



OSTBAYERISCHE
TECHNISCHE HOCHSCHULE
REGENSBURG

Smart Car

Hauptseminar Projektstudium

An der
Ostbayerischen Technischen Hochschule Regensburg
Fakultät Informatik/Mathematik

Betreut durch Prof. Dr. Klaus Volbert

Vorgelegt von:

Knorr Thomas	3152616	HSP1
Lackner Andreas	3120204	HSP2
Schleinkofer Michael	3119501	HSP2
Welker Franz	3119754	HSP2
Wiche Fabian	3124525	HSP1

Datum: 24. April 2018

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	4
1.1	Verfügbare Lösungen	4
1.2	Zielsetzung	6
2	Use Cases	7
2.1	Aufzeichnen von Routen	7
2.2	Analyse der aufgezeichneten Daten	7
2.3	Live Daten Anzeige von OBD Daten auf dem Smartphone	8
3	System Design	9
3.1	App	10
3.1.1	Aufbau	11
3.1.2	Buildsystem	15
3.1.3	Testumgebung	16
3.2	Backend	17
3.2.1	Architektur	17
3.2.2	Modulinteraktion	19
3.2.3	Datenmodell	20
3.3	Dongle	21
3.3.1	GPS-Empfänger	23
3.3.2	On Board Diagnostic (OBD)-Schnittstelle	25
3.3.3	Zeit	26
3.3.4	Beschleunigungssensor	28
3.3.5	Bluetooth Kommunikation	28
3.3.6	Programmlogik	29

4	Implementierung	32
4.1	App	32
4.1.1	Sichten	32
4.1.2	Bluetooth	34
4.1.3	GPS	35
4.1.4	Zugriff auf Identity Server	35
4.1.5	Konfiguration	36
4.1.6	Mehrsprachigkeit	36
4.1.7	Weitere Anzeigeelemente	37
4.2	Backend	38
4.2.1	Authentifizierung und Autorisierung	38
4.2.2	Datenbank und Zugriff	39
4.2.3	Bereitstellung	41
4.2.4	Datenanalyse am Beispiel Kraftstoffverbrauch	42
4.3	Dongle	44
4.3.1	GPS und Zeit	44
4.3.2	OBD-Schnittstelle	45
4.3.3	Beschleunigungssensor	46
4.3.4	Logging	47
4.3.5	Live Daten Übertragung	50
4.3.6	Upload der Logdateien	51
4.3.7	Programmlogik	53
5	Tests	55
5.1	App	55
5.1.1	Im Browser	55
5.1.2	Als Windows App und im Android Emulator	55
5.1.3	Auf einem Endgerät	55
5.1.4	Während der Fahrt	56
5.2	Backend	56
5.3	Dongle	57

6	Ausblick	59
6.1	Identifikation des Fahrers	59
6.2	Bewertung des Fahrverhaltens	59
6.3	Ermittlung von Engpässen	60
6.4	Erstellung von Spritsparrouten	60
6.5	Softwareoptimierungen	60
6.6	Bluetooth Flashtool	60

1 Einleitung

Ein zu beobachtender Trend ist die zunehmende Digitalisierung verschiedenster Lebensbereiche mit dem Ziel, die Effizienz und Bequemlichkeit des Alltags zu steigern. Die Grundvoraussetzung für die Funktionalität bestehender und die Entwicklung neuer Lösungen ist meist eine Datenquelle welche die angebotenen Dienste mit Informationen versorgt.

Eine Industrie die dieser Trend betrifft, ist die Automobilbranche. Moderne Fahrzeuge sammeln durch die verbauten Sensoren eine Vielzahl von Daten, die sowohl den Betrieb des Fahrzeugs selbst, sowie den diverser Sicherheits- und Komfortfunktionen ermöglichen. Dabei nimmt ebenfalls die Zahl der Informationen zu, die mit dem Fahrer bzw. der Umwelt geteilt werden. Dies umfasst beispielsweise den Kraftstoffverbrauch, verbleibende Reichweite oder die Motorlast sowie Positions- und Telemetriedaten die unter anderem zukünftig mit anderen Fahrzeugen oder Serviceanbietern geteilt werden. Neben den Vorteilen für andere Verkehrsteilnehmer, durch verbesserte Unfallvermeidung oder Stauerkennung, sind die Hauptprofiteure die Fahrzeugführer bzw. Besitzer, die dadurch eine verbesserte Übersicht über ihr Fahrzeug und Fahrverhalten bekommen.

Von dieser Entwicklung ausgeschlossen sind vor allem Besitzer älterer Fahrzeuge, welche oft nur eine begrenzte Zahl von Informationen über die Kombiinstrumente teilen und keine Schnittstelle besitzen, um automatisiert Daten zu extrahieren.

1.1 Verfügbare Lösungen

Um auch Fahrzeuge älteren Baujahres oder eingeschränkter Ausstattung mit den Vorteilen moderner Analyse- und Statistikapplikationen auszustatten, sind am Markt verschiedene Lösungen verfügbar:

- Smartphone Applikationen

Hier finden sich in den App Stores verschiedene Anwendungen die Services wie das automatisierte Führen von Fahrtenbüchern[MyC18] oder Navigation gepaart mit Echtzeitmeldungen über Stau oder anderen Hindernissen anbieten[Mob18]. All diese Applikationen verwenden für ihren Betrieb entweder nur Positionsdaten durch das Global Positioning System (GPS)-Modul des Smartphones oder manuelle Eingaben der Fahrer. Die Nachteile bestehen darin, dass sowohl viel Interaktion mit der App erforderlich ist (Start und Stopp bei Fahrtantritt und -ende) als auch keine Fahrzeuginternen Daten zur Verfügung stehen, die vor allem bei Fahrzeugen ohne Boardcomputer einen bedeutenden Mehrwert darstellen.

- Pace[Gmb18]

Das Produkt der Firma Pace löst das Problem der fehlenden Fahrzeug-schnittstelle über einen Adapter der mittels OBDII Zugriff auf Fahrzeugdaten ermöglicht. Gepaart mit einer App können so Services wie ein Performance Monitor, Fehleranalyse, Spritspartraining oder ein elektronisches Fahrtenbuch angeboten werden. Der ständige Betrieb der App ist dabei zwingend erforderlich, da der eingesetzte Adapter weder über internen Speicher noch über ein eigenes GPS Modul verfügt, um eigenständig alle relevanten Daten aufzuzeichnen. Auch hier ist dadurch die ständige manuelle Interaktion des Fahrers notwendig.

- Mojio[moj18]

Im Unterschied zu den zuvor vorgestellten Ansätzen ist das Ziel von Mojio nicht nur ein Gadget für Fahrzeugbesitzer anzubieten, sondern eine Plattform für Fahrzeugdaten zu entwickeln. Die Telemetriedaten werden wie auch bei Pace über einen OBDII Adapter erfasst und in das Mojio Backend geladen. Die Firma stellt dabei lediglich die Schnittstellen und die Plattform zur Verfügung, weshalb die Anwendung nicht auf einen speziellen Adapter beschränkt ist. Mit den von vielen Fahrzeugen gesammelten Daten können im Nachgang verschiedene Statistiken und Analysen erstellt oder eigene Applikationen mit Daten versorgt werden.

1.2 Zielsetzung

Ziel des Projekts ist die Entwicklung einer ganzheitlichen Lösung, um Fahrzeuge, die nur über eingeschränkte Informationsschnittstellen verfügen, nachträglich mit den Vorzügen moderner Visualisierungs- und Statistikapplikationen auszustatten. Dazu werden die Vorteile der in 1.1 beschriebenen Lösungen vereint. Um die Fahrzeugdaten extrahieren zu können, wird ein programmierbarer OBDII Dongle verwendet, der zusätzlich über einen eigenen GPS-Empfänger und Speicher verfügt, um unabhängig von einem Smartphone Daten aufzeichnen zu können. Die zusätzliche App, mit deren Hilfe sich verschiedene Fahrzeugparameter in Echtzeit visualisieren lassen, ist damit optional. Für eine statistische Analyse der gesammelten Bewegungs- und Telemetriedaten soll ein Backend zur Verfügung gestellt werden, welches entweder über die auf der Speicherkarte gesicherten Logs oder einen Upload über das Smartphone gespeist wird. Basierend auf dieser Infrastruktur lassen sich in weiterer Folge verschiedene neue Applikationen aufsetzen.

Die Gliederung des Berichts beginnt mit einer Aufstellung der Use Cases in 2 die von der finalen Lösung umgesetzt werden sollen. Darauf folgt in Kapitel 3 eine Übersicht über die Systemarchitektur, gefolgt von der Dokumentation der Implementierung in 4, die in die jeweiligen Teilprojekte gegliedert ist. Abgeschlossen wird der Bericht durch einen Test des Gesamtsystems (5) sowie einen Ausblick auf mögliche weitere Entwicklungen (6).

2 Use Cases

Die Daten aus der OBDII Schnittstelle eines Autos, vereint mit dem GPS-Sensor und den anderen Sensoren des Dongles, bieten für eine Auswertung nahezu unbegrenzte Möglichkeiten. Aus den Analysen entstehen Anwendungsfälle, für die sich das SmartCar System verwenden lässt. Das nachfolgende Kapitel beinhaltet eine Auswahl an Use Cases auf dessen Grundlage das Design und die Implementierung der einzelnen Komponenten entstanden ist.

2.1 Aufzeichnen von Routen

Ein Anwendungsbeispiel für SmartCar ist das Aufzeichnen von Routen während der Fahrt. Der Dongle soll mithilfe des zusätzlichen GPS-Moduls nach dem Einstecken in die OBD-Schnittstelle, Fahrten aufzeichnen und auf einer SD-Karte speichern. Für jede Fahrt soll hier eine separate Datei erstellt werden. Zusätzlich zu den GPS-Koordinaten legt der Dongle noch ausgewählte Daten aus der OBD-Schnittstelle auf der SD-Karte ab. Diese Aufzeichnung erfolgt so, dass eine Darstellung und Abspeicherung in einem externen System(Backend) möglich ist und dort auch einzelne Fahrten unterscheidbar sind.

2.2 Analyse der aufgezeichneten Daten

Aus dem Abspeichern der oben genannten Informationen ergibt sich auch der zweite Anwendungsfall. Die Daten, die der Dongle abspeichert, soll ein Backend anschaulich darstellen und Auswertungen über das Erfasste anfertigen. Solche Darstellungen sind z.B. Heat-maps, auf denen Daten wie Geschwindigkeit, Motordrehzahl oder Spritverbrauch für jede Fahrt zu sehen sind. So ist es möglich

zu erkennen, auf welchen Strecken wann welche Daten erfasst wurden. Ein Nutzer kann dann beispielsweise einsehen, wann er auf welchen Strecken wie viel Treibstoff verbraucht hat und dadurch seine Fahrgewohnheiten optimieren.

2.3 Live Daten Anzeige von OBD Daten auf dem Smartphone

Die vom Dongle erfassten Daten sind aber nicht nur für eine spätere Analyse interessant, sondern liefern auch während der Fahrt wertvolle Informationen. Aus diesem Grund ist ein weiterer Einsatzzweck das Darstellen von bestimmten Live-Daten auf einer Smartphone App. Die Kommunikation zwischen App und Smartphone erfolgt hier über Bluetooth Low Energy(BLE). Solche Live-Daten sind z.B. der aktuelle Verbrauch des Autos oder die derzeitige Geschwindigkeit. Das ist vor allem für ältere Autos interessant, da sie Daten wie Spritverbrauch meist selbst noch nicht anzeigen. Aber auch Fahrer von neueren Autos können so die Ausgaben ihrer Autos mit denen der App vergleichen und etwaige Fehler im Fahrzeug erkennen.

3 System Design

Zur Erfüllung der im vorherigen Kapitel dargestellten Use-Cases wurde sich auf ein System mit drei Teilen geeinigt. Zunächst benötigt das System ein Gerät zur Aufzeichnung der OBD-Daten. Da dieses Gerät der Bequemlichkeit wegen im Fahrzeug verbleiben soll und vermutlich wenig Ressourcen besitzt, verfügt das geplante System zusätzlich noch über ein Backend welches die aufgezeichneten Daten langfristig speichern und auswerten soll. Zusätzlich erfolgt noch eine Anbindung einer Smartphone-App, welche die Fahrzeug-Daten während der Fahrt veranschaulichen soll. Der Vorteil dieser Lösung liegt in der Möglichkeit, die Software der drei Komponenten OBD-Dongle, App und Backend parallel entwickeln zu können. Somit ergibt sich das in Abbildung 3.1 dargestellte System.

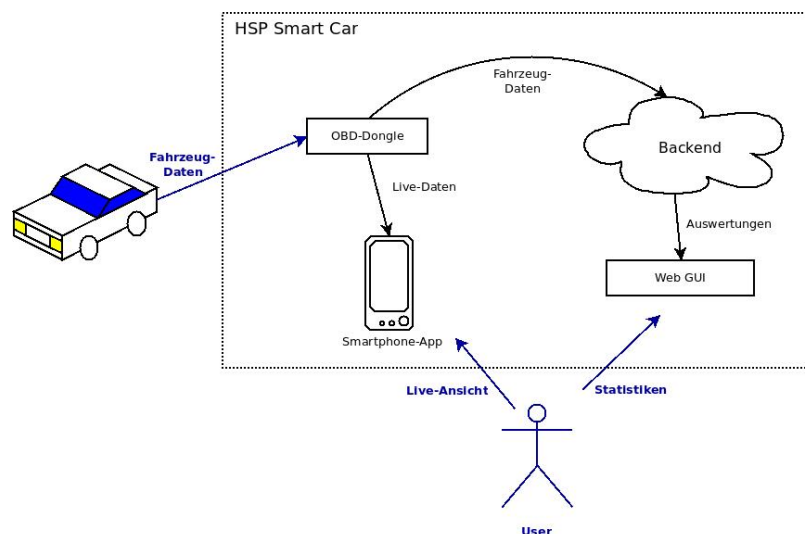


Abbildung 3.1: Darstellung des Systems im Kontext

3.1 App

Um die Fahrzeugdaten während der Fahrt analysieren zu können, sowie auch ein einfacher Weg die Daten vom OBD-Dongle ins Backend zu übertragen, wurde eine plattformübergreifende Smartphone-App erstellt. Die App ist sowohl für Android, IOS als auch Windows verfügbar. Dafür wurde das für mobile Anwendungen konzipierte Framework Apache Cordova verwendet. Dieses Entwicklungs-Framework verwendet die Standard-Web-Technologien HTML5, CSS3 und JavaScript für die Cross-Plattform-Entwicklung. Die Bibliothek visualisiert die Anwendung mittels „WebViews“, welche von den einzelnen Plattformen bereitgestellt werden. Diese zeigen die Sourcen vergleichbar einer „Webseite“ in einen Browser-Container an. Der Zugriff auf native Funktionen erfolgt über Cordova, bzw. weiteren, nativ geschriebenen, Plugins.

Bei der Entwicklung wurde mit den Spracherweiterungen TypeScript und SASS gearbeitet. Diese werden in die Standard-Web-Sprachen JavaScript und CSS kompiliert. TypeScript bringt den großen Vorteil von festen Typen, Klassen, Namespaces, Vererbungen und vieles mehr. Dadurch wird die Weiterentwicklung und Wartung im Team enorm vereinfacht, da z.B. die einzelnen Module klar, durch Klassen und Namespaces, abgegrenzt sind. Auch der Nutzen von Variablen ist durch die festen Typen schneller und leichter, auch ohne das Lesen der Dokumentation oder Kommentare, erkennbar. Ein sogar noch größerer Vorteil von TypeScript ist, dass die gewünschte ECMAScript Version bei Generierung einstellbar ist. Das heißt, falls ein älteres Smartphone unterstützt werden soll, kann diese auch bis zu ECMAScript 3 (aus dem Jahre 1999) runter gestellt werden. Dies geht zwar auf die Kosten der Performance, jedoch wäre das native Schreiben in JavaScript mit ECMAScript 3 keine wahre Alternative.

