   }
7   [...]
8   $scope.onlineStatus = true;
9   $scope.navbarExpanded = false;
10  $scope.authentication = authFactory.authentication;
11 };
```

Quelltext 8.1: Controller für die Navigationsleiste

⁸ANGULARJS: Online-Dokumentation: Module \$q.

⁹KOWAL: Documentation q.

¹⁰STEYER/SOFTIC: Angular JS: Moderne Webanwendungen und Single Page Applications mit JavaScript, S. 211ff.

¹¹ANGULARJS: Online-Dokumentation: Controller.

Hierbei ist zu sehen, wie mittels *Dependency Injection* die benötigten Komponenten für die Funktion bereitgestellt werden (Zeile 1). Interessant ist dabei besonders die Komponente *\$scope*. Diese wird verwendet, um Daten zwischen dem Controller und der View (in dem Fall der statischen HTML-Seite) auszutauschen (Zeile 8ff.)¹². Dabei stellt AngularJs Funktionen bereit, um diesen Austausch bidirektional durchzuführen. Somit können beispielsweise Daten, welche ein Nutzer in ein Textfeld eingibt, im Controller weiter verarbeitet werden.

Die Benutzung der durch den *\$scope* bereitgestellten Variablen wird im Beispiel 8.2 gezeigt.

```

1 <nav class="navbar navbar-inverse navbar-fixed-top" role="navigation"
  data-ng-controller="indexController">
2 <div class="container">
3   <div class="navbar-header">
4     [...]
5     <ul class="nav pull-left">
6       <li class="status online navbar-text" data-ng-hide="!onlineStatus">
7         <span class="glyphicon glyphicon-ok "></span> Online
8       </li>
9       <li class="status offline navbar-text" data-ng-hide="onlineStatus">
10        <span class="glyphicon glyphicon-remove"></span> Offline
11      </li>
12    </ul>
13  </div>
14  <div id="navbar" class="navbar-collapse collapse">
15    <ul class="nav navbar-nav navbar-right">
16      <li data-ng-show="!authentication.isAuthenticated">
17        <a href="#/login">Log in</a>
18      </li>
19      <li data-ng-show="!authentication.isAuthenticated">
20        <a href="#/register">Register</a>
21      </li>
22      <li data-ng-show="authentication.isAuthenticated">
23        <a href="#">Hallo {{authentication.userName}}</a>
24      </li>
25      <li data-ng-show="authentication.isAuthenticated">
26        <a href="#/schedules">Schedules</a>

```

¹²DERS.: Online-Dokumentation: Scopes.

```
27         </li>
28         <li data-ng-show="authentication.isAuthenticated">
29             <a href="#" data-ng-click="logout()">Log out</a>
30         </li>
31     </ul>
32 </div>
33 </div>
34 </nav>
```

Quelltext 8.2: Navigation der Hauptseite erweitert um AngularJS-MarkUp

Über das Attribut *data-ng-controller* (Zeile 1) wird ausgesagt, dass dieser *div*-Block durch die Controller-Funktion *indexController* bearbeitet wird. Nur in diesem Geltungsbereich kann auf die Eigenschaften des Controllers zugegriffen werden.

Hierbei gibt es verschiedene Möglichkeiten, die Daten des Controllers zu benutzen:

- **Nutzung in Direktiven**

AngularJs stellt Direktiven bereit, welche die Darstellung der Webseite beeinflussen. Dies zeigt sich in Zeile 6. Das Direktiv *ng-hide* wird benutzt, um dynamisch HTML-Element auszublenken. Um zu entscheiden, ob das zugehörige *li*-Element ausgeblendet werden soll, wird die Variable *onlineStatus* aus dem *\$Scope* des Controllers abgefragt. Ändert sich die Variable im Controller, wird die Direktive neu ausgewertet¹³.

- **Ausgabe des Wertes**

Der Wert einer Variable kann direkt ausgegeben werden. Dies wird in Zeile 23 gezeigt. Damit AngularJs erkennt, dass eine *\$scope*-Variable ausgegeben werden soll, muss diese von zwei geschweifte Klammern umgeben sein.

- **Zugriff auf Methoden**

In Zeile 29 wird eine Direktive benutzt, um aus der View heraus eine im *\$scope* definierte Funktion aufzurufen.

¹³ANGULARJS: Online-Dokumentation: Direktiven.

8.2.6. Routing

Damit das Markup nicht schnell durch die Nutzung von zusätzliche Direktiven überladen wird, bietet AngularJs das module *\$route* zur Implementierung von Routing an. Hierbei wird durch die Direktive *ng-view* ein Block als View-Container definiert. Dieser wird abhängig von der aufgerufenen URL mit unterschiedlichen Inhalten befüllt. Das Beispiel 8.3 zeigt solch eine Routing-Konfiguration.

```
1  fIT.config(["$routeProvider", function ($routeProvider) {
2      $routeProvider.when("/", {
3          controller: "scheduleController",
4          templateUrl: "app/views/schedules.html"
5      }).when("/schedule/:id", {
6          controller: "scheduleController",
7          templateUrl: "app/views/schedule.html"
8      }).when("/login", {
9          controller: "loginController",
10         templateUrl: "app/views/login.html"
11     }).when("/register", {
12         controller: "signupController",
13         templateUrl: "app/views/signup.html"
14     }).otherwise({
15         redirectTo: "/"
16     });
17 });
```

Quelltext 8.3: Routing mit AngularJs

Stimmt eine Route überein wird der konfigurierte Controller aufgerufen. Dessen Scope wird nach der Abarbeitung an die definierte View weitergegeben. Die Views sind hierbei HTML-Dateien mit Markup-Schnipsel, innerhalb des View-Containers gerendert werden. Diese Markup-Schnipsel liegen ebenfalls auf dem Server.

8.3. Umsetzung

Durch die Nutzung der vorgestellten Komponenten war es möglich, einen Prototyp, welcher die grundlegenden Anforderungen, die in Kapitel 4 definiert wurden, erfüllt.¹⁴ Nachfolgend werden einige Teilaspekte im Zusammenhang mit der Implementierung näher beleuchtet.

8.3.1. Layout mit Twitter Bootstrap

Zur Erstellung einer Oberfläche wurde vollständig auf das bewehrte, quelloffene CSS-Framework *Bootstrap* von Twitter gesetzt. Dies ist unter dem Aspekt designet, einmal definiertes CSS auf allen Endgeräten eine natürliche und gut nutzbare Anwendung entsteht. Dies liegt daran, dass *Bootstrap* es erlaubt, unter Nutzung eines integrierten Grid-Systems eine hoch-responsive Applikation zu erstellen.¹⁵

Durch den großen Umfang des Frameworks und da im ersten Schritt nur ein Prototyp erzeugt werden sollte, war es möglich, alle Anforderungen in die Web-Applikation zu integrieren ohne, dass weitere Implementierung von CSS nötig war.

8.3.2. Herausforderung statusloses Protokoll Http

Da HTTP ein statusloses Protokoll ist, ist es ohne Weiteres nicht möglich, ein einmal abgerufenen Access-Token wiederzuverwenden. Um dies dennoch zu erreichen, wurde Service *authFactory* entwickelt, welcher sich um das ein- und ausloggen kümmert. Hierbei wird unter Zuhilfenahme der *LocalStorage*-API ein erhaltenes Access-Token mit dem Nutzernamen und dem Ablaufdatum persistiert. Ist dieser Datensatz vorhanden und das Ablaufdatum noch nicht erreicht, gilt der Nutzer als angemeldet und kann auf seine Trainingspläne zugreifen.

Gleichzeitig wird für die Verwaltung von Inhalt, welchen nur authentifizierte Nutzer abrufen können eine weitere Komponente benutzt, nämlich der *Interceptor*. Dies ist ein spezieller Service, welcher eng mit dem *\$http*-Service verbunden ist. Mit dem Interceptor ist es möglich, eine Request kurz vor- und eine Response direkt nach Erhalt einzusehen und gegebenenfalls darauf zu reagieren. Dies wird verwendet, um vor

¹⁴JOUDEH: AngularJS Token Authentication using ASP.NET Web API 2, Owin, and Identity.

¹⁵TWITTER: Bootstrap Online Documentation.

dem Absenden eines Request den *authorization*-Header zu setzen, falls ein Access-Token vorhanden ist.

Die Response ist wegen des eingehenden Statuscodes interessant: Wenn der Web Service mit *401 (Unauthorised)* antwortet, ist der Nutzer nicht angemeldet. Daraufhin wird ein möglicher Datensatz mit einem Access-Token gelöscht und der Nutzer wird auf die Login-Seite umgeleitet¹⁶.

8.3.3. Online-Check

Der Nutzer soll eine visuelle Rückmeldung darüber bekommen, ob die Applikation gerade eine Verbindung zu Web Service aufbauen kann oder nicht. Dafür wurde der im Beispiel 8.1 gezeigte Controller um einen Online-Check erweitert. Ruft die Anwendungen in einem 5 Sekunden-Intervall die URI *http://fit-bachelor.azurewebsites.net/api/accounts/ping*. Schlägt diese Anfrage mit den Statuscode *0* fehlt, liegt keine Verbindung vor und der aktuelle Status ändert sich von *Online* zu *Offline*.



Abbildung 8.1.: Screenshot: Veränderung der Statusanzeige, wenn keine Verbindung zum Internet besteht

8.4. Erweiterung um Offline-Nutzung

Die bisher vorstellten Komponenten um Umsetzungen führten zum Prototyp einer funktionierenden Single Page Applikation. Diese benötigt aber zur Nutzung noch eine Verbindung zum Webserver, auf der die Applikation untergebracht wird und eine Verbindung zum Web Service, zur Durchführung von Interaktionen. In den folgenden Abschnitten wird beschrieben, wie Techniken eingesetzt wurde, um den Zugriff auf diese Ressourcen auf ein Minimum zu reduzieren.