Des Weiteren wurde SASS an Stelle von CSS verwendet, welches die Standard CSS-Syntax um Variablen, Vererbung sowie Makros erweitert. Dadurch kann die Weiterentwicklung als auch die Wartung weiter erleichtert werden. Zudem ermöglicht SASS auch das Generieren verschiedener Versionen von CSS, um auch hier eine möglichst gute Abwärtskompatibilität zu gewährleisten. Eine weitere oft verwendete Funktion ist die Nutzung von Makros, welche z.B. das Einbetten von Bildern in die Style-Datei ermöglicht.

3.1.1 Aufbau

Die App ist von Beginn an in fünf große Bereiche eingeteilt, welche sich jeweils als eigene Komponente (siehe Abbildung 3.2) gliedern. Des Weiteren sind noch, zur besseren Handhabbarkeit, Unterkomponenten eingebaut, sowie Aufspaltungen der Komponenten vorgenommen worden.

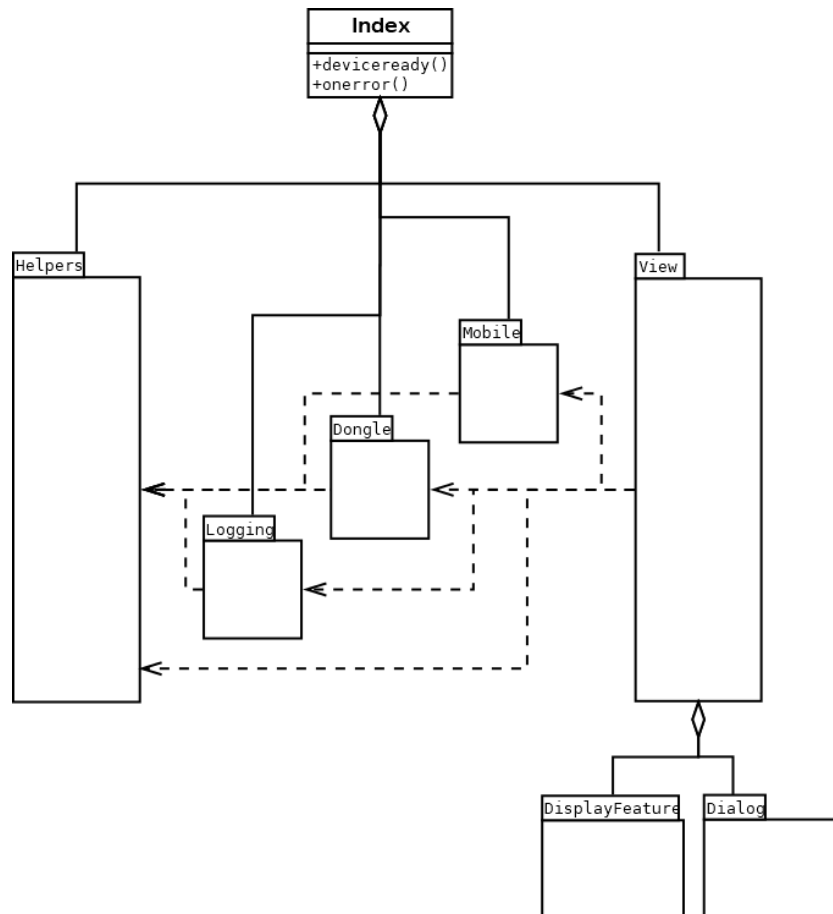


Abbildung 3.2: Komponentendiagramm der Smartphone-App

Die „Helpers“-Komponente (siehe Abbildung 3.3) besteht aus Hilfsklassen und Funktionen, die von sämtlichen anderen Hauptmodulen verwendet werden können. Dabei sind die Klassen mit dem Single-Pattern versehen und somit jederzeit über die statischen Instanzen in den jeweiligen Namespaces zugreifbar.

Die „Variables“ Dateien enthalten eine Liste von allen HTML IDs und Klassennamen, die über HTML, TypeScript als auch über SASS zugegriffen werden können. Die Liste wird nur als TypeScript Objekt im JSON-Format gepflegt und automatisch, beim Kompilieren, als SASS Variablen generiert. Für das Speichern aktueller Benutzereinstellungen und Konfigurationen (z.B. bei Neustart der App wird die letzte ausgewählte View gesetzt) steht die Klasse „Store“ zur Verfügung (Siehe Kapitel 4.1.5). Hier werden die Daten als Key-Value-Paar in die Browser eigenen „Local/Session Storage“ gespeichert. Dabei können die Daten entweder flüchtig in den „Session Store“ oder permanent in den „Local Store“ eingetragen werden.

Um die Anforderung der Mehrsprachigkeit zu gewährleisten, werden alle benötigten Texte nicht „Hard Coded“ in die Quelldateien eingefügt, sondern in die „Strings“ Klasse (Siehe Kapitel 4.1.6) ausgelagert. Hier sind alle Texte in jeder verfügbaren Sprache gespeichert. Außerdem verfügt sie über eine Funktion, welche automatisch den Text in der richtigen Sprache zurückgibt. Weiterhin enthält die Komponente die „Settings“ Klasse, die alle zur Verfügung stehenden festen Einstellungen, Standardwerte sowie Definitionen (z.B. PIDs, Storage-Keys, ClientId für den Identity Server) beinhaltet.

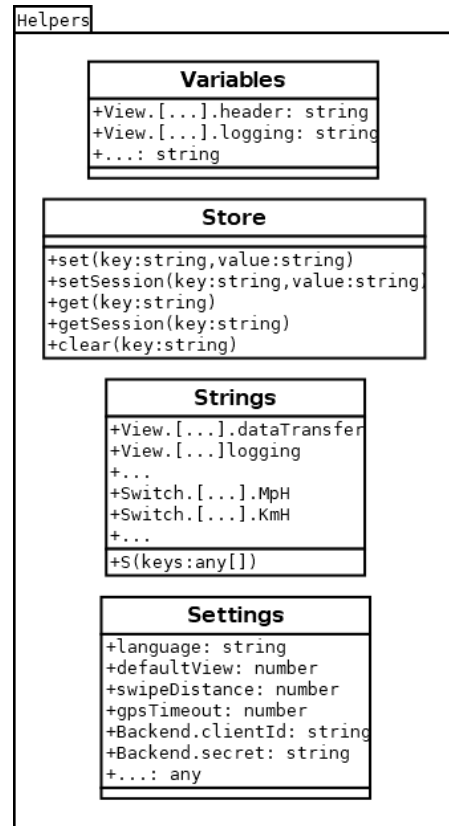


Abbildung 3.3: Klassendiagramm Komponente „Helpers“

Für die Pflege der App ist eine Protokollierung der Handlungen sowie der Fehler unumgänglich. Dazu steht die Komponente „Logging“ (siehe Abbildung 3.4) zur Verfügung. Diese enthält eine Liste von „ErrorLogEntry“-s, welche zum einen automatisch mit Systemmeldungen gefüttert wird, sowie zum anderen von jeder Komponente bespeist werden kann. Außerdem kann die Liste bei Bedarf auf der Konfigurationssicht (siehe Kapitel 4.1.1) angezeigt werden.

In der Komponente „Dongle“ (siehe Abbildung 3.5) befindet sich aktuell nur die „Bluetooth“-Klasse. Diese kümmert sich um die Bluetooth Verbindung und Kommunikation mit dem Dongle (siehe Kapitel 4.1.2). Weitere Klassen werden in Zukunft unter anderem das Herunterladen der Loggingdaten, sowie das flashen des Dongle’s mit neuer Firmware sein.

Um die Verbindung zu den nativen Schnittstellen zum Smartphone kümmert sich das Modul „Mobile“ (siehe Abbildung 3.6) und beinhaltet die benötigten GPS Funktionen (siehe Kapitel 4.1.3).

Die App ist grafisch in Ansichten, die durch Wischen nach links oder rechts durchgeschaltet werden können, eingeteilt. Diese werden von der Komponente „View“ (siehe Abbildung 3.7) verwaltet. Zurzeit stehen vier Ansichten zur Verfügung.

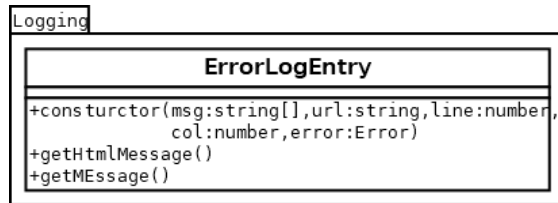


Abbildung 3.4: Klassendiagramm Komponente „Logging“

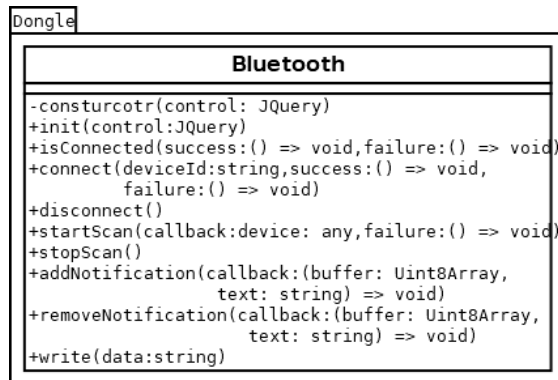


Abbildung 3.5: Klassendiagramm Komponente „Dongle“

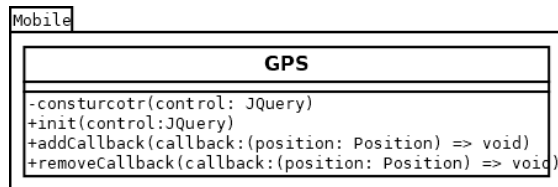


Abbildung 3.6: Klassendiagramm Komponente „Mobile“

Eine Konfigurationssicht (siehe Kapitel 4.1.1), in der Einstellungen, Verbindungsoptionen und Funktionen zum Down- und Upload der Loggingdaten zur Verfügung stehen und drei verschiedene Anzeigesichten für Livedaten (z.B. Tacho) (siehe Kapitel 4.1.1).

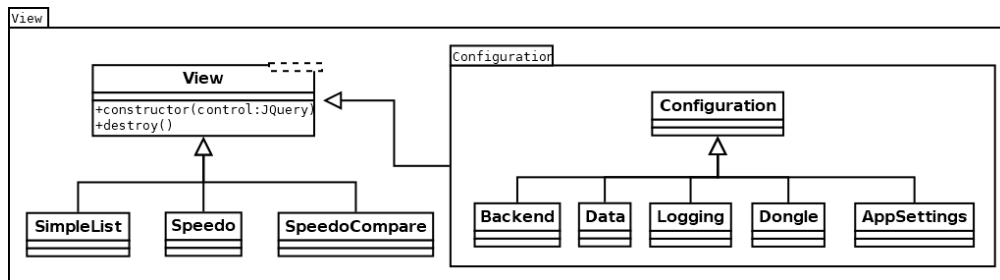


Abbildung 3.7: Klassendiagramm Komponente „View“

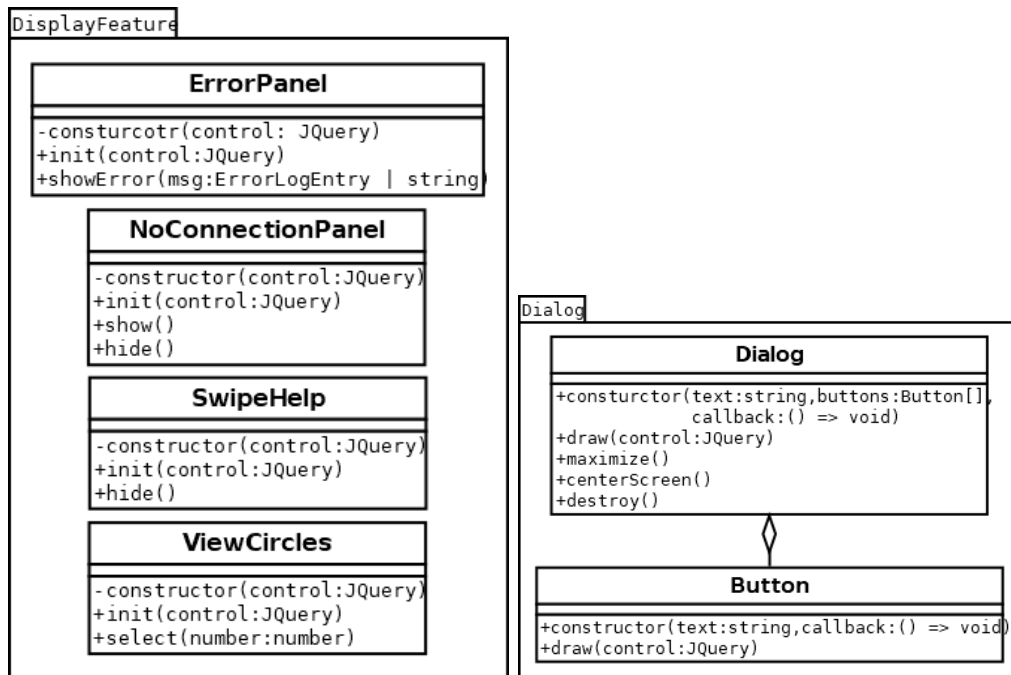


Abbildung 3.8: Klassendiagramm Komponenten „DisplayFeature“ & „Dialog“

In Paket „DisplayFeature“ (siehe Abbildung 3.8) sind Funktionen für die Anzeige von Elementen enthalten (Sie Kapitel 4.1.7). Darunter befindet sich das „ErrorPanel“, welches bei unerwarteten Fehlern, diese am oberen Rand des Displays

darstellt.

Um einen Verbindungsfehler, bzw. noch nicht verbundenen Zustand zum Dongle zu signalisieren, gibt es das „NoConnectionPanel“. Dieses stellt ein Overlay dar, welches vor den anderen Anzeigeelementen erscheint.

Für einen leichteren Einstieg in die App gibt es optional die Anzeigehilfe „SwipeHelp“, die signalisiert, dass durch das Wischen nach Links und Rechts weitere Sichten zur Verfügung stehen. Diese blendet sich automatisch nach ein paar Sekunden nach App-Start aus und kann auch komplett über die Optionen deaktiviert werden.

Die Klasse „ViewCircles“ zeigt am unteren Ende des Displays die aktuell ausgewählte Sicht durch ausgefüllte bzw. unausgefüllte Kreise an.

In der Komponente „Dialog“ (siehe Abbildung 3.8) befindet sich die gleichnamige Klasse und deren Hilfsklasse. Sie ist für das Darstellen von Dialogen mit beliebigen Inhalt zuständig. So können leicht einfache Ja-Nein-Bestätigungsdialoge und aufwändigere Dialoge, wie zum Beispiel das Suchen der Bluetooth Geräte im Umfeld (siehe Kapitel 4.1.1), implementiert werden.

3.1.2 Buildsystem

Als Buildsystem für die Smartphone-App wurde „gulp.js“ gewählt. Gulp führt dabei ein definiertes Script (ähnlich des Build-Management-Tools make) aus. In diesem File werden sogenannte Tasks in JavaScript definiert. Diese Gulp-Tasks werden direkt über die IDE (z.B VS-Code) bzw. der Shell ausgeführt. Abbildung 3.9a zeigt das Vorgehen des definierten Gulp-Tasks. Zuerst werden Variablen generiert und Bilder von den Ressourcen in die SASS-Files eingebunden. Danach werden die SASS-Dateien zu CSS Dateien und die TypeScript Dateien zu JavaScript kompiliert. Optional kann beim Release-Task eine Obfuskierung und Komprimierung des Codes durchgeführt werden.

Zur leichteren Entwicklung ist ein Watch-Task implementiert worden (Sie Abbildung 3.9b). Dieser funktioniert wie ein „Watchdog“ auf die einzelnen Dateien und triggert bei Modifikation, je nach Dateityp, das Kompilieren der einzelnen Dateien bzw. im Bedarfsfall des ganzen Systems.

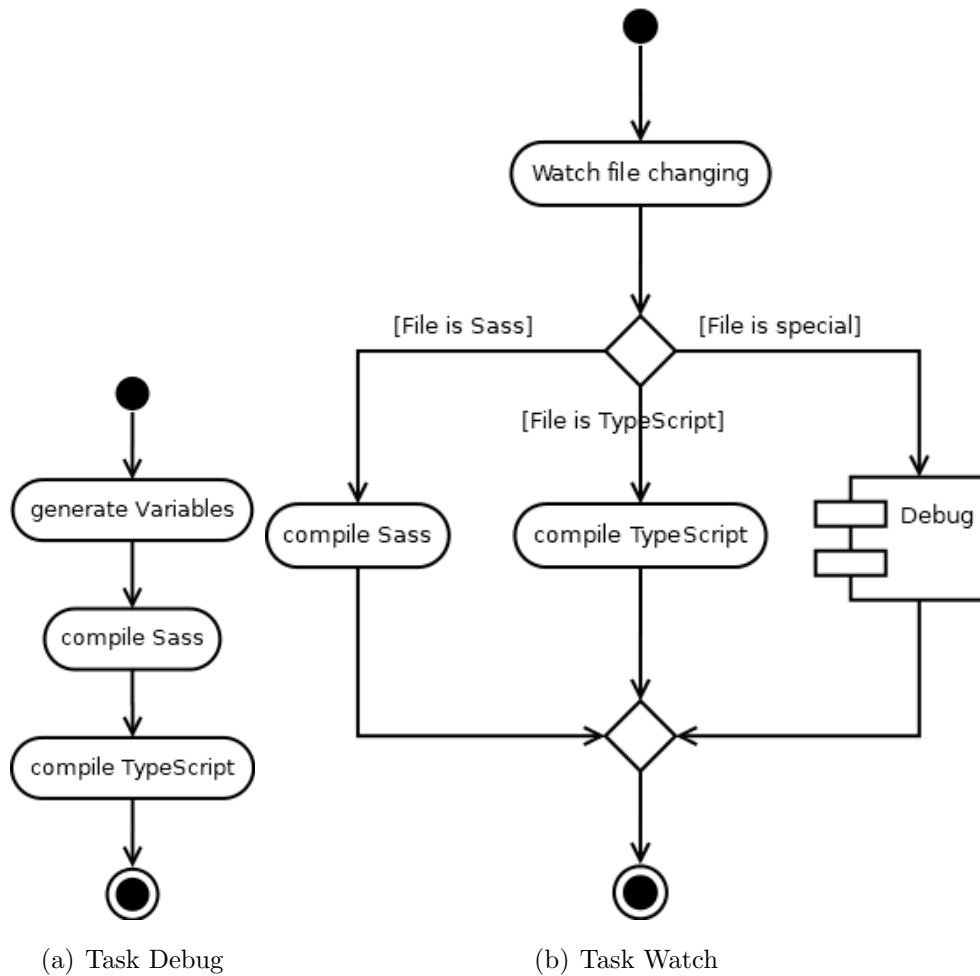


Abbildung 3.9: Aktivitätsdiagramm Buildsystem

3.1.3 Testumgebung

Da die App auf HTML basiert und plattformunabhängig ist, gibt es durch mehrere Testumgebungen diverse Möglichkeiten zum Testen. Für einfache Tests ohne viele Anforderungen (z.B. Oberflächen- / Responsive- / Designtest) kann die App einfach im Browser geöffnet werden. Falls gerätespezifische Funktionen (z.B. GPS, Bluetooth) benötigt werden, kann die App als Windows Anwendung, in einem Android Emulator oder direkt auf einem Endgerät vollständig gedebuggt werden (siehe Kapitel 5.1).

3.2 Backend

Für die Aufbereitung und Auswertung der erfassten Fahrzeugdaten wird ein Backend bereitgestellt, in das die Daten hochgeladen werden können. Der folgende angebotene Funktionsumfang deckt dabei die in Kapitel 2 definierten Anforderungen ab:

- **Manueller Datenupload (siehe ??)**
Die auf der SD Karte des Dongles gespeicherten Logfiles können hier über ein Webinterface in das Backend hochgeladen werden.
- **Fahrzeugverwaltung (siehe ?? und 2.2)**
Da ein Benutzer über mehrere Fahrzeuge verfügen kann werden auch diese im Backend verwaltet, um aufgezeichnete Fahrten einem Fahrzeug zuordnen zu können.
- **Fahrtenübersicht (siehe 2.2)**
Dieses Feature bietet eine Übersicht über alle erfassten Fahrten für einen einstellbaren Zeitraum. Ebenfalls verfügbar ist eine Detailansicht für jeden angezeigten Trip.
- **Monatliches Fahrtenbuch (siehe 2.2)**
Fasst auf monatlicher Basis alle erfassten Fahrten zusammen und ermöglicht so eine Jahresübersicht über das Fahrverhalten.
- **Übersicht über vielbefahrene Strecken (Heatmap) (siehe 2.2)**
Erfasste Fahrten werden für einen einstellbaren Zeitraum auf einer Karte als Heatmap angezeigt. Hieraus lassen sich leicht vielbefahrene Strecken ableiten.

3.2.1 Architektur

Die Umsetzung der Lösung ist in verschiedene Submodule gekapselt, die jeweils eine Teilfunktionalität umsetzen. Dadurch wird das gesamte Backend gut skalier- und erweiterbar. Die eingesetzten Module, sowie die deren Zusammenschluss, werden in Abbildung 3.10 skizziert und im Folgenden beschrieben:

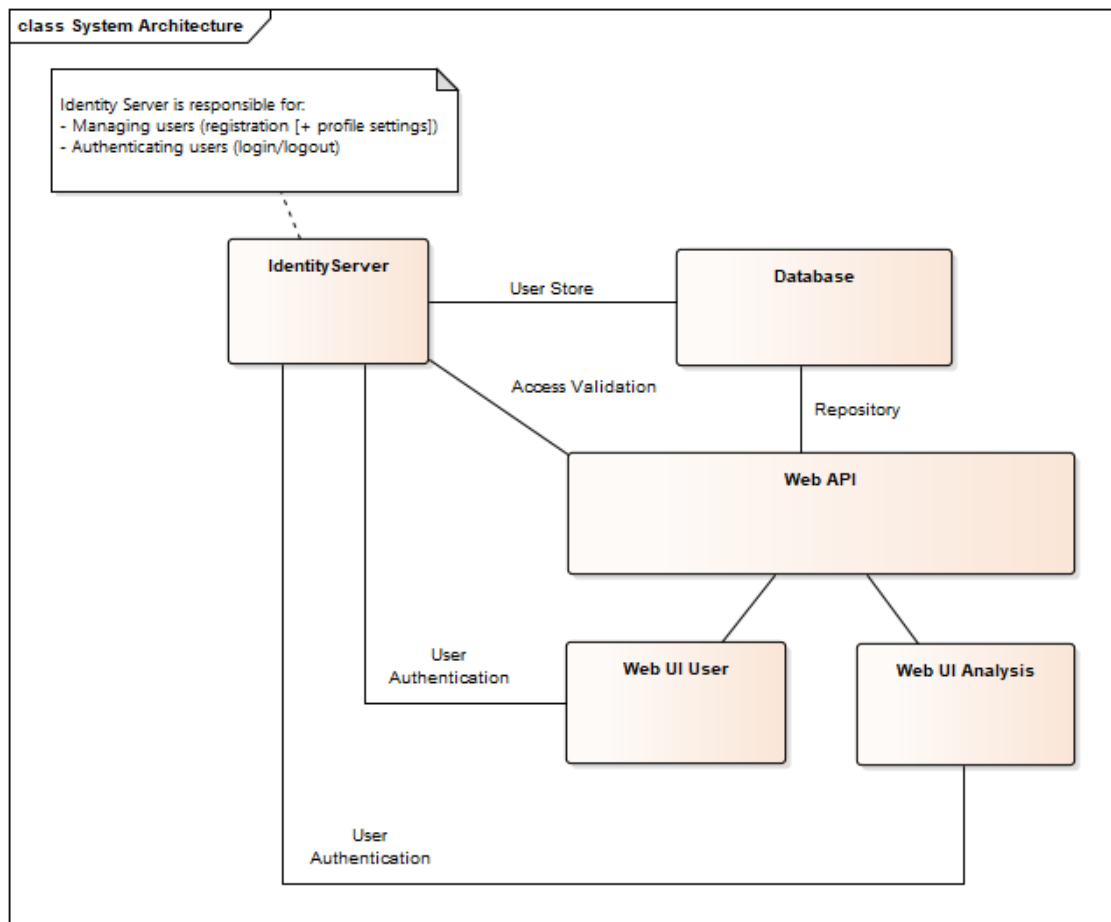


Abbildung 3.10: Backend Architektur

- Identity Server

Dieses Modul ist für die Identitätsverwaltung der Benutzer, sowohl für das Backend als auch die Smartphone App, zuständig. Hier wird über einen zentralen Single-Sign-On Dienst sowohl das Session- als auch das Rechtemanagement des Systems implementiert.

- Database

Die Datenbank persistiert sowohl die Benutzerdaten für den Identity Server, als auch die Nutzdaten die sich aus der Analyse der geladenen Fahrdaten ergeben.

- Web API

Sämtliche Zugriffe auf die Datenbank, sowie die Aufbereitung von Daten werden von einer Web API implementiert, die ihren Service als REST API zur Verfügung stellt. Dies bietet den Vorteil, dass verschiedene Applikationen über ein einheitliches Interface auf die selbe Funktionalität zugreifen können, ohne dass Funktionen redundant implementiert werden müssen.

- Web UI User

Die Schnittstelle zum Benutzer ist ein Web UI, über das die definierten Funktionen nach Außen hin angeboten werden. Die hier angezeigten Daten betreffen nur den Nutzer, welcher diese hochgeladen hat. Übergreifende Analysen werden hier nicht angeboten.

- Web UI Analysis

Für benutzerübergreifende Auswertung der Daten ist eine eigene Schnittstelle vorgesehen, da diese Funktionalität normalen Benutzern nicht zugänglich sein soll. Aufgrund zeitlicher Beschränkungen ist diese Funktion aktuell im Projekt nicht umgesetzt.

3.2.2 Modulinteraktion

Um die angebotene Funktionalität umzusetzen, interagieren die in 3.2.1 beschriebenen Komponenten miteinander. Abbildung 3.11 beschreibt abstrakt den Informationsfluss innerhalb des Backends für eine beliebige Benutzerinteraktion.

Beim ersten Aufruf einer der angebotenen Funktionen durch den Benutzer wird dieser zum Identity Server weitergeleitet, um seine Identität zu verifizieren. Anschließend kann über das Web UI eine beliebige Anfrage gestellt werden. Da das Webfrontend über keinerlei Geschäftslogik oder Datenbankzugriff verfügt, wird die aufbereitete Anfrage an die Web API weitergeleitet, wo sowohl auf persistierte Daten zugegriffen werden kann, als auch die Verarbeitung stattfindet. Die Ergebnisse werden nachfolgend an den Benutzer zurück propagiert.

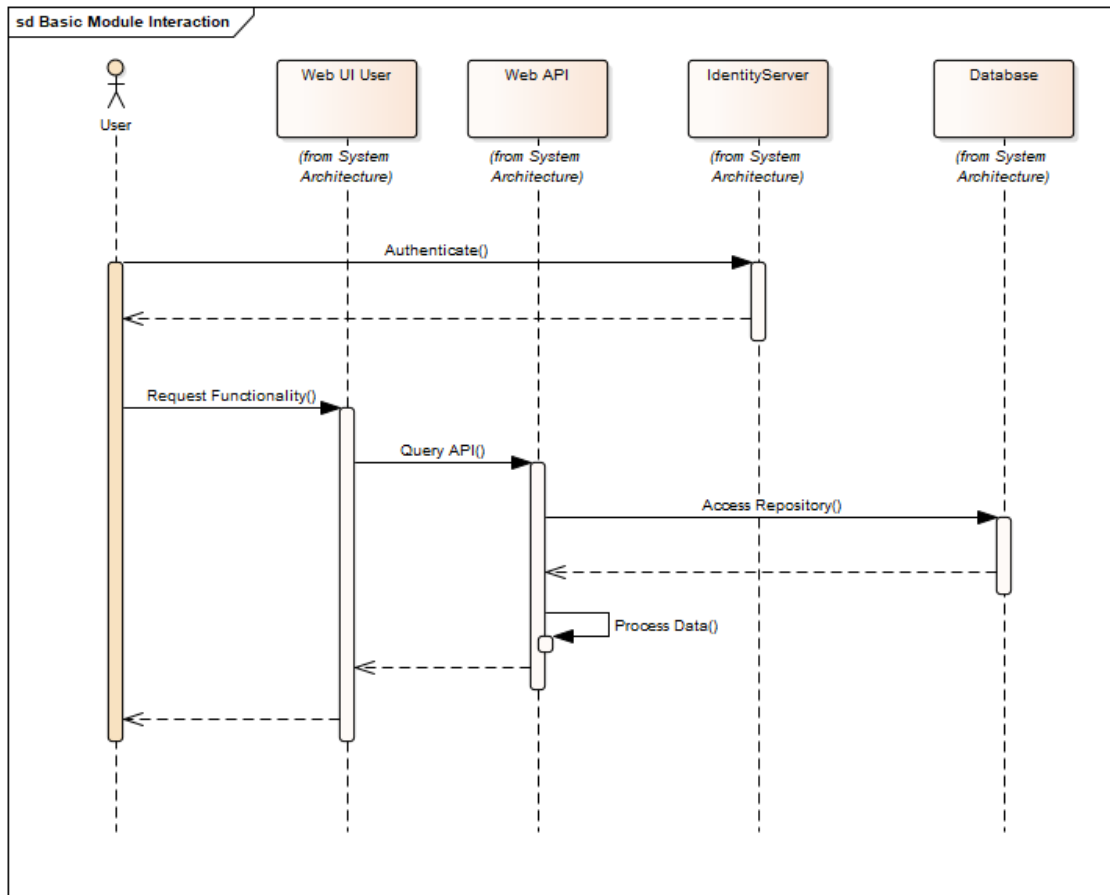


Abbildung 3.11: Basis Modulinteraktion

3.2.3 Datenmodell

Das eingesetzte Datenmodell für die Persistenz der Backenddaten teilt sich in zwei Kategorien, die nachfolgend erläutert werden:

- Benutzer

Abbildung 3.12 (a) beschreibt das Modell für die Benutzerdaten. Neben den Basisdaten des Benutzers können selbigem auch verschiedene Rollen zugeordnet werden. Die Entitäten `User Claims` und `Role Claims` beschreiben Eigenschaften von Benutzern und Rollen, die dynamisch angepasst werden können. Das Claims Konzept ist Teil des eingesetzten Identity Frameworks (Asp.Net Identity).