¹⁶JOUDEH: AngularJS Token Authentication using ASP.NET Web API 2, Owin, and Identity.

8.4.1. Implementierung des `CachedHttpServices`

Zur Reduzierung der Bindung an den Webservice wurde ein Cache implementiert. Hierbei wurde von der Planung des Caches aus Kapitel ((CACHE BESCHREIBUNG)) abgewichen.

Eigentlich sollte für jede Entität ein lokales Pendant erstellt werden, welche die Daten speichert, die bei einem Verbindungsabbruch nicht an den Server gesendet werden können. Durch die besonderen Eigenschaften von JavaScript und der genutzten Datenbank war eine Vereinfachung dieser Planung möglich:

- Javascript erlaubt es, Objekt zur Laufzeit beliebig zu verändern und zu erweitern. Darum kam die Idee auf, die Serverdaten, welche noch nicht an den Server gesendet wurde um Meta-Daten für die lokale Speicherung zu erweitern und anschließend lokal zu persistieren.
- Diese Möglichkeit wird durch die Datenbank unterstützt. Es handelt sich dabei um die *Indexed Database API*. Diese erlaubt es, innerhalb des Browsers eine **NoSQL! (NoSQL!)**-Datenbank anzulegen und zu verwalten. Sie wird von den meisten Browsern unterstützt¹⁷. Da *NoSQL*-Datenbanken keine festen Schema kennen, sondern beliebige Datenstrukturen per Index oder Schlüssel bestimmt, ist die Ablage eines dynamisch erstellten Objekts ohne weiteren Aufwand möglich. Zur Nutzung der IndexedDB wurde ein externes AngularJs-Module verwendet.¹⁸

Durch diese Änderungen kann die Erstellung des lokalen Caches erheblich vereinfacht werden, indem nicht mehr für jede Entität ein lokales Abbild vorgehalten wird. Es gibt eine zentrale Stelle für DB-Entitäten, welche wie folgt aussieht.

Umsetzung des Caches über HTTP-Verbs

Durch diese Zentralisierung der Cache-Daten konnte ein Service entwickelt werden, der den *\$http*-Service kapselt und bei jedem Senden einer *GET*-, *POST*-, *PUT*- und *DELETE*-Anfrage die lokalen Daten mit denen des Web Services synchronisiert. Dafür wird nach dem Senden der Nachricht geprüft, ob der Web Service erfolgreich erreicht wurde.

¹⁷CANIUSE.COM: Can I Use: IndexedDB.

¹⁸BRAMSKI: Angular-IndexedDB.

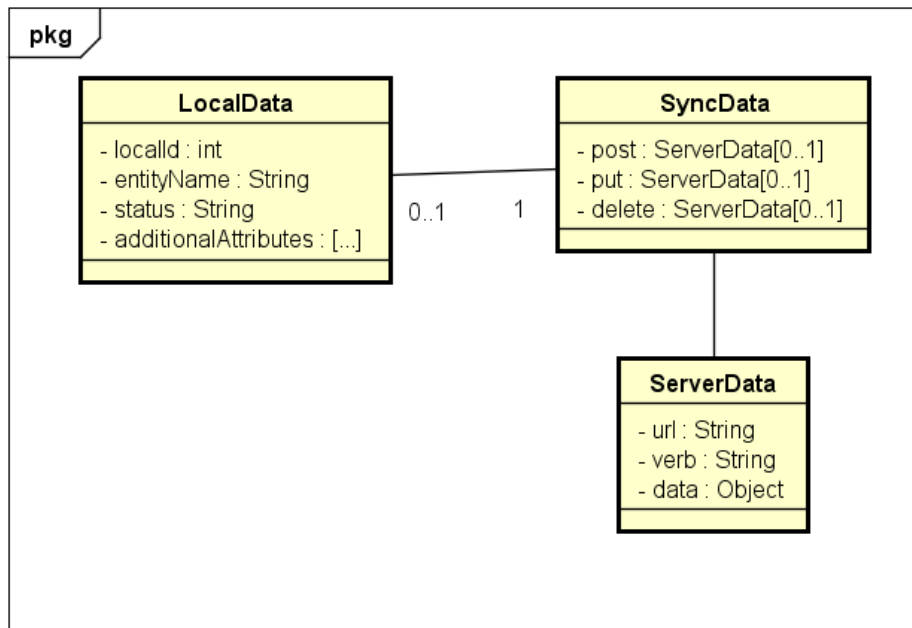


Abbildung 8.2.: Screenshot: Datenmodell zur Speicherung lokaler Daten

Ist dies der Fall, werden die neuen Daten mit dem Status *Server* lokal aktualisiert. Dies sagt aus, dass die Daten mit denen des Servers übereinstimmen und keine Synchronisation erfolgen muss.

Wenn der Web Service nicht erreicht wurde, werden die Daten mit dem Status *local* zwischen gespeichert. Dazu wird ein *SyncData*-Objekt unterhalb des lokalen Datensatzes angelegt. Dieses definiert Eigenschaften mit Daten für spätere Synchronisationsprozesse.

Synchronisation zwischen Server und SPA

Ist der Web Service wieder erreichbar, werden alle Datensätze mit dem Status *local* synchronisiert, indem die Anfragen nacheinander an den Server gesendet werden.

Hierbei wird per Verb entschieden, welche Methode des *\$http*-Services genutzt werden soll. Dieser werden dann die gespeicherte URL sowie eventuelle Daten zum Senden an den Server übergeben.

Die Reihenfolge der verarbeiteten HTTP-Verben für die Synchronisation wurde wie folgt gewählt:

- *DELETE*

Besitzt ein Objekt einen offene Delete-Befehl, wird dieser als erstes durchgeführt. Alle weiteren offenen Synchronisationsprozesse werden im Zuge der Löschung dieses Datensatzes ebenfalls mit gelöscht. Dadurch wird die Anzahl der benötigten Requests verringert.

Kommt es bei einem Objekt zu einem Create/Post- und Delete-Request, ohne, dass zwischenzeitlich eine Synchronisation durchgeführt wurde, wird der Datensatz direkt lokal gelöscht, ohne, dass Anfragen an den Server gesendet werden müssen. Dies dient ebenfalls der Verringerung der zu sendenden Requests.

- *POST*

Sind keine *Delete*-Requests vorhanden, wird nach einem offenen POST-Request für das Objekt gesucht. Dieser wird dann durchgeführt. Mit dem Ergebnis wird die ID des lokalen Datensatzes angepasst, damit eventuell anstehende Update/Put-Requests auf das richtige Server-Objekt angewandt werden.

- *PUT*

Zum Schluss wird auf offene Put-Requests geprüft und gegebenenfalls durchgeführt.

Nach jeder erfolgreichen Abarbeitung eines Synchronisationsprozesses, wird dieser aus dem Synchronisationsobjekt entfernt. Wenn dieses daraufhin keine offenen Prozesse mehr besitzt, wird es gelöscht. Damit der Nutzer nicht auf die Abarbeitung der Synchronisationsprozesse warten muss, wird dieser Vorgang komplett asynchron durchgeführt. Durch diese Änderungen ist eine Verbindung zum Webservice optional.

8.4.2. Das AppCache-Manifest

Der Einsatz des *cachedHttpService* erlaubt eine Nutzung der *SPA* auch ohne, dass eine Verbindung zum Web Service besteht. Doch noch braucht die *SPA* eine Verbindung zu ihrem Host, damit statische Dateien wie *View*-Templates und *Script*-Dateien nachgeladen werden können. Diese Verbindungen können durch die Nutzung eines AppCaches stark reduziert werden.

Der *AppCache* wurde im Zuge von *HTML5* implementiert und wird von allen gängigen

Browsern in der aktuellen Version unterstützt¹⁹²⁰. Hierbei wird eine Manifest-Datei auf dem Server abgelegt, welche Aussagen darüber trifft, welche Dateien lokal auf einem Client gespeichert werden sollen. Im Falle dieser Arbeit wurde konfiguriert, dass alle Dateien lokal gespeichert werden (siehe Beispiel 8.4 ab Zeile 5ff.).

```
1  CACHE MANIFEST
2
3  # Time: Fri, 28 Aug 2015 18:34:32 GMT
4
5  CACHE:
6  /Content/bootstrap.min.css
7  /Content/bootstrap-theme.min.css
8  /Content/Site.css
9  /fonts/glyphicons-halflings-regular.woff
10 /fonts/glyphicons-halflings-regular.ttf
11 /Scripts/modernizr-2.8.3.js
12 /Scripts/jquery-1.9.1.min.js
13 /Scripts/bootstrap.min.js
14 /Scripts/angular.min.js
15 /Scripts/angular-route.min.js
16 /Scripts/angular-local-storage.js
17 /app/directive/sameAs.js
18 /app/controllers/homeController.js
19 /app/controllers/indexController.js
20 /app/controllers/signupController.js
21 /app/controllers/loginController.js
22 /app/controllers/scheduleController.js
23 /app/factory/enumFactory.js
24 /app/factory/authFactory.js
25 /app/factory/scheduleFactory.js
26 /app/factory/authInterceptorFactory.js
27 /app/views/schedules.html
28 /app/views/login.html
29 /app/views/schedule.html
30 /app/views/signup.html
31 /app/app.js
32
33 NETWORK:
34 *
```

¹⁹W3C: HTML5 Application Cache.

²⁰CANIUSE.COM: Can I Use: Offline web applications.

```
35  
36 SETTINGS:  
37 prefer-online
```

Quelltext 8.4: Cache-Manifest-Datei

Sind diese Dateien erstmal auf dem Client gespeichert, werde sie genutzt, wenn keine Verbindung zu Server besteht.

Damit die Dateien trotzdem auf dem aktuellen Stand sind, wurde im *SETTINGS*-Bereich definiert, dass die Online-Ressourcen vorrangig genutzt werden sollen (siehe Zeile 37). Dies wird aber trotzdem nicht von allen Browser berücksichtigt, darum gibt es einen Weg, den Client dazu zu zwingen, die Ressourcen erneut von Server abzurufen. Hierzu muss die Manifest-Datei angepasst werden. Wenn der Client das nächste Mal eine Verbindung zu Server aufbaut, wird die neue Manifest-Datei heruntergeladen. Dies für dazu, dass der Client alle lokalen Dateien invalidiert und sich die Dateien, welche das neue Manifest-Datei definiert, erneut herunterläd. Damit das aktualisieren der Datei leichter umgesetzt werden kann, wurde ein Zeitstempel als Kommentar in die Manifest-Datei integriert (siehe Zeile 3). Somit kann man leicht ein Neuladen der Serverdateien herbeiführen.

8.5. Fazit

Es konnte ein voll funktionsfähiger Prototyp entwickelt werden, welcher die Anforderungen aus für den Prototyp umgesetzt hat. Hierbei wurde der Funktionsumfang mit dem Chrome der Version 44.0.2403.157 getestet.

9. Gegenüberstellung der clientseitigen Implementierungen

Ziel dieses Kapitels ist die Gegenüberstellung der Erkenntnisse zur Entwicklung einer verlässlichen mobilen Applikation. Hierbei wird das neu erlangte Wissen zur Umsetzung einer Applikation als SPA und als native App bewertet, so dass mit der vorteilhafteren der beiden Optionen der Messeprototyp umgesetzt werden kann.

Das Kapitel schließt auch gleichzeitig die Entwicklung des Meilensteins 1 ab.

9.1. Umsetzung als SPA

Als Erstes sollen die Vor- und Nachteile der Umsetzung des Clients als *Single Page Application* aufgezeigt werden.

9.1.1. Vorteile

Bei der Umsetzung des Clients als Web Applikation zeigen sich die Vorteile besonders in der Umsetzung der Oberfläche.

Durch die Nutzung aktueller Web-Techniken und unter Nutzung geeigneter Frameworks lässt sich sehr leicht ein einheitliches Aussehen schaffen, welche für verschiedene Anzeigegrößen optimiert wurde. Hierbei ist man nicht nur auf mobile Endgeräte beschränkt sondern erhält quasi nebenbei eine Webseite, die bequem eine Desktop-Anwendung ersetzen kann. Auch die Umsetzung der Business-Logik konnte ohne großen Einarbeitung-Aufwand bewerkstelligt werden. Dabei fällt auf, dass durch das Voranschreiten von HTML5 viele Funktionen, welche vor einigen Jahren nur durch

Desktop Applikationen umgesetzt werden, heute schon problemlos im Browser abbildbar sind. Hierbei zeigten sich aber auch die Schwächen einer Umsetzung als Web Applikation.

9.1.2. Nachteile

Wie bereits erwähnt sind viele, aber noch nicht alle Techniken für den Browser umgesetzt. So ist die Umsetzung der *IndexedDB* für iOS und Microsoft-Geräte noch sehr fehleranfällig¹. In diesem Punkt spiegelt sich auch das größte Problem jeder Web-Umsetzung wieder: Unterschiedliche Browser implementieren einige Apis anders oder teilweise auch gar nicht, sodass vieles der Entwicklungszeit für das Anpassen der Funktionen und Oberflächen für die verschiedenen Browser genutzt werden muss. Wenn es nun so ist, dass Kern-Komponenten wie in unserem Fall die IndexedDB in einigen wichtigen Browsern (iOS Safari-Nutzung bei 7.33% (v. 8.1-8.4 Stand 31.08.2015²) nicht ausreichen unterstützt werden, ist die Umsetzung dieses Teilaspekts für den produktiven Einsatz fast unmöglich.

Ein weiterer Nachteil ergibt sich aus der Nutzung von AngularJs. Da die gesamte Datenaufbereitung mit Authentifizierung und dem Routing auf Seiten des Clients passiert, können die lokal gespeicherten Daten mit Hilfe der Entwicklungswerkzeuge des Browsers einfach ausgelesen werden. Darum wäre es unter Sicherheitsaspekten fahrlässig, die hier vorgestellte Implementierung der Authentifizierung (siehe Kapitel 8.3.2) ohne weitere Sicherheitsmaßnahmen produktiv zu stellen.

9.2. Umsetzung als native App

Des Weiteren sollen auch die Vor- und Nachteile der Umsetzung als native Applikation vorgestellt werden.

¹CANIUSE.COM: Can I Use: IndexedDB.

²Ebd.

9.2.1. Vorteile

Die Vorteile einer nativen Applikation liegen besonders in dem umfangreichen Funktionsumfang. Dieser kann alle bereitgestellten Funktionen des Betriebssystems ausnutzen. Dazu zählen das *Threading* (siehe Kapitel 7.1.4) und interne Aufrufe über *Services*, die dann zum Beispiel zum Versenden von Emails verwendet werden können. Zudem können Daten persistent, auch über die Dauer einer *Session* hinaus, auf dem Gerät gespeichert werden (siehe Lokale Datenbank in Kapitel 7.3.3).

Eine hohe Sicherheit kann in dem Zuge einer nativen App ebenfalls bereitgestellt werden, da die Daten nur mit guten technischen Kenntnissen ausgelesen werden können. Sind die Daten darüber hinaus noch lokal verschlüsselt, so sind diese sicher. Weiterhin ist die gesamte Logik der Applikation nicht sichtbar für den Endanwender und von Manipulationen bei Datenabrufen kann man ausschließen. Diese sind nur über aufwendige programmatische Eingriffe möglich.

9.2.2. Nachteile

Die Umsetzung der nativen App beansprucht viel Zeit und ein grundlegendes *KnowHow* über die Funktionsweise des zu unterstützenden Betriebssystems.

Darin liegt auch noch ein weiteres Problem. Um eine große Markt-Abdeckung mit einer nativen App zu erreichen, benötigt man mindestens eine iOS- und eine Android-Applikation. Dann besitzt den Zugang zu über 95% der Smartphone-Nutzer in Deutschland.³

Die Entwicklung für zwei Systeme kann daraufhin in zwei Möglichkeiten umgesetzt werden. Zum einen könnten native Apps in den jeweiligen Sprachen entwickelt werden. Zum anderen kann eine Multiplattform-Lösung, wie Xamarin-Plattform es ist, eingesetzt werden. Dabei beschränkt sich der Funktionsumfang dann aber auf die grundlegenden Funktionen, wenn bei den verschiedenen Funktionen nicht noch zwischen den Systemen unterschieden wird.

Weiterhin ist das Erstellen von Oberflächen aufwendiger als bei einer *Single Page Application*.

³IDC: Prognose zu den Marktanteilen der Betriebssysteme am Absatz von Smartphones weltweit in den Jahren 2015 und 2019.

Zudem müssen native Apps direkt auf das *Device* geladen werden und können nicht einfach über das Internet aufgerufen werden.

9.3. Fazit aus Meilenstein 1

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Nachteile der *Single Page Application* dahingehend überwiegen, dass die Sicherheit der Daten - besonders in Verbindung mit Vitaldaten - eine höhere Priorität einnimmt. Diese Anforderung kann nur von einer nativen App zufriedenstellend geleistet werden. Hierbei zeigt sich die bisher unzureichende Implementierung der Datenbank in einigen Browsern zum Zeitpunkt der Projektdurchführung als unzureichend für die Anforderungen einer Anwendung, welche auf verschiedenen gängigen Mobilgeräten laufen soll. Ändert sich der Zustand der Implementierung müsste diese Evaluation neu durchgeführt werden.

10. Weiterentwicklung eines Clients zu einem Messeprototyp

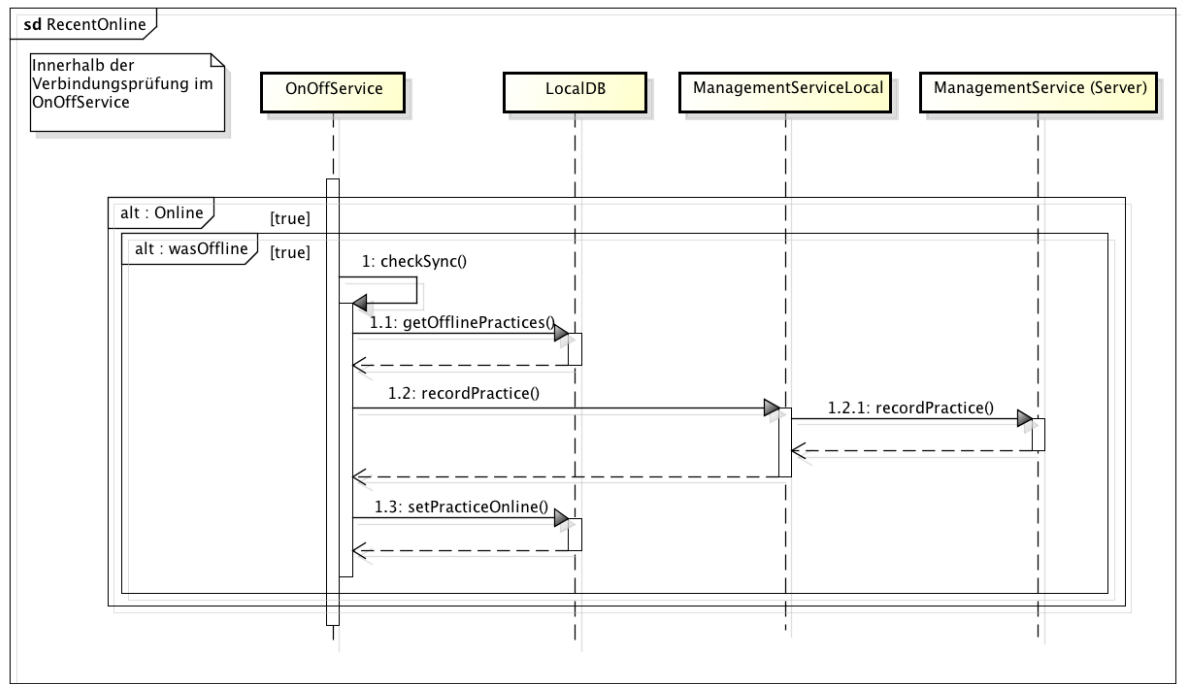
Nach der Entscheidung für die Weiterentwicklung der nativen Android-App, begann die Planung der möglichen Erweiterungen. Dabei wurden besonders Performance- und Stabilitätsaspekte in den Vordergrund gestellt. Darüber hinaus sollte aber auch die Oberfläche einem Messeprototypen entsprechend verbessert werden und Funktionen, die aus den Kann-Kriterien des Pflichtenheftes entspringen, umgesetzt werden, um einen größeren Funktionsumfang präsentieren zu können.