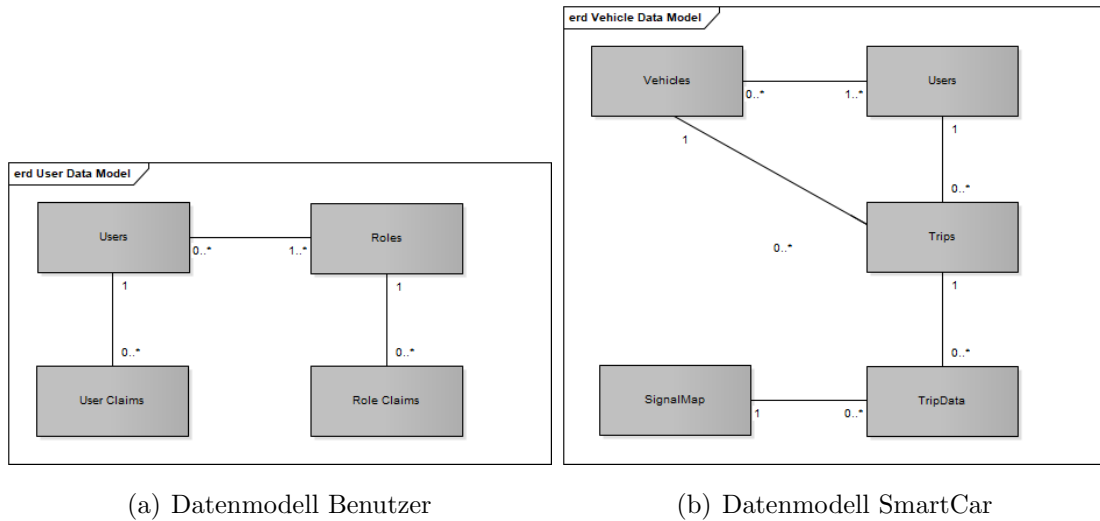


Abbildung 3.12: Backend Datenmodelle

- SmartCar

Das Datenmodell für die Anwendungsdaten wird in Abbildung 3.12 (b) gezeigt. Benutzern werden darin beliebig viele Fahrzeuge sowie Fahrten zugeordnet. Eine Fahrt (Trip) ist mit den aus den Logfiles geparsten Rohdaten verbunden (TripData), wobei jeder Eintrag einen bestimmten Signaltyp aufweist. Für eine bessere Anpassbarkeit der unterstützten Signale sind diese in die Entität SignalMap ausgelagert.

3.3 Dongle

Um die Fahrzeugdaten gemäß den beschriebenen Use-Cases erfassen zu können, wurden mehrere Freematics ONE beschafft. Dieser Dongle bietet im Gegensatz zu manch anderen Adaptern die Möglichkeit Daten auf eine SD-Karte zu schreiben, mit Bluetooth zu kommunizieren und auf möglichst einfache Weise die darauf befindliche Software zu verändern. Wie auf der Produkthomepage[Ltd18] beschrieben, nutzt der Dongle als Haupt-Controller einen ATmega328p, wie er auch auf einem Arduino UNO verwendet wird. Bei der Architektur der Dongle-Software wird deshalb für den Programmablauf ein für Arduino-Projekte klassischer Aufbau mit

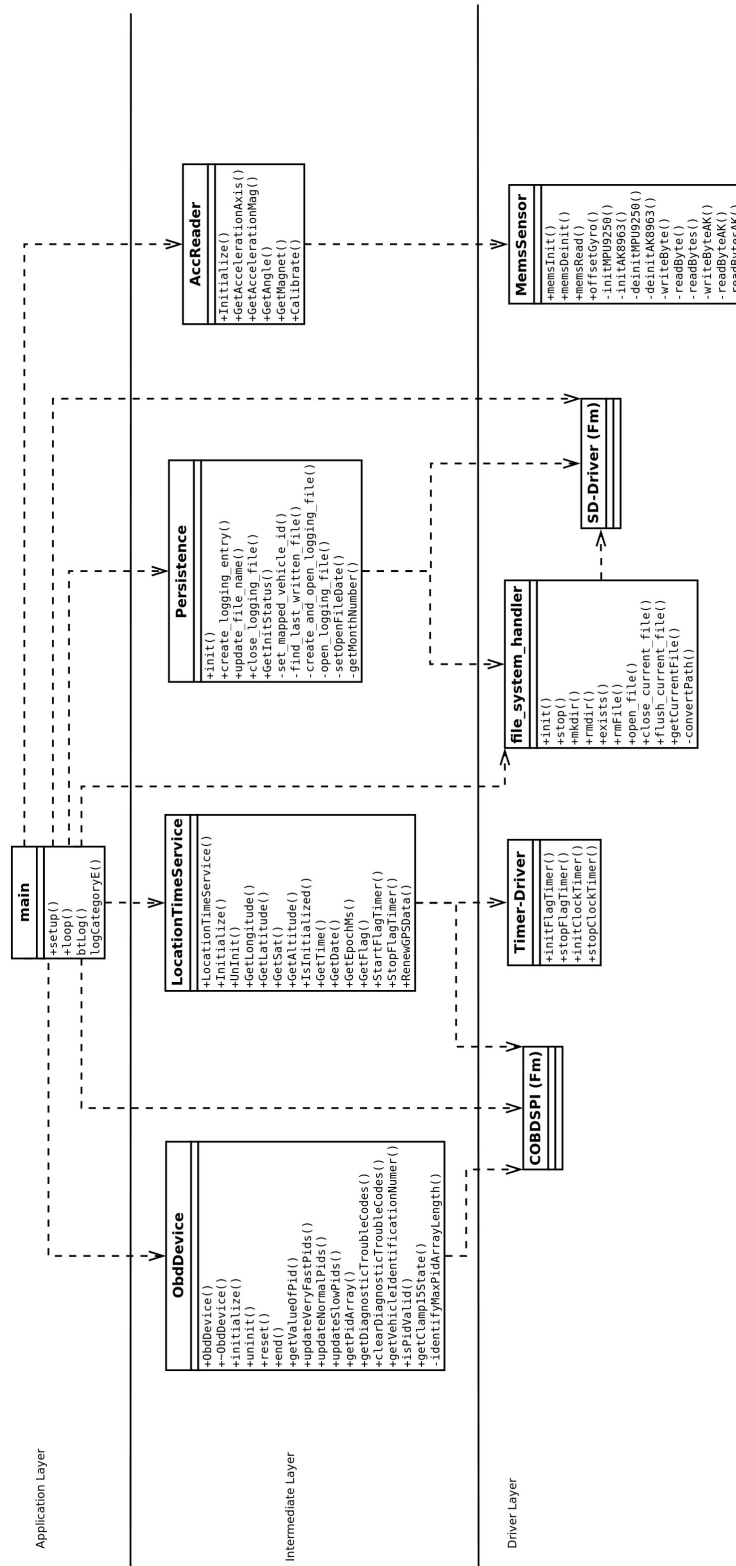


Abbildung 3.13: Architektur der Dongle-Software

einer „setup“- und einer „loop“-Funktion innerhalb einer main-Datei verwendet.

Um bei der Entwicklung der Software für den Dongle möglichst wenig Inhaltsüberschneidungen der Teammitglieder zu erreichen und um die Verständlichkeit und Wartbarkeit des Codes zu verbessern wurde entschieden die Schichtenarchitektur wie in Bild 3.13 umzusetzen. Hierbei wird für die meisten Funktionsmerkmale mindestens eine Klasse auf der Intermediate-Layer sowie der Driver-Layer implementiert. Dies hat zur Folge, dass bei einer Funktionsänderung wie beispielsweise der Verwendung eines anderen GPS-Empfängers nur die entsprechende Treiber-Klasse geändert werden muss. Die Hauptklasse mit der eigentlichen Programmlogik bleibt dabei unangetastet.

Die im Bild 3.13 mit „(Fm)“ ergänzten Klassen werden aus den Bibliotheken des Herstellers übernommen.

3.3.1 GPS-Empfänger

Da ein zentrales Ziel der Applikation die Anfertigung eines Fahrtenbuches mit Streckenaufzeichnung ist, muss auch die Position des Fahrzeuges möglichst genau bestimmt werden. Der in diesem Projekt verwendete Freematics ONE bietet hier die Möglichkeit, einen externen GPS-Empfänger über eine Universal asynchronous receiver-transmitter (UART)-Schnittstelle anzubinden.

Um die Anschaffungskosten zu reduzieren, wurde zunächst untersucht, ob neben dem von Freematics verkauften GPS-Empfänger auch andere GPS-Receiver-Chips mit dem OBD-Dongle kompatibel sind. Ein Problem bei dieser Untersuchung war die Architektur des Freematics ONE, da die Kommunikation mit dem GPS-Empfänger nicht auf dem ATmega328p Haupt-Controller sondern auf einem STM32 Coprozessor ausgeführt wird. Leider ist der Code auf dem Coprozessor nicht öffentlich einsehbar und auch nicht ohne enormen Aufwand auslesbar. Ein weiteres Problem bestand darin, dass auch ein Öffnen des Gehäuses des von Freematics selbst vertriebenen GPS-Empfängers nicht zur Identifikation des Chips beitragen konnte. Es wurde allerdings klar, dass dieser nicht der Angabe auf der Produkthomepage des Freematics ONE entsprach. Der Empfänger-Chip ist nur mit

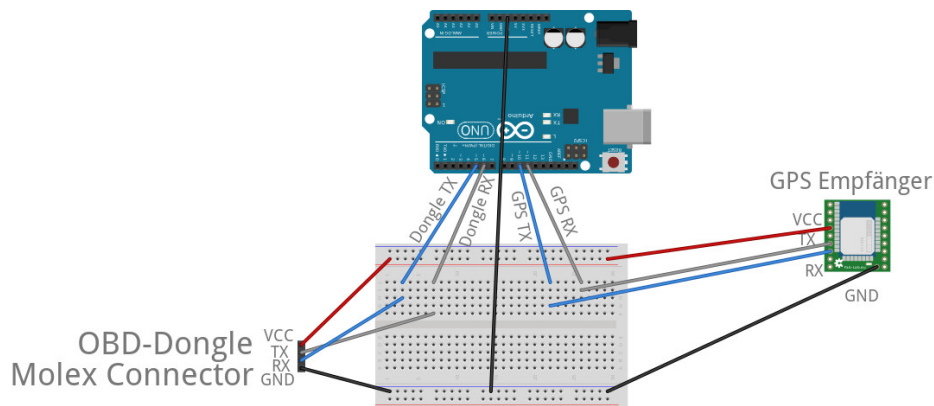


Abbildung 3.14: Versuchsaufbau zur Analyse der UART-Kommunikation zwischen Dongle und GPS-Empfänger

einem QR-Code versehen und eine Recherche zum Hersteller verwies nur auf den chinesischen Produzenten des ganzen Empfänger-Moduls[Co18].

Daher wurde eine andere Vorgehensweise zur Untersuchung der Kommunikation angewandt. Dazu wurde, wie in Abbildung 3.14 abgebildet, ein zusätzlicher Arduino UNO als Zwischenstation in die UART-Kommunikation zwischen Dongle und Empfänger eingefügt. Zwei durch Software simulierte, serielle Schnittstellen auf dem Arduino UNO wurden dann genutzt, um die vom Dongle und vom GPS-Empfänger gesendeten Daten aufzufangen, auf der über Universal Serial Bus (USB) angeschlossenen seriellen Konsole eines Rechners auszugeben und an den jeweils anderen Kommunikationspartner weiterzuleiten.

Nach Auswertung der Kommunikation stand fest, dass der von Freematics gelieferte GPS-Empfänger kompatibel zu einem u-blox UBX-G7020 ist. Dieser versendet standardmäßig Nachrichten gemäß dem National Marine Electronics Association (NMEA) Standard. Darüber hinaus wurde ersichtlich, dass der OBD-Dongle ab Werk keine Nachrichten zum GPS-Chip sendet.

Da nun allerdings der konkrete Empfänger feststand, konnte dazu die entsprechende Protocol Specification heruntergeladen und mit weiteren GPS-Empfängern

verglichen werden. Letztendlich wurde ein Pixhawk GPS Empfänger für einen Modellbau-Quadroptor auf Basis eines u-blox Neo6M mit zusätzlichem Magnetfeld-Sensor ausgewählt. Dieser Mikrochip verfügt zwar nicht über die exakt gleiche Protocol Specification, die ab Werk konfigurierte Kommunikation jedoch ist nahezu identisch und kompatibel mit der des von Freemantics gelieferten Produktes.

Um den neuen Empfänger am Dongle zu betreiben, wurde an dessen Signal-Eingängen ein 2x2-Molex Stecker passend angelötet. Die I2C-Pins des Magnetfeld-Sensors wurden dabei nicht belegt.

Ein erster Test mit der von Freemantics bereitgestellten Software zeigte die generelle Funktion des neuen GPS-Moduls. Allerdings ist die Genauigkeit des Pixhawk-Empfängers etwas schlechter als die des UBX-G7020.

3.3.2 OBD-Schnittstelle

Da der Dongle vorwiegend genutzt werden soll um die OBD-Daten (kurz Parameter Identifikators (PIDs)) aufzuzeichnen besitzt der Freemantics ONE eine hierfür passende Schnittstelle. Bei den PIDs[OBD18] handelt es sich um Daten die von bestimmten Sensoren (z.B. Drehzahl, Geschwindigkeit, Öl-Temperatur, ...) im Auto zu Verfügung gestellt werden.

Bei OBD handelt es sich um ein Protokoll welches nach dem „challenge-response“-Prinzip funktioniert. Dabei werden vom Client (Dongle) Anfragen an den Server (OBD-Steuergerät im Auto) gesendet. Dieser antwortet anschließend mit den Werten des entsprechenden Sensors.

Da es vom vorliegenden Auto abhängig ist, welche Steuergeräte verbaut sind und somit auch welche PIDs unterstützt werden, ist es nicht bei jedem Auto möglich die selben Daten auszulesen.

Da weiterhin der Platz auf dem Freemantics ONE (sowohl RAM als auch Flash) sehr begrenzt ist, wurde von vorneherein entschieden, nur bestimmte PIDs zu verwenden. Insgesamt wurden 37 PIDs ausgewählt. Um sowohl die OBD-Schnittstelle als auch den Prozessor im Freemantics ONE unter wenig Last auszusetzen, dabei allerdings möglichst viel Nutzen aus den gewonnen Informationen ziehen zu können,

wurden die PIDs in unterschiedliche Gruppen eingeteilt.

Eine Gruppe entspricht hierbei einem Zusammenschluss aus PIDs welche alle in einem gleichen Zeitintervall abgerufen werden. Es wurde sich für folgende Gruppen entschieden (Tabelle 3.1):

Tabelle 3.1: Kategorien der PIDs

Kategorie	Intervall
A	500ms
B	1,5s
C	15s
D	5min
E	neue Route
F	neues Auto

Der Tabelle 3.2 kann zum einen entnommen werden, welche PIDs ausgewählt und welcher Kategorie sie zugeordnet wurden.

3.3.3 Zeit

Auf dem Dongle muss auch eine Repräsentation der genormten Zeit vorhanden sein. So soll jeder erfasste Datenwert mit einem Zeitstempel versehen werden um mit einer totalen Ordnung die Analyse dieser Werte erst zu ermöglichen. Zum anderen sollen die Datenwerte mit einem Intervall von 500 Millisekunden erfasst werden.

Die Anforderung nach einem genauen Zeitintervall von 500 Millisekunden zwischen dem Abrufen der OBD-Werte der Kategorie A kann durch den Einsatz eines Hardware-Timers und Interrupts gelöst werden. Auf dem ATmega328p Hauptcontroller stehen dem Entwickler 3 Hardware-Timer zur Verfügung. Allerdings muss hierbei beachtet werden, dass die Arduino-Bibliothek den Timer 0 für die Funktionen `delay()` und `millis()` verwendet und dieser daher unangetastet bleiben sollte.[SB18] Da die Intervalle zum Abrufen der PID-Kategorien B, C und D ein

Tabelle 3.2: Ausgewählte PIDs

Name	Wert	Kategorie
Engine Load	0x04	A
Engine coolant temperature	0x05	C
Engine RPM	0x0C	A
Vehicle speed	0x0D	A
Air Flow Rate	0x10	A
Run time since engine start	0x1F	C
Distance traveled with malfunction indicator lamp	0x21	D
Oxygen Sensor(s) of Bank 1	0x24 - 0x2B	A
Fuel tank level input	0x2F	D
Absolute barometric pressure	0x33	C
Oxygen Sensor(s) of Bank 2	0x34 - 0x3B	A
Ambient air temperature	0x46	C
Maximum value for Equivalence Ratio	0x4F	E
Maximum value for Air Flow Rate	0x50	E
Fuel type	0x51	E
Ethanol fuel %	0x52	E
Relative accelerator pedal position	0x5A	A
Engine oil temperature	0x5C	C
Engine fuel rate	0x5E	A
Driver's demand engine-percent torque	0x61	A
Actual engine-percent torque	0x62	A
Engine reference torque	0x63	A
Engine run time	0x7F	C

Vielfaches der 500 Millisekunden der Kategorie A sind, müssen für diese keine weiteren Timer verwendet werden. Statt dessen kann ein einfacher Vergleich in Kombination mit dem Modulo-Operator genutzt werden (vgl. Abbildung 3.17).