10.1. Anpassungen der Ablauflogik

Die Ablauflogik der nativen App wurde weitestgehend beibehalten, da die Planung im Vorfeld schon eine komplette *User-Story* vorgesehen hat. So muss man sich zuerst anmelden, um dann durch die Trainingspläne und Übungen navigieren zu können und abschließend die Möglichkeit hat ein Training einzutragen. Demnach sind in diesem Sinne keine Verbesserungen oder Änderungen sinnvoll.

Aufgrund dessen wurden Anpassungen vorgenommen, die nach Außen nicht sichtbar sind, die Stabilität und die Leistungsfähigkeit der App aber zu einem sehr großen Teil verbessert haben. So wurde die Synchronisation aus den Methoden der *Get*- und *Post*-Abfragen extrahiert und zentralisiert (Vergleich dazu in Kapitel 3.2.2).

Die Funktionalität des *Caches* wurde nur hinsichtlich der Synchronisation mit dem Server angepasst. Darüber hinaus wurden keine Änderungen vorgenommen und das Eintragen von Daten erfolgt jeweils beim Abrufen von Server-Daten, sowie beim Übertragen von Daten zum Server. Die Abbildung 10.1 verdeutlicht den neuen Ablauf des



powered by Astah

Abbildung 10.1.: Sequenzdiagramm *RecentOnline*

Synchronisierens. Bedingung zum Start des Synchronisierens ist die Tatsache, dass die Applikation aktuell eine Verbindung zum Server besitzt und im vorhergehenden Status noch *offline* war. Falls dann im Vorfeld Daten angelegt wurden, die nur lokal gespeichert werden konnten, werden diese im Falle des Synchronisierens ausgelesen, auf dem Server gespeichert und in der lokalen Datenbank wieder als „um Server synchronisiert“ gekennzeichnet.

In diesem 2. Meilenstein wurde der Programmcode refaktorisiert, um die Umsetzung weiterer Funktionen zu erleichtern. Im Folgenden ist es nunmehr nötig die Daten, die während der Zeit im *Offline*-Modus angelegt wurden, in der Methode *checkSync()* einzutragen.

Unter der vorherigen Architektur hätte die Logik in jede Verbindungs-Operation kopiert werden müssen und hätte somit zu einer großen *Code*-Redundanz geführt. Diese Redundanz sollte unbedingt umgangen werden und deshalb ist diese zentralisierte Stelle zum Überprüfen der zu übertragenden Daten umgesetzt worden.

10.2. Anpassungen der Oberfläche

Die Oberfläche wurde soweit angepasst, dass ein durchgängige *Corporate Design* erkennbar ist. Die Oberfläche, insbesondere *Buttons* und Dialoge wurden in diesem Schritt angepasst.¹

Dabei wurden zwei *Designs*, jeweils für den Login- und den Registrieren-*Button*, umgesetzt. Dazu war es nötig eine XML-Datei anzulegen, die dann die Eigenschaften der Schaltfläche zu beschreiben hat (Quellcode 10.1):

```

1 <selector xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android">
2   <item android:state_pressed="false">
3     <layer-list>
4       <item android:right="5dp" android:top="5dp">
5         <shape>
6           <corners android:radius="2dp"/>
7           <solid android:color="#D6D6D6"/>
8         </shape>
9       </item>
10      <item android:bottom="2dp" android:left="2dp">
11        <shape>
12          <gradient android:angle="270" android:endColor="#4A6EA9" android:startColor="#4A6EA9"/>
13          <stroke android:width="1dp" android:color="#BABABA"/>
14          <corners android:radius="4dp"/>
15          <padding android:bottom="10dp" android:left="10dp" android:right="10dp" android:top="10dp"/>
16        </shape>
17      </item>
18    </layer-list>
19  </item>
20 </selector>

```

Quelltext 10.1: Design des Login-Buttons

Im Anhang (siehe A.3) kann man die *UserStory* in der nativen App in Gänze einsehen.

Weiterhin wurden die Dialogfenster mit Animationen versehen, um eine zum Betriebssystem passende *Usability* gewährleisten zu können. Dazu musste ähnlich zum *Button* eine XML-Datei angelegt werden und darin dann die Bewegungen des Fensters beschrieben werden (Quellcode 10.2).

```

1 <?xml version="1.0" encoding="utf-8" ?>
2 <translate xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android"
3   android:fromXDelta="0"
4   android:toXDelta="100%p"

```

¹ROCKET: Xamarin.Android Sample Projects.

5 `android:duration="500"/>`

Quelltext 10.2: Dialog-Animation

Weiterhin wurden die *Icons* zur Kenntlichmachung des Verbindungsstatus gegen zum Design passende ausgetauscht und ein App-*Icon* eingefügt.

10.3. Implementierung der Statistik

Um Fortschritte des Nutzers anzeigen zu können, wurde eine Übersicht mit den eingetragenen Trainingsleistungen implementiert. Diese ist für jede Übung über einen längeren Klick auf das Übungs-Feld erreichbar. In dem Balkendiagramm ist das Produkt aus dem Trainingsgewicht, der Wiederholungszahl und der Satzzahl dargestellt. Zur Darstellung wird die *Xamarin-Extension BarChart* verwendet. Das Paket wird in das Projekt eingebunden und kann durch einen einfachen Aufruf mit der Übergabe eines Daten-Arrays verwendet werden (Quellcode: 10.3).

Zur Generierung der Diagramm-Daten waren Informationen über die Übung, den Trainingsplan und den *User* nötig. Diese Daten werden über einen *Intent* an die *StatisticActivity* übergeben, in welcher dann die benötigten Daten abgerufen werden.

```
1 protected async override void OnCreate(Bundle bundle)
2 {
3     try
4     {
5         base.OnCreate(bundle);
6         ooService = new OnOffService();
7
8         scheduleId = Intent.GetIntExtra("Schedule", 0);
9         exerciseId = Intent.GetIntExtra("Exercise", 0);
10        userId = Intent.GetStringExtra("User");
11        List<Practice> practices = new List<Practice>();
12
13        practices = await ooService.getAllPracticesAsync(userId, scheduleId,
14            exerciseId);
15
16        List<float> zahlen = new List<float>();
```

```

16     foreach (var item in practices)
17     {
18         zahlen.Add(Convert.ToSingle(item.Repetitions *
19             item.NumberOfRepetitions * item.Weight));
20     }
21
22     var data = zahlen.ToArray();
23     var chart = new BarChartView(this)
24     {
25         ItemsSource = Array.ConvertAll(data, v => new BarModel { Value = v
26             })
27     };
28     AddContentView(chart, new ViewGroup.LayoutParams(
29         ViewGroup.LayoutParams.FillParent,
30         ViewGroup.LayoutParams.FillParent));
31 }
32 catch (Exception ex){[...]}
```

Quelltext 10.3: Statistik Activity

10.4. Fazit aus Meilenstein 2

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass der zweite Meilenstein zur Optimierung der nativen Adnroid-Applikation beigetragen hat. So konnte durch das Auslagern der Synchronisation Last vom dem *UiThread* genommen werden. Die daraus folgenden Vorteile wurden bereits in Kapitel 7 vorgestellt.

Das es sich am Ende der Entwicklung um einen Messeprototypen handeln soll, ist das Design von besonderem Interesse. Diese Anforderung wurde im ersten Meilenstein zurückgestellt, um zuallererst einen Fokus auf den technischen Vergleich legen zu können. Nach der Sondierung der besseren Möglichkeit sollte diese dann weiter ausgebaut werden. Deshalb hat diese App eine Verbesserung der Oberflächen erhalten.

Die Statistik (ein Kann-Kriterium aus A.1) wurde zusätzlich umgesetzt, da das Interesse an der Umsetzung eines langen Klicks und der Möglichkeiten der *BarChart*-

Extension groß waren.

Abschließend kann festgehalten werden, dass der zweite Meilenstein der nativen Applikation die letzten Verfeinerungen zum Prototypen gegeben hat.

Der Prototyp besitzt nun eine *UserStory*, die alle benötigten Funktionen für die Entwicklung einer vollends ausgereiften App beinhaltet. So kann die Funktionalität des Speicherns eines Trainings auf das Speichern von Übungen und Trainingsplänen übertragen werden. Zudem kann das Abrufen von weiteren Daten, zum Beispiel für die Umsetzung von Administrator-Funktionen, mit den bestehenden Möglichkeiten umgesetzt werden.

In der Abbildung 10.2 ist die Übersicht der Oberflächen zu erkennen (größere Abbildungen sind im Anhang unter Abschnitt A.3 zu finden). Darüber hinaus sind auch die Verbindungen zwischen den Oberflächen eingezeichnet, um sehen zu können, wie der *Workflow* verläuft.