3.3.4 Beschleunigungssensor

Zunächst wurde ermittelt, welcher Sensor im Dongle verbaut wurde. Anhand der Informationen auf der Produkthomepage sowie des Source-Codes des Treibers wurde ersichtlich, dass ein MPU-9250 Microelectromechanical System (MEMS)-Sensor mit jeweils 3 Achsen für Beschleunigungs-, Drehraten- und Magnetfeldmessung verbaut ist. Hierbei ist besonders, dass der Sensor für das Magnetfeld als I²C-Submodul am Sensor ausgeführt ist. Dies muss bei der Implementierung der Kommunikation mit dem Sensor beachtet werden.

3.3.5 Bluetooth Kommunikation

Wie dem Kapitel 2 entnommen werden kann, besteht die Möglichkeit mit dem Dongle über Bluetooth mit einer Smartphone App zu kommunizieren. Hierfür wird der Freemetics ONE mit dem Bluetooth Low Energy fähigem CC2541 Modul von Texas Instruments ausgeliefert.

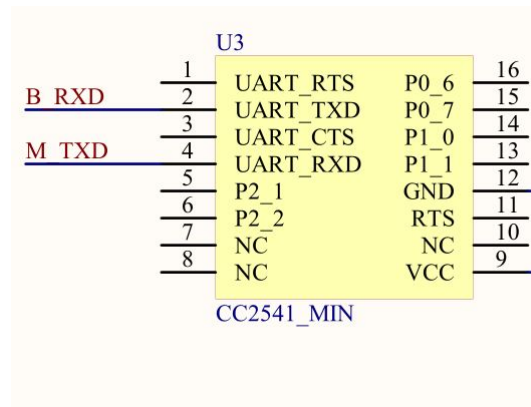


Abbildung 3.15: Schematischer Aufbau des CC2541[Fre18]

Abbildung 3.15 zeigt den schematischen Aufbau des Chips und seine PINs. Die

zwei UART Pins des Chips(UART_TXD/UART_RXD) sind mit den UART Pins des ATmega328p(B_RXD/M_TXD) verbunden. Der CC2541 ist so konfiguriert, dass jede Nachricht die von der Mikrocontroller über UART ausgibt direkt über Bluetooth nach Außen gesendet wird. Dadurch entsteht der Effekt, dass für Nachrichten, die der Dongle über die Arudino Funktion `Serial.println()` ausgibt, automatisch ein Versenden über BLE erfolgt. Analog zum Versenden lassen sich empfangene Botschaften über `Serial.read()` , oder `Serial.readBytes()` einlesen.

3.3.6 Programmlogik

Die eigentliche Programmlogik kann wie bereits erwähnt in die Teile „Setup“ und „Loop“ getrennt werden.

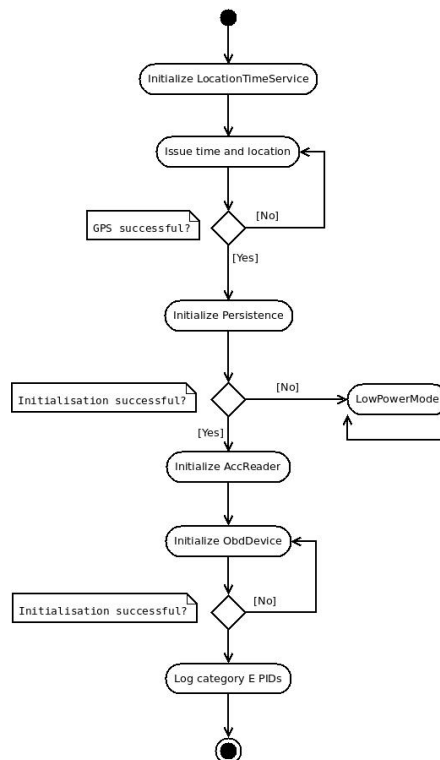


Abbildung 3.16: Programmablauf der Initialisierung

Die Abbildung 3.16 beschreibt den Ablauf des Programms beim Einstecken des Adapters in die Schnittstelle des Autos. Hervorzuheben ist, dass die Reihenfolge der Initialisierungen von großer Bedeutung ist. Näheres dazu wird im Kapitel 4.3.7 erklärt. In Abbildung 3.17 ist der Ablauf des Programms ersichtlich, welches die eigentliche Funktionalität enthält. Dies soll in drei Modi umgesetzt werden. Während des Logging-Modus werden die Fahrzeug-Daten gesammelt, auf eine SD-Karte geschrieben und per Bluetooth an ein Smartphone gesandt. Der Upload-Modus dient dazu, die gesammelten Daten auf der SD-Karte an die Smartphone-App weiterzugeben. Dies soll ein Entnehmen der Karte zum Auslesen der Daten optional machen. Der Schlafmodus dient letztendlich dazu, bei abgeschalteter Zündung das Bordnetz des Fahrzeugs möglichst wenig zu belasten.

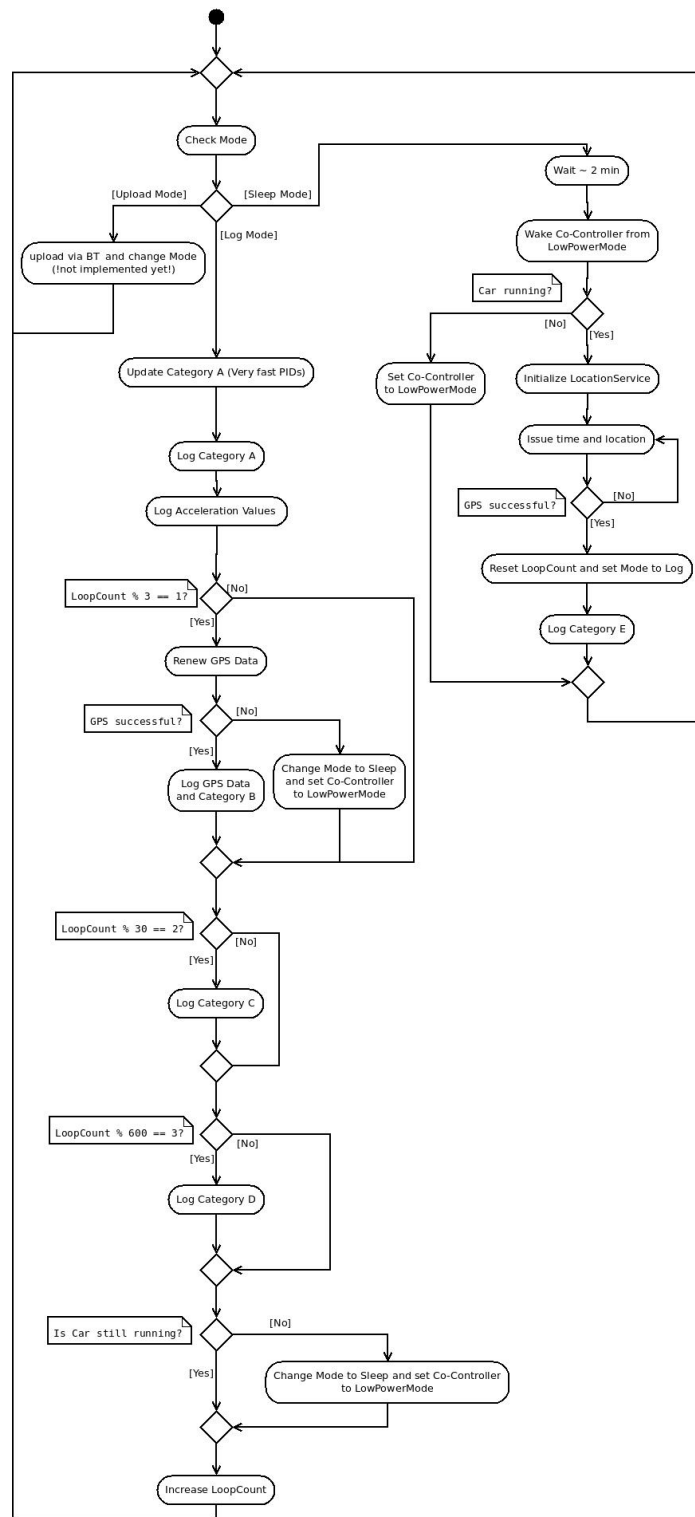


Abbildung 3.17: Programmablauf der Endlosschleife

4 Implementierung

Im folgenden Kapitel wird zunächst ein Überblick über die Implementierung der App, des Backends und des Dongels gegeben. Hierbei wird auf spezielle Anforderungen bzw. Lösungsideen eingegangen.

4.1 App

4.1.1 Sichten

Visualisierung

In der Smartphone-App stehen mehrere Sichten für die Anzeige der Live Daten zur Verfügung. Diese können über eine Callback-Funktion auf schon vorbereitete Daten vom Dongle und Smartphone zugreifen. Dadurch müssen sich diese nur noch um die bloße Darstellung der Daten kümmern. Jede Sicht fügt sich dabei selbst der Liste der Views hinzu und wird dadurch in der App angezeigt. So ist es ein Leichtes, sobald neue Daten vom Dongle zur Verfügung stehen sollten, fast unbegrenzt weitere Ansichten hinzuzufügen. Zurzeit stehen drei Sichten zur Auswahl. Eine einfache Liste mit allen vom



Abbildung 4.1: Ansicht „Speedo“

Dongle und Smartphone verfügbaren Werten. Darunter die Geschwindigkeit, gemessen vom Dongle sowohl als auch vom Handy, Drehzahl, Kühlwassertemperatur und die GPS Daten des Dongles und Smartphones.

Des weiteren eine Tachoansicht (siehe Abbildung 4.1), welche die momentan gefahrene Geschwindigkeit, Drehzahl und die Kühlwassertemperatur anzeigt.

Die letzte zurzeit implementierte Sicht ist ein Vergleich der gemessenen Geschwindigkeit von der OBD-Schnittstelle und der ermittelten Geschwindigkeit vom GPS-Sensor. Diese sind jeweils als Tacho visualisiert.

Konfiguration

Die „Konfiguration View“ (siehe Abbildung 4.2a) ist eine spezielle Sicht, in der unter anderem die Verbindung zum Dongle hergestellt werden kann. Dazu steht ein Dialog (siehe Abbildung 4.2b) zum Suchen aller in der Umgebung befindlichen Bluetooth-Geräte zur Verfügung. Beim Anklicken wird versucht eine Verbindung zu diesem Device aufzubauen. Durch Klicken auf den Button „Test“ kann geprüft werden, ob zurzeit eine Verbindung zu diesem besteht. Das gleiche Prinzip ist auch für die Verbindung zum Backend vorhanden. Hier öffnet sich beim Button „Connect“ eine Liste der Verbindungsparameter, die dazu benötigt werden. Außerdem sind in dieser Sicht noch die App-Einstellungen (z.B Km/H oder Mp/H) änderbar und die Logging-Liste auslesbar.

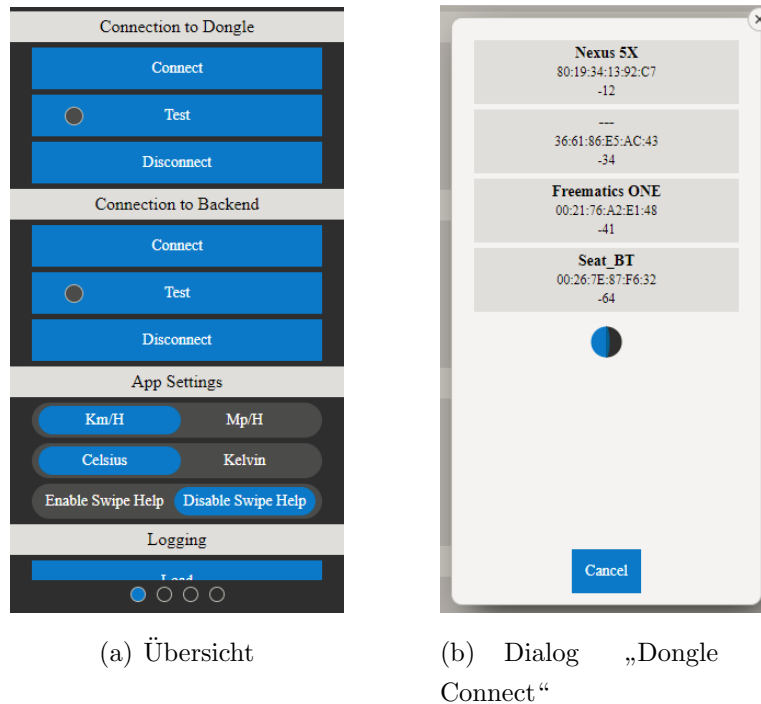


Abbildung 4.2: Ansicht „Konfiguration“

4.1.2 Bluetooth

Die Kommunikation mit dem Dongle erfolgt über Bluetooth Low Energy. Dafür wurde in der App das Cordova-Plugin „ble-central“ verwendet. Das Plugin dient als einfacher „Wrapper“ zu den nativen Funktionen. Außerdem mussten spezielle BLE-Konventionen eingehalten werden. So können Daten nur durch das Abonnieren vom Sender angebotener „Characteristic“s (32 Bit ID) von „Service“s (32 Bit ID) empfangen und gesendet werden. Welche „Service“s und „Characteristic“s angeboten werden, müssen vorher angefragt werden. Hierbei gibt es zum einen Standard-Services (z.B. Device Information - 0x180A) und zum anderen Custom-Services zum Übertragen von speziellen Daten. Das Bluetooth Modul vom Dongle ist nicht veränderbar und sendet alle Daten, die über die serielle Konsole gesendet werden über den Service 0xFFE0 und der Characteristic 0xFFE1. Dadurch kann das für BLE empfohlene Schema, das Trennen der Daten durch andere Characteristic-ID, nicht angewandt werden. Somit muss für die unterschiedlichen Anforderungen wei-

tere Merkmale zur Unterscheidung der Daten eingebaut werden.[18]

Wie auch bei normalen TCP-Netzwerkkommunikation können bei Bluetooth die Daten in Pakete aufgeteilt werden. In diesem Fall müssen die Daten beim Empfangen wieder zusammengesetzt werden. Falls in einem Callback festgestellt wird, dass ein Datensatz nicht vollständig angekommen ist, wird dieser Teil vom Puffer des aktuellen Callback's entfernt und dem Zukünftigen am Anfang hinzugefügt.

4.1.3 GPS

Um einen Vergleich der Genauigkeit des GPS-Sensors im Dongle zu erhalten, wird dieser mit dem GPS-Sensor des Smartphones verglichen. Dazu wird entweder die letzte gespeicherte Position des Betriebssystems genutzt, falls diese nicht länger als 10 Sekunden alt ist, oder eine neue Position angefordert.

4.1.4 Zugriff auf Identity Server

Um mit den Backend kommunizieren zu können, muss zuerst die Authentifizierung über den Identity Server stattfinden. Dieser bietet dafür mehrere Möglichkeiten (z.B. Authorization Code, Client Credentials). In der App wird die Authentifizierungsmethode „Password Grant“ verwendet. Dabei wird ein JSON-Objekt (siehe nachfolgenden Code) über einen HTTP-Request, mit Hilfe von AJAX, an den Server gesendet. Das Objekt enthält den Namen und das Passwort des Benutzers, sowie eine Client ID, die extra für die APP ausgestellt wurde, und ein dazu passendes Geheimnis. Der Authentifizierungsserver liefert nun ein Token zurück, mit dem nun mit dem Backend für eine gewisse Zeit kommuniziert werden kann. Dieses wird dem Backend bei jedem Request über dem HTTP Header mitgesendet.

[Har12][M J12]

```
1  {
2      username: Store.get(username),
3      password: Store.get(password),
4      scope: "openid",
5      grant_type: "password",
6      client_id: Settings.Backend.clientId,
7      client_secret: Settings.Backend.secret
8  }
```

4.1.5 Konfiguration

Es gibt Grundlegend drei Arten von Konfigurationswerten. Zum einen statische, Standard- und Initial- Werte (z.B Timeouts, Client ID / Secret, Standard Ansicht), die fest im Code integriert sind. Diese sind zur besseren Wartbarkeit in der Datei „Settings“ als JSON-Objekt gesammelt. Veränderbare Einstellungen können entweder im „Local Store“ oder im „Session Store“ als Key-Value-Paar angelegt werden. Dabei sind sie entweder flüchtig (z.B. für den Token), damit zeitlich begrenzt gelöscht, oder fest (z.B. für die Sprache) gespeichert.

4.1.6 Mehrsprachigkeit

Um die geforderte Mehrsprachigkeit zu gewährleisten, sind alle verwendeten Texte in einer JSON-Datei zusammengefasst. In dieser sind die Texte als Key-Value-Paar abgespeichert (z.B. load: „load“); falls der beinhaltende Text eine Übersetzung benötigt, kann das Key-Value-Paar optional in die jeweiligen Sprachen aufgeteilt werden (z.B. load: { en: „load“, de: „laden“ }). Die „String“-Klasse ermittelt dann mit Hilfe der eingestellten Sprache den zu verwendenden Text. Falls der Text in der aktuellen Sprache nicht verfügbar ist, wird die Standardsprache (Englisch) zurückgegeben.

4.1.7 Weitere Anzeigeelemente

Für das Anzeigen von speziellen Informationen gibt es mehrere Elemente. Zur Mitteilung von unerwarteten Fehlern gibt es einen Fehler Dialog (siehe Abbildung 4.3). Dieses zeigt am oberen Rand des Bildschirms eine Kurzinformation zum Fehler und die Information, dass sie im Logging-Bereich der Konfigurationsansicht komplett eingesehen werden kann an.

Falls keine Bluetooth Verbindung zum Dongle besteht oder diese abgebrochen oder gestört ist, wird im mittleren Teil des Displays ein Panel (siehe Abbildung 4.4) angezeigt, das dieses Ereignis visualisiert.

Für die erste Benutzung der App wird beim Starten der App eine bewegende Anzeige (siehe Abbildung 4.5) eingeblendet, die den Anwender signalisieren soll, dass durch nach Links und Rechts Wischen weitere Ansichten und Optionen zur Verfügung stehen. Diese Funktion kann, falls sie als Störend empfunden wird, in der Konfigurationssicht deaktiviert werden.

Um den Benutzer über die gerade angezeigte Sicht zu informieren, sind am unteren Ende der App Kreise (siehe Abbildung 4.6) für jede View symbolisiert. Der Kreis für die zurzeit sichtbare Ansicht ist dabei ausgefüllt. Für manche Funktionen bieten sich Dialoge am besten an. Hier gibt es zum einen kleine Dialoge wie in Abbildung 4.6 zu sehen

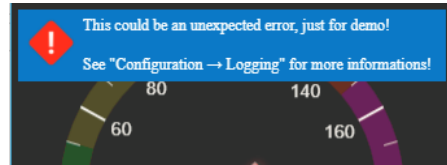


Abbildung 4.3: Error Panel



Abbildung 4.4: No Connection Panel

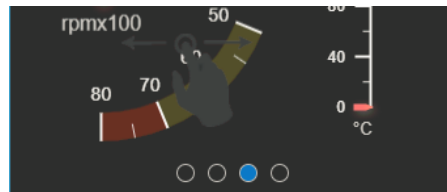


Abbildung 4.5: Swipe Help

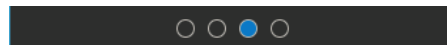


Abbildung 4.6: View Circles

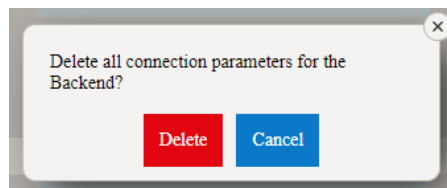


Abbildung 4.7: Dialog

und zum anderen Fullscreen-Dialoge, für zum Beispiel das Suchen der aktuellen Bluetooth Geräte im Umkreis (siehe Kapitel 4.1.1).

4.2 Backend

Als Technologie für die Implementierung des Backends wird das Asp.Net Core Framework von Microsoft eingesetzt. Grund dafür ist, dass alle benötigten Funktionen wie Webfrontends, REST APIs oder Identity Management nativ und gleichzeitig plattformunabhängig unterstützt werden. Als Programmiersprache wird C# eingesetzt.

4.2.1 Authentifizierung und Autorisierung

Für die Umsetzung der Benutzerauthentifizierung und die Rechteverwaltung wird IdentityServer4[AB18] eingesetzt. Dieses Framework erlaubt eine moderne zentralisierte Identitätsverwaltung für verschiedene Anwendungsszenarien basierend auf OpenId und OAuth2.

Das Grundkonzept des Identity Servers wird in Abbildung 4.8 gezeigt. **Benutzer** greifen dabei über verschiedene **Clients** auf geschützte **Ressourcen** wie APIs oder Anwendungsbereiche zu, die von dem Identitätsserver geschützt werden. Dieses Konzept passt auf das in diesem Projekt entstehende Szenario, in dem Benutzer entweder über die Smartphone App oder das Webfrontend des Backends (Clients) auf die Web API zugreifen (Ressource).

Der implementierte Ablauf der Authentifizierung erfolgt nach dem in Abbildung 4.9 skizzierten Schema. Beim Zugriff auf eine geschützte Funktion im Web UI wird der Benutzer auf die Login Seite des Identity Servers weitergeleitet, wo er sich entweder registrieren oder einloggen kann. Nach erfolgreicher Authentifizierung generiert der Identity Server ein Access Token, welches in der Session des Benutzers gespeichert wird und Informationen über den Benutzer, die für ihn freigegebenen Ressourcen sowie die dem Nutzer zugeordneten Claims enthält. Bei einem anschließenden Zugriff die Web API wird dieses Token mitgeschickt und von der API beim Identity Server validiert.

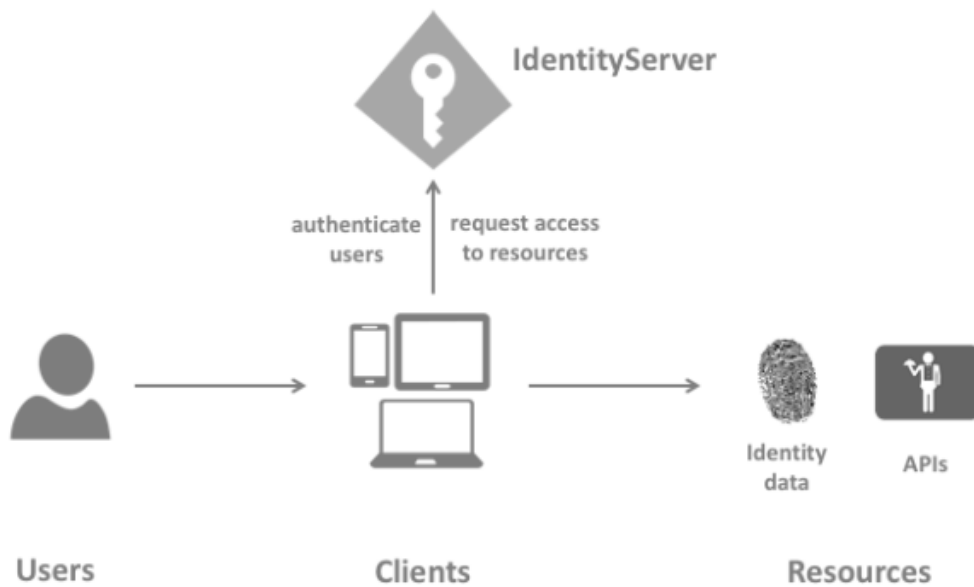


Abbildung 4.8: Terminologien des Identity Servers

4.2.2 Datenbank und Zugriff

Als Datenbank wird MySQL eingesetzt da es einfach in der Anwendung und schlank im Betrieb ist. Als alternative wurde ebenfalls Sql Server evaluiert, was den Vorteil der besseren Integration in die Asp.Net Core Umgebung gehabt hätte. Der zugehörige Docker Container (vgl. 4.2.3) hat jedoch 4GB Arbeitsspeicher erfordert, was zusätzlich zum normalen Betriebssystem und der Entwicklungsumgebung mehr als die in den Entwicklungsrechnern verbauten 8GB RAM erforderlich macht.

Der Zugriff auf die Datenbank erfolgt nicht direkt über SQL-Anfragen sondern über Entity Framework, ein Framework für objektrelationale Abbildung. Dabei werden die Daten im Hintergrund in Collections geladen, sodass es für den Benutzer aussieht, als würden die Daten direkt im RAM liegen. Dieses System bietet - insbesondere in Kombination mit Language Integrated Query (LINQ) in C#- den Vorteil, dass der Code wesentlich übersichtlicher und leichter verständlich wird, da das direkte Laden der Daten mittels SQL-Anfragen und anschließendem manuellen

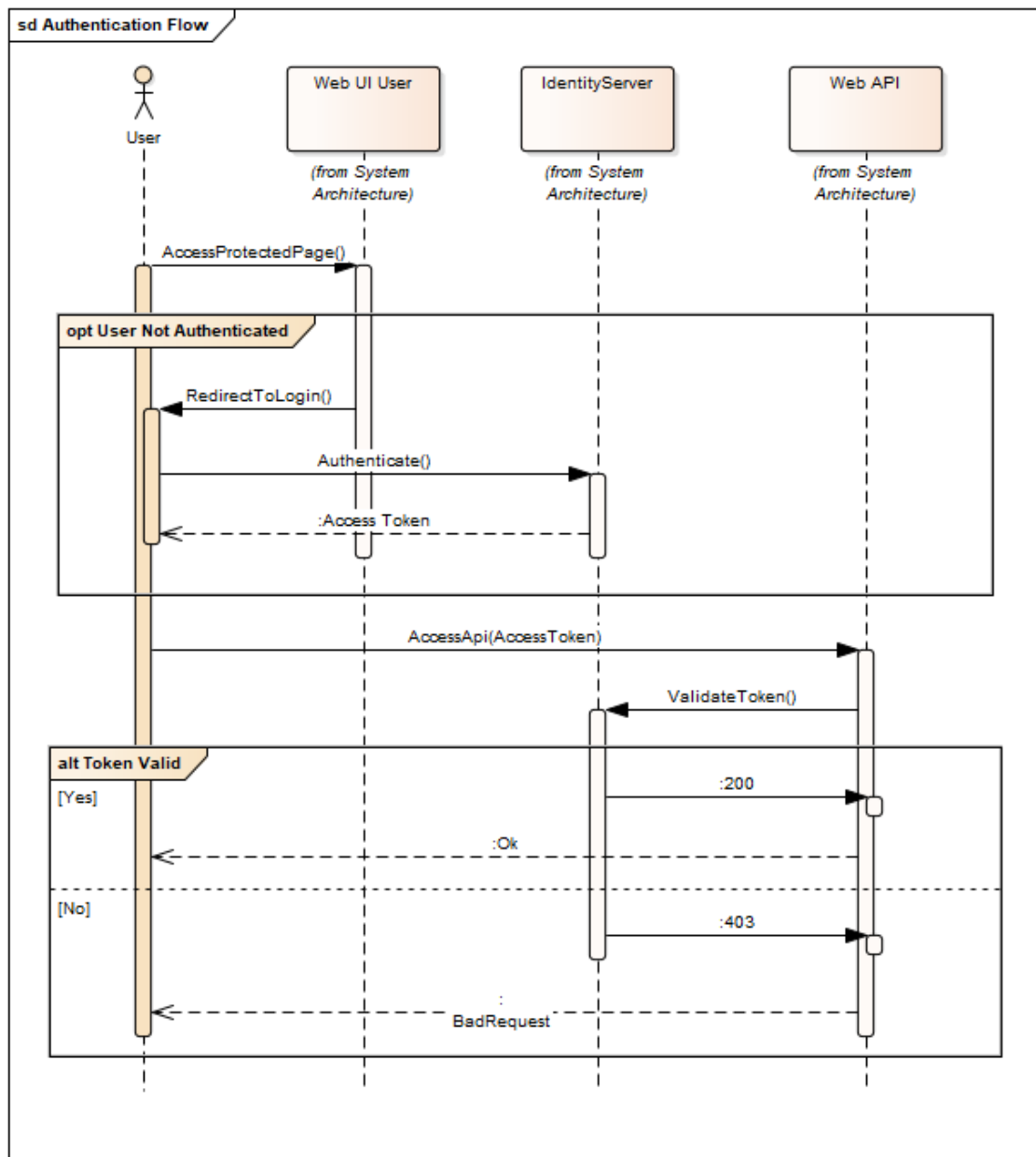


Abbildung 4.9: Ablauf der Authentifizierung beim Zugriff auf geschützte Ressourcen

Einlesen entfällt.

Für die Integration von Entity Framework für MySQL Datenbanken in einer Asp.Net Core Umgebung muss ein Third Party NuGet Paket[Mic18] verwendet werden, da zum Zeitpunkt der Entwicklung keine native Anbindung zur Verfügung steht.

4.2.3 Bereitstellung

Da das Backend aus verschiedenen zunächst unabhängigen Komponenten besteht und einige Voraussetzungen bezüglich der Infrastruktur mit sich bringt, ist die Bereitstellung einer Produktivumgebung nicht trivial. Aus diesem Grund wird die Containervirtualisierung Docker eingesetzt, um das Gesamtsystem leicht installierbar zu machen.

Docker[Inc18a] unterscheidet von normalen virtuellen Maschinen darin, dass nicht für jede Instanz ein gesamtes Hostsystem emuliert wird, sonder lediglich die Applikation samt ihrer Abhängigkeiten in dem Container stecken. In der Terminologie wird bei Docker zwischen Containern und Images unterschieden. Ein Image ist dabei ein Speicherabbild, aus dem heraus sich mehrere Container starten lassen (vergleichbar mit Klassen und Instanzen bei objektorientierter Programmierung). Für die Installation bedeutet das, dass nur die Images aller am System beteiligten Module zur Verfügung stehen müssen um aus jedem Image einen Container zu starten. Um das hochfahren komplexerer Anwendungen, die aus mehreren Containern bestehen, zu erleichtern, gibt es das Tool Docker Compose. Hiermit lassen sich verschiedene Parameter einstellen und alle Container gemeinsam starten was den Aufwand bei der Bereitstellung weiter reduziert.

Um das SmartCar Backend in einer neuen Umgebung auszurollen werden lediglich die Images der Module, sowie das docker-compose File benötigt. Zusätzlich muss natürlich Docker auf dem Zielsystem installiert sein. Ist alles vorhanden, lässt sich über den Befehl `docker-compose up` die gesamte Umgebung ohne zusätzliche Installationen hochfahren.

4.2.4 Datenanalyse am Beispiel Kraftstoffverbrauch

Wie bei 2.2 beschrieben ist, war es von Anfang an ein Ziel die Daten nicht nur zu sammeln, sondern auf diesen anschließend Analysen auszuführen um dem Fahrer somit einen Zugewinn an Informationen zu ermöglichen.

Eine dieser Analysen ist die Ermittlung des Kraftstoffverbrauchs. Aktuelle Autos stellen diese Information dem Fahrer inzwischen zwar meist per Bordcomputer zur Verfügung. Fahrer älterer Fahrzeuge erhalten diese Informationen jedoch nicht. Weiterhin könnte bei der Berücksichtigung des „Dieselskandals“ aus jüngster Zeit auch die Frage aufkommen, ob die angezeigten Informationen überhaupt der Realität entsprechen, da ja bereits die Herstellerangaben im täglichen Betrieb äußerst selten eingehalten werden können.