Der Einstieg des Benutzers in die Android-App geschieht über die Startseite, die die Auswahl zwischen Login und Registrierung darstellt. Wählt der Benutzer die Registrierung, erscheint der entsprechende Dialog. Um diese Funktion nutzen zu können, muss das Gerät eine Verbindung zum Server besitzen. Wenn sich der Benutzer einloggen möchte, erscheint der Login-Dialog. Um sich offline anmelden zu können, muss der Login einmal im Online-Modus durchgeführt worden sein, damit die App die Benutzerinformationen komplett vom Server erhalten hat.

Nach einem erfolgreichen Login, sei es offline oder online, werden die Trainingspläne des Benutzers als Liste angezeigt. Durch einen Klick auf den entsprechenden Plan, öffnet sich eine neue Seite mit den zu diesem Plan zugewiesenen Übungen.

Auf der folgenden Übersichtsseite werden die Übungen mit Namen und Beschreibung aufgelistet und der Benutzer hat nun zwei Möglichkeiten, um zu interagieren. Zum einen kann man durch das Auswählen einer Übung zu der Trainingsseite gelangen. Auf dieser Seite kann der Benutzer dann die Daten für diese Übung zu einem Training eintragen. Benötigt werden dazu das Gewicht, die Anzahl der Sätze und die Wiederholungszahl. Als zweite Möglichkeit kann durch einen langen Klick auf eine Übung eine Statistik zu den dazu eingetragenen Trainings aufgerufen werden. Diese Statistik wird als Balkendiagramm angezeigt und gibt einen Überblick über die Leistungen des Benutzers. Der Index berechnet sich als Produkt der eingetragenen Werte Gewicht, Satzzahl und Wiederholungen.

Um in der Statistik alle Daten angezeigt zu bekommen, muss diese im Online-Modus aufgerufen werden, um die Daten auf das Gerät laden zu können. Dann können off-

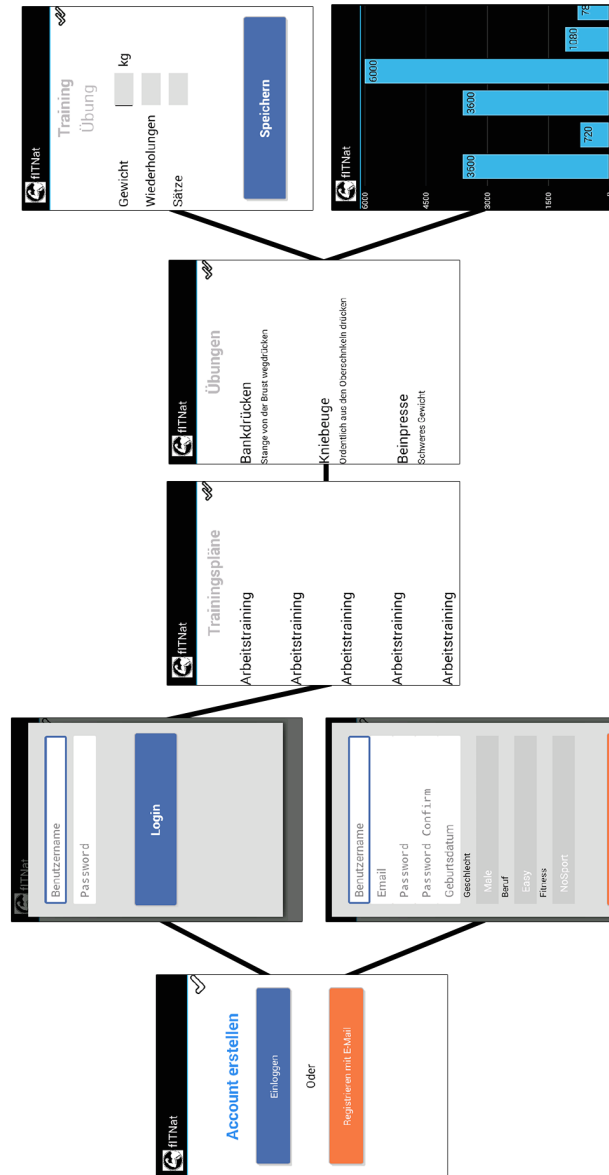


Abbildung 10.2.: UserStory

line Trainings eingetragen werden und diese erscheinen unverzüglich in der Statistik. Wird die Statistik im Offline-Modus zum ersten Mal aufgerufen, werden nur die offline angelegten Trainings angezeigt.

11. Fazit

Anfangs wurde ein Überblick über die Aufgabe gegeben und die Systemarchitektur vorgestellt. Darauf aufbauend wurden die verwendeten Technologien erörtert und die Umsetzungen der beiden Applikationen bis zu einem festgelegten Punkt dokumentiert. Die Implementierung des Servers wurde zusätzlich betrachtet. Die anschließende Gegenüberstellung der Apps hat ergeben, dass die Weiterentwicklung der Android-App in Hinsicht auf Sicherheit als einzige Lösung gesehen werden kann. Deshalb wurde für diese Applikation ein zweiter Meilenstein begonnen, um die Anforderungen an den umzusetzenden Prototypen zu implementieren.

11.1. Ziele / Ergebnisse

Rückblickend kann das Projekt als ein großer Erfolg gesehen werden. Die eingangs formulierten Ziele konnten vollständig umgesetzt werden. Zudem wurden teilweise noch Funktionen umgesetzt, die über das formulierte Ziel hinaus gehen. Zusammenfassend ist es nun mit dem Prototypen möglich den kompletten Funktionsumfang der nativen Android-App auch im *Offline*-Modus nutzen zu können.

11.2. Erkenntnisse

Der Erkenntnisgewinn dieser Arbeit ist beträchtlich. Es wurden ausschließlich unbekannte und für die Autoren neue Technologien verwendet. Die Einarbeitung geschah in den meisten Fällen reibungslos, war jedoch auch ein vorher unbekanntes Risiko, welches ein Problem in der Umsetzung hätte verursachen können.

Des Weiteren ist augenscheinlich, dass der Umgang mit den mobilen System, sei es Android über Xamarin oder Webapplikation über AngularJS, vertieft wurde. Darüber hinaus wurde mit dem dahinter fungierenden Server eine Einheit geschaffen, die die Erweiterung des Prototypen auch für eine größere Menge Benutzer ermöglicht.

11.3. Ausblick

Die Grundlage für den Ausbau dieses Projektes zu einer marktreifen App ist allemal gegeben. Der dahinter liegende Server ist stark genug, um eine größere Last an Anfragen zu bewältigen. Zum Ausbau dieses Projekts muss die Android-App weiterentwickelt werden. Die Umsetzung aller wichtiger Funktionen wurde jeweils an mindestens einem Beispiel im Messeprototypen dargestellt und muss demnach nur noch auf die fehlenden Funktionalitäten übertragen werden.

Durch den nun tieferen Einblick in die Technologien sollte sich dieser Aufwand in Grenzen halten.

A. Anhang

A.1. Pflichtenheft

Pflichtenheft

Zielsetzung des Projekts	2
Produkteinsatz	2
Anforderungsbeschreibung.....	2
Anforderungen an die <i>Proof of Concept</i> -Prototypen.....	2
Muss-Kriterien	2
Kann-Kriterien	3
Abgrenzungskriterien	3
Anforderungen an den Messe-Prototyp.....	3
Muss	3
Kann	3
Abgrenzungskriterien	3
Tests.....	3

Zielsetzung des Projekts

Zielsetzung dieser Arbeit ist der Erkenntnisgewinn bei der Erstellung von zuverlässigen mobilen Anwendungen.

Um dieses Ziel zu erreichen, sollen die Unterschiede einer Entwicklung als native App zu der Entwicklung einer mobilen Web-Applikation geprüft werden. Als Forschungsobjekt dient dazu beispielhaft eine App, die es ermöglicht, erbrachte Leistungen beim Krafttraining festzuhalten.

Die festgehaltenen Daten sollen persistent gespeichert werden und jederzeit zur Verfügung stehen.

Dabei soll die Verlässlichkeit als Schwerpunkt dienen. Das meint, dass die Applikation weitestgehend unabhängig von äußeren Einflussfaktoren, wie beispielsweise einer vorhandenen Verbindung zu einem Server, funktioniert.

Nach der Gegenüberstellung der beiden Methoden, aus der jeweils ein rudimentärer Prototyp (*Proof of Concept*-Prototyp) hervorgehen soll, soll die günstigere der beiden Umsetzungen zu einem vollständigen Messe-Prototyp entwickelt werden.

Dieser soll eine User-Story durchspielen, welche beispielhaft die Umsetzung eines kompletten Anwendungsfalls zeigt.

Produkteinsatz

Der Einsatz der erstellten Software beschränkt sich nur auf die Durchführung der Bachelor-Arbeit.

Anforderungsbeschreibung

Da es sich bei dem Projektziel um ein zweistufiges Ziel handelt, werden auch die Anforderungen in zwei gesonderten Beschreibungen wiedergegeben.

Anforderungen an die *Proof of Concept*-Prototypen

In diesem Abschnitt sollen die Anforderungskriterien an die beiden *Proof of Concept*-Prototypen aufgezeigt werden.

Muss-Kriterien

- Ein Nutzer muss Daten einer Entität unabhängig von der bestehenden Serververbindung abrufen können
- Ein Nutzer muss sich unabhängig von der bestehenden Datenverbindung anmelden können
- Ein Nutzer kann Daten einer Entität unabhängig von der bestehenden Serververbindung bearbeiten
- Die Applikation muss es ermöglichen, lokal angelegte Daten mit denen des Servers zu synchronisieren
- Die Applikation muss ohne technische Kenntnisse bedienbar sein

Kann-Kriterien

- Ein Nutzer kann neue Trainingsplan-Daten unabhängig von der bestehenden Serververbindung anlegen
- Der Benutzer kann sich über die Applikation registrieren
- Ein responsives Design soll eingebunden werden, um allen Benutzern eines Betriebssystems - unabhängig von dem Gerät - alle Funktionen zur Verfügung stellen zu können.