Um eine solche Analyse durchführen zu können, müssen zuerst die benötigten Informationen aus dem Track extrahiert werden:

Da die Anbindung der Datenbank (siehe 4.2.2 Absatz 3) das „Bottleneck“ des Backends darstellt, wurde um dieses möglichst wenig zu belasten keine generischen Funktionen geschrieben um die zur Berechnung benötigten Daten aus den Traces extrahieren, sondern für jede Analyse eine eigene. In diesen werden die Daten eines Traces durchlaufen und bei Übereinstimmung der PID mit den ausgewählten PIDs extrahiert.

Für aktuelle Autos ist es mit den gemessenen Verbrauchswerten anschließend möglich einen Kraftstoffverbrauch zu bestimmen bzw. diesen gegenüber z.B. der Geschwindigkeit in einem Diagramm anzuzeigen.

Bei älteren Autos, welche nicht messen wie viel Kraftstoff verbraucht wird oder diese Informationen nicht über OBD zu Verfügung stellen ist die Analyse komplexer. Aus diesem Grund gibt es auch mehrere wissenschaftliche Arbeiten die sich in diesem Zusammenhang auch mit der OBD Schnittstelle beschäftigen [AFO12] [FFF12]. Der Konsens dieser Arbeiten ist, dass sich der Momentanverbrauch, sofern er sich nicht über die PID 0x5E auslesen lässt, mithilfe anderer Datenwerte Berechnen lässt. Dazu wird im Grunde die Formel 4.1 verwendet.

$$Sprit(\frac{g}{sec}) = \frac{Luftmasse(\frac{g}{sec})}{\lambda * AirFuelRatio_{Stöch}} \quad (4.1)$$

Hier gibt die Konstante $AirFuelRatio_{Stöch}$ das Verhältnis von Luft und Kraft-

stoff an, bei der alle Kohlenwasserstoff-Moleküle mit allen Sauerstoffmolekülen der angesaugten Luft reagieren. Dieses Verhältnis ist für den Verbrennungsvorgang optimal, und beträgt bei Ottomotoren 14,7 und bei Dieselmotoren 14,5.

Ausgehend von Formel 4.1 kann nun anhand der Dichte auf den Momentanverbrauch in Litern geschlossen werden. Dazu verwendet man Formel 4.2. Dabei ist ρ die gemittelte Dichte des Kraftstoffs. Für Ottokraftstoff beträgt diese etwa 747,5 Gramm pro Liter, für Diesel dagegen etwa 832,5 Gramm pro Liter[Ara18].

$$Sprit(\frac{l}{sec}) = \frac{Sprit(\frac{g}{sec})}{\rho} \quad (4.2)$$

Für die Berechnung wird als nächstes λ benötigt. Hierbei handelt es sich um das gemessene Luft-Treibstoff-Verhältnis, welches über eine Lambda-Sonde gemessen wurde. Dieser Wert kann laut ISO 15031-5 mit Formel 4.3 berechnet werden.

$$EQRAT11_{(PID\ 24)} = DATAab_{(PID\ 24)} * (\frac{DATAa_{(PID\ 4F)}}{65535}) \quad (4.3)$$

$DATAab_{(PID\ 24)}$ entspricht hierbei dem Sensorwert, welcher über die ersten beiden Bytes der PID 0x24 ausgelesen wird (alternativ können je nach Verfügbarkeit auch die PIDs) 0x25-0x2B oder 0x34-0x3B verwendet werden).

$DATAa_{(PID\ 4F)}$ gibt die Skalierung an.

Sollten die PIDs) 0x24-0x2B oder 0x34-0x3B nicht verfügbar sein, gibt es auch hierfür weitere Möglichkeiten zur Berechnung. Diese benötigen jedoch immer spezifischere Daten für das Verwendete Auto und wurden deshalb mangels fehlender Messtechnik zur Überprüfung auf Korrektheit nicht weiter implementiert.

Als Letztes wird für die Berechnung noch der Luftfluss benötigt. Dieser lässt sich im einfachsten Fall mithilfe der PID 0x10 ermitteln und anschließend durch den zugehörigen Korrekturfaktor PID 0x50 korrigieren.

Für den Fall, dass der Wert des Luftmassesensors nicht abrufbar ist, so wurde in [AFO12] eine Möglichkeit vorgestellt, wie sich dieser Wert mithilfe der Werte der EngineLoad (PID 0x04) und der Motordrehzahl (PID 0x0C0) ermitteln lässt. Jedoch werden auch für diese Berechnung Fahrzeug-spezifische Messdaten benötigt welche meist nicht vorliegen.

4.3 Dongle

4.3.1 GPS und Zeit

Um den GPS-Empfänger auch in der in diesem Projekt geschriebenen Dongle-Software zu nutzen, wurde zunächst der Code des von Freematics veröffentlichten Treibers für den Coprozessor übernommen, da dieser den Datenaustausch mit dem Empfänger regelt und die serielle Schnittstelle mit diesem verbunden ist. Um die Kommunikation von der eigentlichen Anwendungslogik abzutrennen, wurde eine weitere LocationTimeService-Klasse auf Ebene der Intermediate-Layer implementiert. Diese bietet nun vereinfachten Zugriff auf die gemessenen Werte des geographischen Längen- und Breitengrads, der Höhe über Normalnull und die Anzahl der verfügbaren Satelliten. Darüber hinaus stellt sie auch Funktionen zum erneuten Abrufen und Speichern der GPS-Daten und zur Initialisierung der Kommunikation mit dem GPS-Chip über UART zur Verfügung. Dabei ist zu beachten, dass die Anzahl der Satelliten für eine möglichst korrekte Positionsbestimmung zwischen 4 und 14 liegen muss [Fou18].

Während der Initialisierung des LocationService, wird bis zu fünf mal versucht, über den Treiber des Coprozessors eine serielle Datenübertragung aufzubauen. Um die Genauigkeit vor allem des Pixhawk-Empfängers zu verbessern, wird während der Initialisierung der LocationService-Klasse der Intermediate Schicht der GPS-Chip für die Nutzung für Satellite-based augmentation systems (SBAS) konfiguriert. Dazu wird die write-Methode des Treibers genutzt, mit dem ein Byte-Array 1:1 übertragen werden kann. Gemäß der Protocol-Specification beider GPS-Module, kann SBAS mit folgendem Code konfiguriert werden:

```
1  uint8_t cmd[] = {0xB5, 0x62, 0x06, 0x16, 0x00, 0x08,
                   0x03, 0x07, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x51, 0x7F,
                   0xEE };
2  uint8_t cmdLen = 15;
3  [...]
4  //send config command
5  _coProc->setTarget(TARGET_GPS);
6  _coProc->write(cmd, cmdLen);
```

Um die Kommunikation mit dem Coprozessor nicht unnötig zu belasten und die Verarbeitung der OBD-Daten auf diesem nicht zu kompromittieren, werden

die Sensordaten nur nach Bedarf mit der Methode `RenewGPSData` in Member-Variablen der `LocationTimeService`-Klasse zwischengespeichert. Ein Aufruf der Getter-Methoden führt nur dazu, dass diese zwischengespeicherten Werte ausgegeben werden.

Da mit dem GPS auch Zeitinformationen übertragen werden, werden diese genutzt, um die aktuelle Zeit auf dem System verfügbar zu machen. Dazu erhält die `LocationTimeService`-Klasse zusätzliche Methoden um die Hardware-Timer 1 und 2 zu konfigurieren und um die Millisekunden seit dem 1.1.1970 abzurufen. Diese Zeit wird in der `LocationTimeService`-Klasse als Membervariable zwischengespeichert.

Um die GPS-Information zur „Unix-Epoch“ umzuwandeln wird auf Funktionen der Header-Datei „time.h“ zurückgegriffen, welche in der Arduino Header Sammlung enthalten ist. Allerdings muss während der Konversion der Wert 946684800 hinzuaddiert werden, da Arduino die Epoch seit dem 1.1.2000 rechnet und der genannte Wert den Sekunden zwischen 1.1.1970 und 1.1.2000 entspricht. Bei der Rückgabe der Millisekunden muss darauf geachtet werden, dass ein Datentyp mit 64 Bit verwendet wird und auch keine impliziten Umwandlungen bei der Berechnung auftreten.

In diesem Zuge wird Timer 1 mit global sichtbaren Funktionen und einem Interrupt so konfiguriert, um das Logging-Intervall von 500 ms einzuhalten. Timer 2 wird ähnlich konfiguriert, sorgt aber dafür, dass der zwischengespeicherte Epoch-Wert alle 8 Millisekunden um diesen Wert erhöht wird. Dadurch muss nicht jedes mal die GPS-Zeit abgerufen werden, wenn der Zeitstempel benötigt wird.

4.3.2 OBD-Schnittstelle

Da die Kommunikation mit der OBD-Schnittstelle ebenfalls über den Coprozessor abgewickelt wird, von welchem die Software nicht bekannt ist, wurde hier die von Freematics bereitgestellte Klasse „COBDSPI“ verwendet. Diese stellt gewisse Funktionen wie z.B. Auslesen einer PID oder der Vehicle Identification Num-

ber (VIN). Da diese Funktionen allerdings komplizierter zu verwenden sind, wurde auch hierfür auf der Ebene der Intermediate-Layer eine neue Klasse erzeugt mit der es einfacher ist die PID-Kategorien auszulesen und für die weitere Verarbeitung zu verpacken.

Da bei OBD zwar der Stecker spezifiziert ist, es allerdings trotzdem unterschiedliche Protokolle gibt welche sich durch die Belegung der Pins unterscheiden, sorgt die Implementierung außerdem dafür, dass das passende Protokoll gefunden und für spätere Neuverbindungen gespeichert wird.

Die neue Klasse stellt weiterhin eine Methode zu Verfügung mit der es möglich ist zu erkennen, ob beim Auto die Zündung getätigt wurde. Dies ist wichtig, da die OBD-Schnittstelle (bei den meisten Autos) dauerhaft mit Strom versorgt ist. Aus diesem Grund kann nicht auf einen Neustart des Fahrzeugs gewartet werden um zu entscheiden ob es sich um eine neue Strecke handelt.

Die Funktion überprüft wie viele Timeouts beim Versuch PIDs auszulesen auftreten. Sobald diese Anzahl einen Grenzwert überschreitet, wird davon Ausgegangen, dass die Zündung nicht mehr aktiviert ist. Anschließend kann in Regelmäßigen Abständen geprüft werden ob inzwischen wieder Kommunikation mit dem OBD-Steuergerät möglich ist.

4.3.3 Beschleunigungssensor

Der Treiber für den im Dongle verbauten Beschleunigungs-Sensor wurde nicht von Freematics übernommen sondern in Anlehnung an diesen neu Implementiert. Dies geschah vor allem um die Einheit der aufgezeichneten Sensorwerte selbst zu definieren und verständlicher darzustellen, sowie um Platz auf dem Flash-Speicher zu sparen.

Die AccReader-Klasse stellt nun Methoden zur Verfügung, welche für eine anzugebende Achse die Beschleunigung in g, die Rotation in Grad pro Sekunde und das Magnetische Feld in μ -Tesla zurückgeben. Darüber hinaus kann auch die Absolut-Beschleunigung zurückgegeben werden und die aktuellen Beschleunigungs- und Gyroskopwerte als „0“ kalibriert werden. Dabei ist zu bemerken, dass für das Gyroskop Biaswerte direkt in Register auf dem Sensor geschrieben werden können,

wohingegen diese Biaswerte für den Beschleunigungssensor im RAM des Haupt-Controllers vorgehalten werden müssen.

4.3.4 Logging

Für die persistente Speicherung der Daten während der Fahrt bietet der *Freematics ONE* eine SD-Karten Schnittstelle. Der *ATmega328p* kann auf dieses Interface direkt zugreifen und alle Funktionen zum Lesen und Schreiben aufrufen. Die im *SmartCar* verwendete Arduino Bibliothek bietet hierfür vordefinierte Funktionen. Zur Erhöhung der Lesbarkeit des Codes wurde diese Bibliothek noch einmal in eine extra Klasse(**Persistence**) gekapselt. Die Hierarchie ist als Ausschnitt der Kompletten Architektur in Abbildung 4.10 zu sehen.

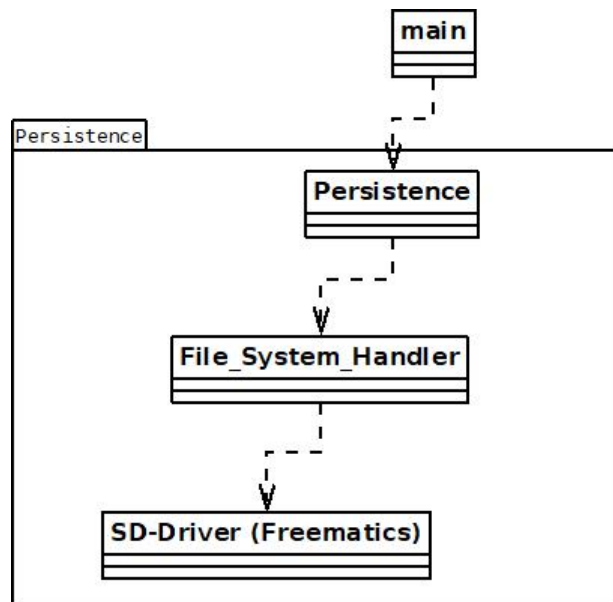


Abbildung 4.10: Hierarchie beim SD Zugriff

Die Aufteilung in die gezeigten Klassen hat aber nicht nur eine bessere Lesbarkeit zu Folge. Ein weiterer Vorteil ist auch, eine bessere Trennung der Funktionalitäten voneinander. Den zwei Klassen `Persistence` und `File_System_Handler` sind folgende Aufgaben zugeteilt:

File_System_Handler Klasse

Wie in Abbildung 4.10 zu sehen ist, greift diese Klasse direkt auf den SD-Kartentreiber zu. Der `File_System_Handler` bietet die Möglichkeit mit von außen aufrufbaren Funktionen Dateien zu erstellen, zu öffnen, zu löschen und anzulegen. Diese Klasse sollte im Gesamtsystem nur einmal vorkommen, da sie eine Menge an Speicherplatz benötigt und der RAM auf dem *ATmega328p* auf 2KB beschränkt ist.[Inc18b] Die Implementierung eines Singleton Patterns erfolgte nicht um zusätzlich benötigten Speicherplatz zu vermeiden. Des weiteren ist es pro `File_System_Handler` nur möglich eine einzige Datei zu öffnen und nicht mehrere auf einmal. Auch das ist eine Schutzmaßnahme um unnötige Speicherplatz Verschwendung zu verhindern.

Persistence Klasse

Da die erstellten Log-Dateien immer nach einem bestimmten Schema aufgebaut sind, kapselt die Klasse `Persistence` den `File_System_Handler` in sich. Um Daten zu schreiben erfolgt der Zugriff also immer über die Persistence Klasse und nicht über den `File_System_Handler` selbst. Dieser Mechanismus stellt sicher, dass die erstellten Logs immer dem selben Format entsprechen. Einheitlich formatierte Dateien stellen sicher, dass eine Verarbeitung der geloggten Daten von den anderen Elementen des Systems, wie Backend und App, immer möglich ist.