- Die Bedienung soll intuitiv sein

Abgrenzungskriterien

- Der Nutzer kann keine Trainings oder Übungen anlegen, abrufen oder bearbeiten
- Aspekte der Sicherheit haben eine nachrangige Aufgabe, es soll im ersten Schritt die Möglichkeit der Umsetzung validiert werden

Anforderungen an den Messe-Prototyp

In diesem Abschnitt sollen die Anforderungskriterien an den schlussendlichen Messe-Prototypen aufgezeigt werden.

Muss

- Ein Nutzer muss Übungsdaten zu einem Trainingsplan abrufen können
- Ein Nutzer muss zu einer Übung Trainingsdaten abrufen
- Ein Nutzer muss zu einer Übung einen neuen Trainingsdatensatz anlegen können
- Die Anwendung muss alle Muss-Kriterien eines *Proof of Concept*-Prototypen erfüllen.

Kann

- Für die letzten Datensätze eines Trainings stellt die Applikation eine grafische Statistik bereit
- Neu angelegte Trainingsdatensätze ändern eine Statistik, welche die letzten Daten grafisch aufbereitet
- Die Applikation unterstützt eine Benutzung von rollenbasierter Funktionszuweisungen
- Nutzer mit der Rolle *Administrator* haben die Möglichkeit, neue Übungen anzulegen.

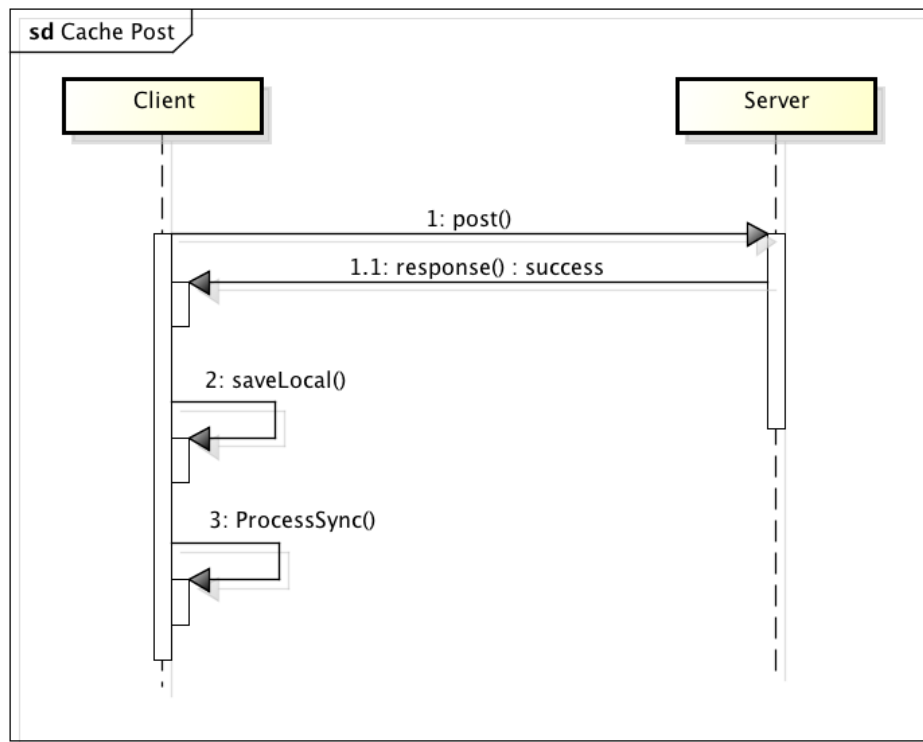
Abgrenzungskriterien

- Nutzer dürfen nur Bereiche und Inhalte sehen, die für ihre Rolle relevant sind. Irrelevanter Inhalt darf nicht angezeigt werden.

Tests

Da der Server als Kernkomponente eine besondere Aufgabe innehat, soll seine erwartete Funktionsweise gesondert neben den üblichen, projektbegleitenden Tests durch automatisierte Tests verifiziert werden. Für die Clients sind im Umfang dieser Projektarbeit Tests im Zuge der Implementierung ausreichend.

A.2. Cache Post



powered by Astah

Abbildung A.1.: Hochladen zum Server

A.3. User-Story in der nativen App

A.4. Funktionsumfang

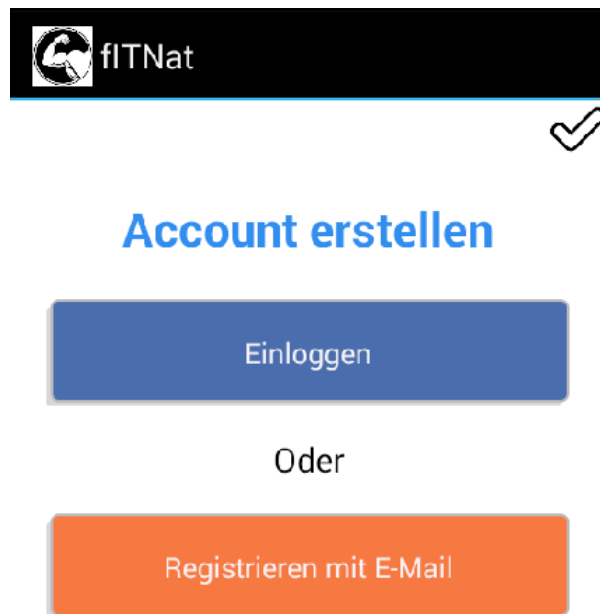
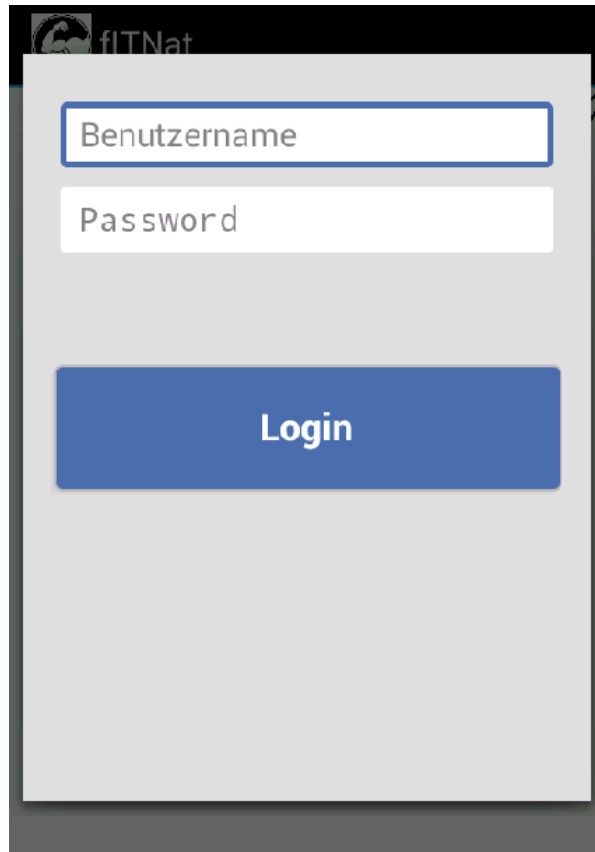
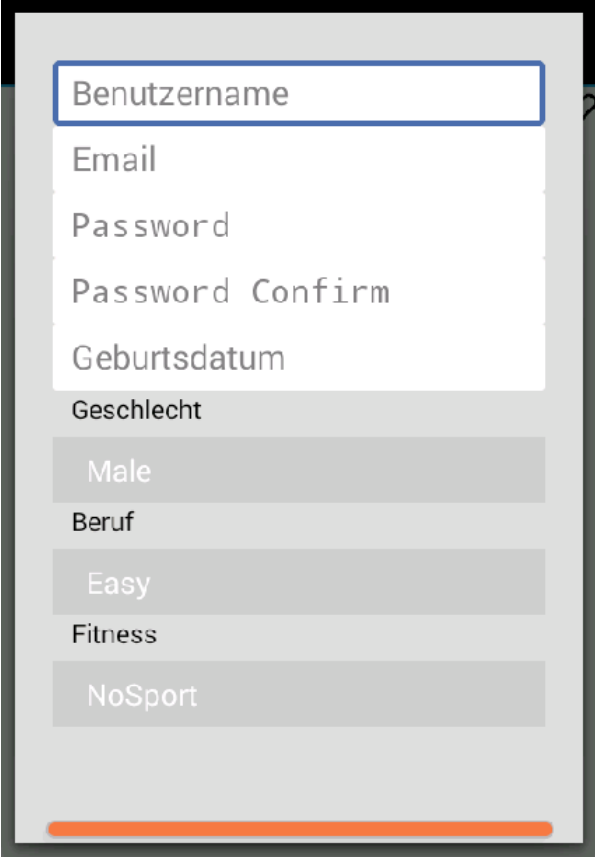


Abbildung A.2.: Startseite



The image shows a login form for a system named 'fITNat'. The form is a light gray rectangle with a thin blue border. At the top left, there is a small logo of a person running and the text 'fITNat'. Below the logo, there are two input fields: the first is labeled 'Benutzername' and the second is labeled 'Password'. Both fields are white with a light gray border. Below the input fields is a large blue button with the word 'Login' in white text. The form is set against a dark gray background.

Abbildung A.3.: Login

A registration form interface displayed on a mobile device. The form is contained within a white rounded rectangle on a grey background. It features several input fields: 'Benutzername' (highlighted with a blue border), 'Email', 'Password', 'Password Confirm', and 'Geburtsdatum'. Below these are three sections with labels and single-choice options: 'Geschlecht' with 'Male', 'Beruf' with 'Easy', and 'Fitness' with 'NoSport'. An orange horizontal bar is at the bottom of the form area.

Benutzername

Email

Password

Password Confirm

Geburtsdatum

Geschlecht

Male

Beruf

Easy

Fitness

NoSport

Abbildung A.4.: Registrierung

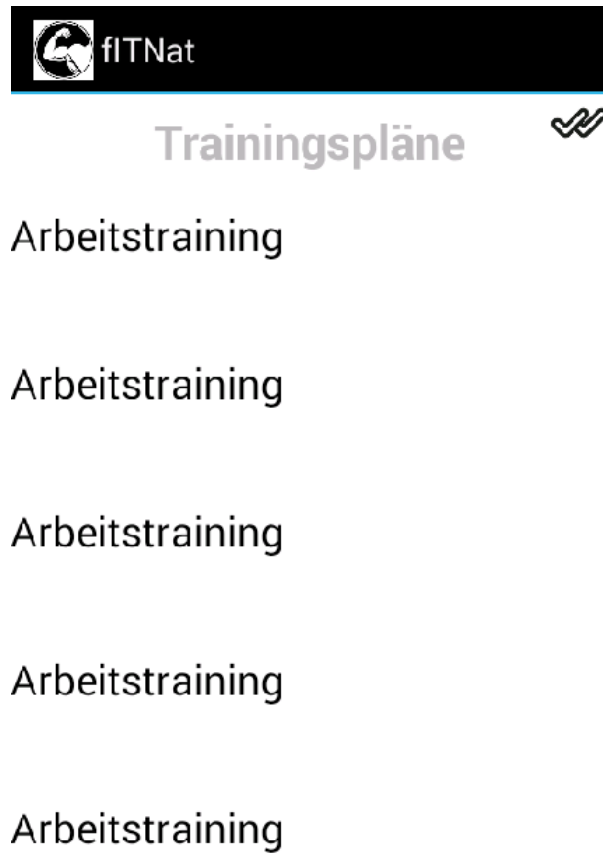


Abbildung A.5.: Übersicht der Trainingspläne

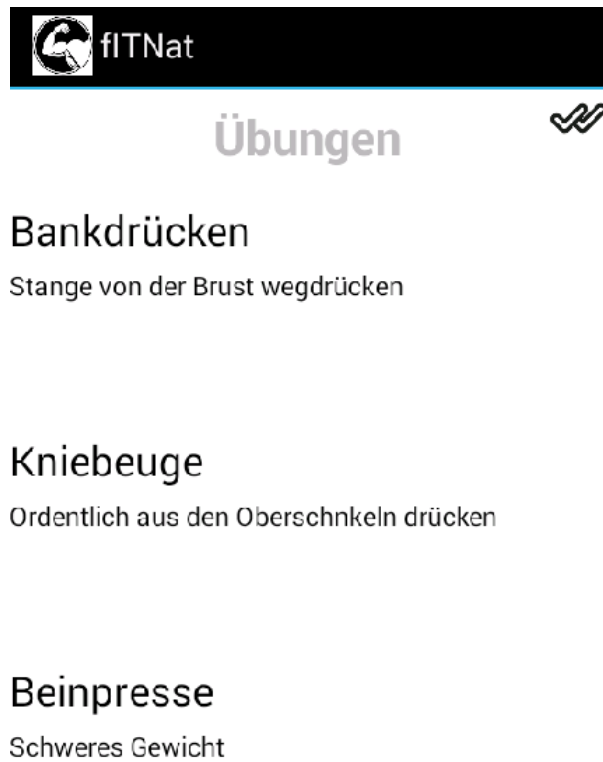


Abbildung A.6.: Übersicht der Übungen

 flTNat

Training

Übung

☐

☒

Gewicht

kg

Wiederholungen

Sätze

Speichern

Abbildung A.7.: Training

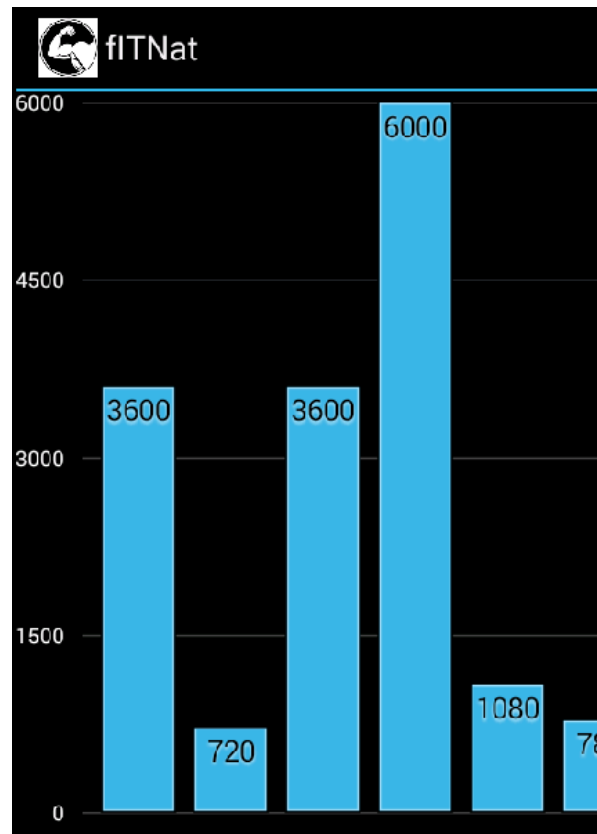


Abbildung A.8.: Statistik

Glossar

App

Kleine Programme/Applikationen für mobile Endgeräte. 5

OR-Mapper

Ein Framework zur Überführung von relationalen Tupeln in objekt-orientierte Objekte. 35

responsiv

Eine Webseite, welche responsiv gestaltet wird, passt ihr aussehen abhängig vom aufrufenden Endgerät an. Diese Technik kommt besonders Geräten mit kleineren Displays wie Smartphones oder Tablets zu Gute.. 11

User Story

Ein Anwendungsfall einer Software. Hierbei ist es möglich, dass die Abarbeitung über mehrere Oberflächen und Aktionen umgesetzt werden kann. 11

Abkürzungsverzeichnis

ACL	Access Control Lists
AES	Advanced Encryption Standard
ANR	Application Not Responding
API	Application Programming Interface
CORS	Cross-origin resource sharing
CRUD	Create Read Update Delete
DRAM	Dynamischer RAM
HTTP	Hyper Text Transfer Protocol
OR-Mapper	objekt-relationaler Mapper
PCL	Portable Class Library
RAM	Random Access Memory
SPA	Single Page Application
SRAM	Statischer RAM
TCP	Transmission Control Protocol
URI	Uniform Resource Identifier
VM	Virtuelle Maschine
XML	Extensible Markup Language
.apk	Android Package

Abbildungsverzeichnis

3.1. Abrufen vom Server	20
4.1. Use-Cases Proof-of-Concept	22
4.2. Use-Cases Messeprototyp	23
4.3. Datenbank-Entwurf	24
4.4. Aufbau der Anwendung	25
6.1. Screenshot: Swagger UI der Web Api	40
6.2. Ressourcenzugriff durch OAuth2	41
7.1. Android Activity-Lifecycle	50
7.2. Android Service-Lifecycle	53
7.3. Xamarin Platform	56
7.4. Sequenzdiagramm CRUD	69
8.1. Screenshot: Veränderung der Statusanzeige, wenn keine Verbindung zum Internet besteht	79
8.2. Screenshot: Datenmodel zur Speicherung lokaler Daten	81
10.1. Sequenzdiagramm <i>RecentOnline</i>	90
10.2. UserStory	95
A.1. Hochladen zum Server	103
A.2. Startseite	104
A.3. Login	105
A.4. Registrierung	106
A.5. Übersicht der Trainingspläne	107
A.6. Übersicht der Übungen	108

A.7. Training	109
A.8. Statistik	110

Tabellenverzeichnis

1.1. Arbeitsaufteilung	8
2.1. Meilensteinplan	12

Quelltextverzeichnis

6.1. Basisinterface für DB-Repräsentationen	35
6.2. Modelklasse für Trainingspläne	35
6.3. POST-Methode zur Erstellung eines Trainingsplans	37
6.4. Basis-Model-Klasse	38
6.5. Implementierung des Tests 'Nutzer kann eigene Daten anpassen'	45
7.1. Übertragen von Daten zwischen Activities	60
7.2. Auslesen von Daten zwischen Activities	61
7.3. Login über den <i>OnOffService</i>	62
7.4. <i>UserModel</i> für die lokale Datenbank	64
7.5. Login am Server	66
7.6. Verbindungsüberprüfung	67
7.7. Synchronisation der Offline-Daten	68
8.1. Controller für die Navigationsleiste	74
8.2. Navigation der Hauptseite erweitert um AngularJS-MarkUp	75
8.3. Routing mit AngularJs	77
8.4. Cache-Manifest-Datei	83
10.1. Design des Login-Buttons	91
10.2. Dialog-Animation	91
10.3. Statistik <i>Activity</i>	92

Literatur

- ANGULARJS: Online-Dokumentation: Controller, 2015, URL: <https://docs.angularjs.org/guide/controller>.
- DERS.: Online-Dokumentation: Dependency Injection, 2015, URL: <https://docs.angularjs.org/guide/di>.
- DERS.: Online-Dokumentation: Directiven, 2015, URL: <https://docs.angularjs.org/guide/directive#what-are-directives->.
- DERS.: Online-Dokumentation: Module \$q, 2015, URL: [https://docs.angularjs.org/api/ng/service/\\$q](https://docs.angularjs.org/api/ng/service/$q).
- DERS.: Online-Dokumentation: Module \$route, 2015, URL: [https://docs.angularjs.org/api/ng/service/\\$route](https://docs.angularjs.org/api/ng/service/$route).
- DERS.: Online-Dokumentation: Modules, 2015, URL: <https://docs.angularjs.org/guide/module>.
- DERS.: Online-Dokumentation: Scopes, 2015, URL: <https://docs.angularjs.org/guide/scope>.
- DERS.: Online-Dokumentation: Services, 2015, URL: <https://docs.angularjs.org/guide/services>.
- ARCITURA EDUCATION INC.: Service Data Forward Cache, 2015, URL: http://soapatterns.org/candidate_patterns/service_data_forward_cache.
- ATLASSIAN: Understanding JWT, 2014, URL: <https://developer.atlassian.com/static/connect/docs/latest/concepts/understanding-jwt.html>.
- BECKER, ARNDT und PANT, MARCUS: Android 2 - Grundlagen und Programmierung, 2. Aufl., Heidelberg 2010.
- BLUESMOON: Flowchart showing Simple and Preflight XHR, Aug. 2015, URL: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/ca/Flowchart_showing_Simple_and_Preflight_XHR.svg.

- BOOTH, DAVID u. a.: Web Services Architecture, Feb. 2004, URL: <http://www.w3.org/TR/ws-arch/> (besucht am 26.08.2015).
- BRAMSKI: Angular-IndexedDB, 2015, URL: <https://github.com/bramski/angular-indexedDB>.
- CANIUSE.COM: Can I Use: Cross-Origin Resource Sharing, 2015, URL: <http://caniuse.com/#feat=cors>.
- DERS.: Can I Use: IndexedDB, 2015, URL: <http://caniuse.com/#feat=indexeddb>.
- DERS.: Can I Use: Offline web applications, 2015, URL: <http://caniuse.com/#feat=offline-apps>.
- DATACOM BUCHVERLAG GMBH: Store-and-Forward-Verfahren, 2015, URL: <http://www.itwissen.info/definition/lexikon/Store-and-Forward-Verfahren-SF-store-and-forward.html>.
- DEUTSCHSPRACHIGE ANWENDERVEREINIGUNG TEX E.V.: Was ist LaTeX?, 2015, URL: <http://www.dante.de/tex/WasIstLaTeX.html>.
- DYKSTRA, TOM: Getting Started with Entity Framework 6 Code First using MVC 5, 2015, URL: <https://www.asp.net/mvc/overview/getting-started/getting-started-with-ef-using-mvc/creating-an-entity-framework-data-model-for-an-asp-net-mvc-application>.
- GUMMER, HEINZ PETER und SOMMER, MANFRED: Einführung in die Informatik, 10. Aufl., München 2013.
- IDC: Prognose zu den Marktanteilen der Betriebssysteme am Absatz vom Smartphones weltweit in den Jahren 2015 und 2019, Sep. 2015, URL: <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/182363/umfrage/prognostizierte-marktanteile-bei-smartphone-betriebssystemen/>.
- JOUDEH, TAISEER: AngularJS Token Authentication using ASP.NET Web API 2, Owin, and Identity, Juni 2014, URL: <http://bitoftech.net/2014/06/09/angularjs-token-authentication-using-asp-net-web-api-2-owin-asp-net-identity/>.
- DERS.: ASP.NET Identity 2.1 Roles Based Authorization with ASP.NET Web API, März 2015, URL: <http://bitoftech.net/2015/03/11/asp-net-identity-2-1-roles-based-authorization-authentication-asp-net-web-api/>.
- DERS.: ASP.NET Web API Documentation using Swagger, Aug. 2014, URL: <http://bitoftech.net/2014/08/25/asp-net-web-api-documentation-using-swagger/>.

- DERS.: Enable OAuth Refresh Tokens in AngularJS App using ASP .NET Web API 2, and Owin, Juli 2014, URL: <http://bitoftech.net/2014/07/16/enable-oauth-refresh-tokens-angularjs-app-using-asp-net-web-api-2-owin/>.
- DERS.: Implement OAuth JSON Web Tokens Authentication in ASP.NET Web API and Identity 2.1, Feb. 2015, URL: <http://bitoftech.net/2015/02/16/implement-oauth-json-web-tokens-authentication-in-asp-net-web-api-and-identity-2/>.
- DERS.: Token Based Authentication using ASP.NET Web API 2, Owin, and Identity, Juli 2015, URL: <http://bitoftech.net/2014/06/01/token-based-authentication-asp-net-web-api-2-owin-asp-net-identity/>.
- KANTOR, ILYA: JavaScript is single-threaded, 2011, URL: <http://javascript.info/tutorial/events-and-timing-depth#javascript-is-single-threaded>.
- KOWAL, KRIS: Documentenation q, 2015, URL: <http://documentup.com/kriskowal/q/>.
- KURTZ, JAMIE und WORTMAN, BRIAN: ASP.NET Web API 2: Building a REST Service from Start to Finish, 2. Aufl., New York 2014.
- MICROSOFT: SQL Server 2014, 2015, URL: <http://www.microsoft.com/de-de/server-cloud/products/sql-server/>.
- DERS.: Visual Studio, 2015, URL: <https://www.visualstudio.com/>.
- DERS.: Was ist Azure?, 2015, URL: <http://azure.microsoft.com/de-de/overview/what-is-azure/>.
- OPEN HANDSET ALLIANCE: Activities, Aug. 2015, URL: <https://developer.android.com/guide/components/activities.html>.
- DERS.: Application Fundamentals, Aug. 2015, URL: <https://developer.android.com/guide/components/fundamentals.html>.
- DERS.: Content Providers, Aug. 2015, URL: <https://developer.android.com/guide/topics/providers/content-providers.html>.
- DERS.: Intents and Intent Filters, Aug. 2015, URL: <https://developer.android.com/guide/components/intents-filters.html>.
- DERS.: Processes and Threads, Aug. 2015, URL: <https://developer.android.com/guide/components/processes-and-threads.html>.
- DERS.: Services, Aug. 2015, URL: <https://developer.android.com/guide/components/services.html>.
- DERS.: System Permissions, Aug. 2015, URL: <https://developer.android.com/guide/topics/security/permissions.html>.

- OPEN HANDSET ALLIANCE: User Interface, Aug. 2015, URL: <https://developer.android.com/guide/topics/ui/overview.html#Layout>.
- ROCKET, JOE: Xamarin.Android Sample Projects, URL: <http://cforbeginners.com/XamarinProjects.html>.
- ROUSE, MARGARET: Cache (Computing) Definition, Apr. 2015, URL: <http://searchstorage.techtarget.com/definition/cache>.
- DERS.: Disk Cache Definition, Apr. 2015, URL: <http://searchstorage.techtarget.com/definition/disk-cache>.
- SAUMONT, PIERRE-YVES: Do it in Java 8: Automatic memoization, Sep. 2015, URL: <https://dzone.com/articles/java-8-automatic-memoization>.
- SCHACHERL, ROMAN: Xamarin 3: Plattformübergreifende App-Entwicklung, Aug. 2015, URL: <https://entwickler.de/online/xamarin-3-plattformuebergreifende-app-entwicklung-161845.html>.
- SCHMIDT, HOLGER: Anzahl der Smartphone-Nutzer in Deutschland in den Jahren 2009 bis 2015 (in Millionen), Juni 2015, URL: <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/198959/umfrage/anzahl-der-smartphonenuutzer-in-deutschland-seit-2010/>.
- SQLITE-TEAM: About SQLite, Aug. 2015, URL: <http://www.sqlite.org/about.html>.
- STEYER, MANFRED und SOFTIC, VILDAN: Angular JS: Moderne Webanwendungen und Single Page Applications mit JavaScript, Köln 2015.
- SWAGGER: Swagger, 2015, URL: <http://swagger.io/>.
- THE APACHE SOFTWARE FOUNDATION: HTTP Proxy Caching, 2014, URL: <https://docs.trafficserver.apache.org/en/5.3.x/admin/http-proxy-caching.en.html>.
- TILKOV, STEFAN u. a.: REST und HTTP - Entwicklung und Integration nach dem Architekturstil des Web, 3. akt. u. erw. Aufl., Heidelberg 2013.
- TWINCODERS: SQLite-Net Extensions, Juli 2015, URL: <https://bitbucket.org/twincoders/sqlite-net-extensions>.
- TWITTER: Bootstrap Online Documentation, 2015, URL: <http://getbootstrap.com/css/#grid>.
- W3-TECH: Usage statistics and market share of AngularJS for websites, 2015, URL: <http://w3techs.com/technologies/details/js-angularjs/all/all>.
- W3C: HTML5 Application Cache, 2015, URL: http://www.w3schools.com/html/html5_app_cache.asp.

- WASSON, MIKE: Attribute Routing in ASP.NET Web API 2, Jan. 2014, URL: <http://www.asp.net/web-api/overview/web-api-routing-and-actions/attribute-routing-in-web-api-2>.
- DERS.: Model Validation in ASP.NET Web API, 2012, URL: <http://www.asp.net/web-api/overview/formats-and-model-binding/model-validation-in-aspnet-web-api>.
- XAMARIN INC.: Create native iOS, Android, Mac and Windows apps in C #, Aug. 2015, URL: <http://xamarin.com/platform>.
- DERS.: Cross-Platform - Application Fundamentals, Aug. 2015, URL: http://developer.xamarin.com/guides/cross-platform/application_fundamentals/.
- DERS.: Understanding Android API Levels, Aug. 2015, URL: http://developer.xamarin.com/guides/android/application_fundamentals/understanding_android_api_levels/.
- DERS.: Using SQLite.NET ORM, 2015, URL: https://developer.xamarin.com/guides/cross-platform/application_fundamentals/data/part_3_using_sqlite_orm/.