Logging Format

Wie im obigen Abschnitt bereits erwähnt zeichnen sich gute Log-Dateien durch ein einheitliches Format aus. Doch nicht nur eine Formatierung spielt beim SmartCar eine Rolle, sondern auch der Speicherbedarf. So muss bei der Erfassung der Daten in einem kompakter Format erfolgen. Dieses Anforderung folgt schon alleine aus der Tatsache, dass es möglich sein soll, die geloggten Daten von dem Dongle über Bluetooth Low Energy(BLE) zu übertragen. Wären die Daten übermäßig

groß, müsste ein Nutzer lange Zeit für den Transfer der Daten warten, was die Nutzbarkeit dieses Features beeinträchtigen würde. Für die Umsetzung dieser Anforderungen ist das Datenformat aus Tabelle 4.1 für das Logging entstanden:

Tabelle 4.1: Format eines Logging Eintrags auf der SD-Karte (15Byte)

Byte	1.	2. - 9.	10. - 11.	12. - 15.
Wert	MVID	Datum(ms)	Daten ID	Datenwert

MVID

Das erste Byte des Eintrags beschreibt die gemappte Fahrzeugnummer. Dieser Eintrag ist wichtig um die bei Verwendung des Dongles in mehreren Fahrzeugen die einzelnen Fahrzeuge und die einzelnen Routen auseinander zu halten. Die MVID ist eine fortlaufende Nummer von 0 bis 255 die bei jedem Einschalten des Fahrzeugs um eine Stelle erhöht wird. Die definierten 8 Bit stellen einen ausreichenden Zahlenraum dar, um ein komfortables Fahrtenmanagement zu gewährleisten.

Datum

Die nächsten 8 Byte beinhalten den Zeitstempel des Erfassten Wertes. Dieser wird in Millisekunden seit 01. Januar 1970 angegeben. Die Zeit ist einer der wichtigsten Werte für das Loggen, da nur so bei späteren Analysen festgestellt werden kann wann der Wert aufgenommen wurde. Der Zahlenbereich wurde auf 64 Bit festgelegt, da ein 32-Bit Wert nur bis zum Jahr 2038 zählen könnte. Mit 64 Bit lässt sich ein weitaus größerer Zeitraum abdecken und eine genaue Bestimmung für jeden Zeitstempel ermöglichen.

Daten ID

Der 3. Wert ist die ID des geloggten Datums und liegt im 10. und 11. Byte. Dieser Wert richtet sich nach der in Abschnitt 3 gezeigten OBD-Tabelle. Zusätzlich zu den OBD-IDs kann dieses Feld Werte für die GPS-Koordinaten, den Beschleunigungs-

gungssensor und das Gyroskop annehmen. Nur mit der zugehörigem ID kann dem Wert eine Bedeutung zugeteilt werden.

Wert

Die letzten 4 Bytes des Eintrags beinhalten den eigentlichen erfassten Wert. Je nach ID wird dieser Wert anders interpretiert.

Bluetooth

Wie in Kapitel 3.3.5 beschrieben, lassen sich Nachrichten über Bluetooth vom Dongle aus über die Arduino Funktion `Serial.println()` ausgeben und mit Hilfe von `Serial.read()` einlesen. Aus diesem Grund gibt es beim SmartCar Code keine eigene Driver Schicht für die Bluetooth Kommunikation, denn diese ist bereits in den Arduino Bibliotheken implementiert. Bluetooth nutzt der Dongle um die Live Daten zu übertragen und um die Daten von der SD-Karte zu übertragen. Die nächsten 2 Kapitel beschreiben wie die zwei Features implementiert sind und wie verwendete Protokolle aussehen.

4.3.5 Live Daten Übertragung

Um Verschiedene Daten der OBD Schnittstelle während der Fahrt zu visualisieren besteht eine Verbindung der APP mit dem Dongle über Bluetooth. Der Dongle sendet bestimmte Daten nach dem Auslesen über Bluetooth zur App.

Tabelle 4.2: Format einer Livedaten Nachricht

Startzeichen	ID	Trennzeichen	Wert	Endzeichen
#	uint16	:	uint32	;

Eine Live Daten Nachricht, wie in Tabelle 4.2 zu sehen gliedert sich in folgende Teile:

1. Start der Nachricht(**#**): Eine Raute am Anfang der Nachricht signalisiert, dass es sich bei dieser Nachricht um eine Live-Daten Nachricht handelt.

Dieses Markieren verhindert ein versehentliches interpretieren eine anderen Nachricht als Live-Daten Nachricht.

2. Daten ID: Direkt nach der Raute folgt die ID des Wertes der in der in der Nachricht enthalten ist. Sie richtet sich wieder nach den OBD-IDs aus Abschnitt 3
3. Trennzeichen(:): Nach der ID kommt ein Doppelpunkt als Trennzeichen
4. Wert mit ; am Ende: Als letztes enthält die Nachricht der Wert zur ID gefolgt von einem Strichpunkt und einem Zeilenumbruch

4.3.6 Upload der Logdateien

Die zweite Funktion des Dongles, die Bluetooth benötigt ist der Upload der gelogten Daten zum Smartphone. Der Dongle sendet hier nach einem Signal des Smartphones auf Nutzerwunsch Daten von der SD-Karte zur App. Dieses Verfahren ist ein zweiter Weg um die Daten vom Dongle ins Backend zur Analyse zu befördern. Das Diagramm in Abbildung 4.11 zeigt den Ablauf einer solchen Datenübertragung zwischen App und Dongle.

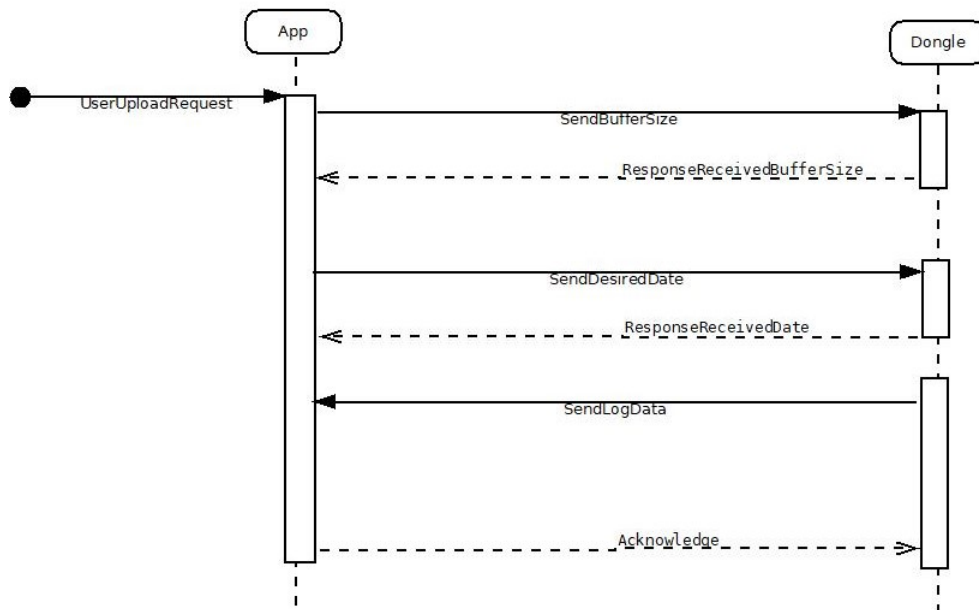


Abbildung 4.11: Ablauf des Datenuploads via Bluetooth

Der Ablauf lässt sich in 4 Teile unterteilen:

1. Nutzer Request: Der Vorgang des Datenübertragens erfolgt mit der Interaktion des Nutzers auf dem Smartphone.
2. Übertragen der Puffer Größe: Nach der Anfrage des Nutzers sendet die App eine Puffer Größe an den Dongle. Diese Zahl stellt die Maximale Anzahl an Logeinträgen dar, die gesendet werden sollen. Diese Nachricht beginnt mit zwei Raute Zeichen(ASCII) gefolgt von einem 8-Bit Wert für den Puffer. Der Dongle bestätigt den Empfang des Puffers mit dem Zurücksenden der gleichen Nachricht. So kann die App sicherstellen, dass für die Pufferübertragung kein Fehler passiert ist. Für eine Puffergröße von 55 würde die Nachricht als String folgendermaßen aussehen: ##7 (7 \equiv ASCII 55)
3. Mitteilen des Datums: Nach dem Empfang der Antwort des Dongles sendet die App dann das Datum zu dem die Daten übertragen werden sollen. Hier beginnt die Nachricht mit zwei Stichpunkten(ASCII) gefolgt von dem

Datum(ASCII) im Format DDMMYYYY. Nach Empfang der Nachricht antwortet der Dongle wie bei der Puffergröße mit der gleichen Nachricht. Für den 01. Januar 2017 wäre die Nachricht ;;01012017

4. Datenübertragung: Nach dem Austausch der nötigen Informationen beginnt der Dongle mit dem Senden der Daten bis die in 1. definierte Puffergröße erreicht wurde, oder keine Logdaten mehr vorhanden sind.

4.3.7 Programmlogik

Die Implementierung der Programmlogik erfolgte weitestgehend nach dem in Kapitel 3.3.6 vorgestellten Abläufen. Um den Zustand des Programms während der Endlosschleife zu erfassen, wurde eine Datenstruktur definiert, welche den Modus sowie den Schleifenzähler umfasst. Somit kann das Programmverhalten durch die Veränderung einer lokal sichtbaren Datenstruktur beeinflusst werden.

Um die erfassten Beschleunigungs- und GPS-Daten genau so wie die OBD-Werte loggen zu können, mussten für diese noch eigene IDs vergeben werden. Dazu wurde der Bereich 0xF0 bis 0xFF gewählt, da diese im OBD-Protokoll nicht zur Erfassung von Fahrzeugdaten verwendet werden [Sta06].

Während der Integration aller Klassen trat jedoch ein schwerwiegendes Problem auf. Wie bereits in Kapitel 3.3.6 erwähnt, traten massive Speicherprobleme auf. Zu diesem Zeitpunkt wurden alle funktionalen Klassen erst vor ihrer Initialisierung instantiiert und die Persistenzklasse war dabei als Letztes vorgesehen. Allerdings zeigte der Dongle bei der Initialisierung der Persistenz-Klasse ein undefinierbares Verhalten mit sporadischen Software-Abstürzen. Dies legte eine Knappheit von RAM nahe. Mit der von Bill Earl vorgestellten Funktion „freeMemory()“ [Ear18a] konnte nachgewiesen werden, dass zum Öffnen bzw. Erstellen einer Datei auf der SD-Karte mindestens 384 Byte im RAM verfügbar sein müssen. Allerdings wurde bei der Analyse des Speicherbedarfes auch ersichtlich, dass zum Schreiben in die bereits geöffnete Datei weniger Platz auf dem Heap benötigt wird.

Um diesem Problem entgegenzuwirken wurden mehrere Maßnahmen getroffen. Zunächst wurden alle Strings, sofern diese auch wirklich benötigt werden, mithilfe des Makros „F()“ auf den Programmspeicher im Flash des μ -Controllers ausgelagert und mehrere Funktionen als inline-Funktionen deklariert [Ear18b]. Damit soll der Stack und damit der gesamte RAM-Verbrauch optimiert werden. Darüber hinaus wurden die meisten funktionalen Klassen nun nicht mehr mit dem `new`-Operator instantiiert, sondern als global verfügbare Objekte geführt. Dies stellt einen Versuch dar, der Speicherfragmentierung bei der dynamischen Instantiierung entgegenzuwirken. Auch wird nun die Initialisierung der Persistenzklasse sofort nach der Initialisierung der LocationTimeService-Klasse durchgeführt, da zu diesem Zeitpunkt einige der verbliebenen, dynamisch allokierten Klassen noch nicht instantiiert sind und somit mehr RAM zur Verfügung steht. Ebenfalls erfolgt die Speicherung der abgefragten OBD-Werte nicht mehr in einem Array, welches groß genug ist für alle Werte. Dieses Array wurde nun so verkleinert, dass es nur noch für alle PIDs der umfangreichsten Logging-Kategorie (je nach Fahrzeug entweder Kategorie A oder Kategorie B) ausreicht. Dabei müssen allerdings die alten PID-Werte bei jedem Wechsel der Logging-Kategorie gelöscht werden.

5 Tests

Folgendes Kapitel soll einen Überblick über die durchgeführten Tests geben und gegebenenfalls aufzählen welche Erkenntnisse aus diesen erlangt wurden.

5.1 App

5.1.1 Im Browser

Beim Entwickeln der Oberfläche konnte die App im Browser getestet werden ohne diese dabei neu kompilieren zu müssen. Hier konnten zum Beispiel Tests für die verschiedenen Bildschirmgrößen durchgeführt werden.

5.1.2 Als Windows App und im Android Emulator

Für das Testen einiger Funktionen (z.B. Bluetooth) wird die Device-Umgebung benötigt. Hierfür wurde die Smartphone-App entweder als Windows App oder im Android Emulator getestet. So wurde zum Beispiel der Integrationstest zum Identity Server, bei dem spezielle Rechte für einen HTTP-Request benötigt werden, durchgeführt.

5.1.3 Auf einem Endgerät

Jedoch mussten viele Tests direkt auf dem Endgerät stattfinden. Die App kann dabei durch die im Chrome-Browser enthaltenen Debug-Features bestens, sogar über die IDE (z.B. VS-Code) „debugged“ (siehe Abbildung 5.1) werden.

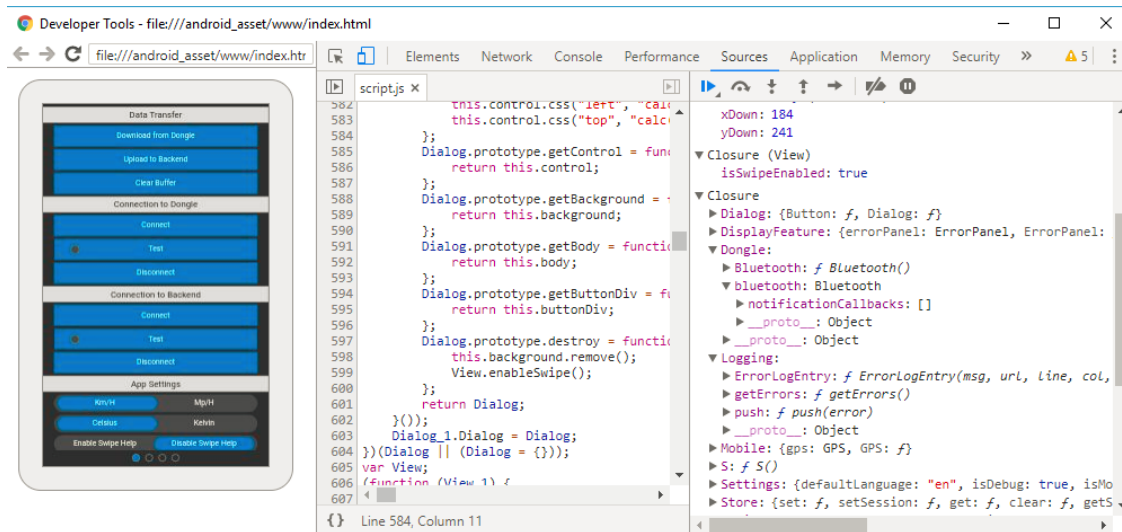


Abbildung 5.1: Debuggen der Smartphone-App auf Endgerät

5.1.4 Während der Fahrt

Da auch Fehler während der Fahrt auftreten können, hier jedoch nicht sofort auf diese eingegangen werden kann, werden diese mitprotokolliert und können nach der Fahrt ausgewertet und nachvollzogen werden.

5.2 Backend

Nach dem Erreichen des geplanten Standes des Backends wurde dieses getestet. Hierfür wurden Trips unterschiedlicher Länge mehrfach in das Backend geladen.

Bei größeren Trips konnten erhebliche Probleme mit der Performance der Interaktionen mit der Web API festgestellt werden. Insbesondere das Laden und Anzeigen der Detailansicht hat bei Trips mit einer Rohdatenmenge von ca. 500kB zu einer Verzögerung von bis zu 30 Sekunden geführt. Eine genauere Analyse hat gezeigt, dass dieses Problem durch die verwendete Third Party Library bei der Anbindung der MySQL Datenbank an das Entity Framework entsteht, die nicht in der Lage ist, größere Datenmengen zwischen der Objektdarstellung und der Datenbank auszutauschen (die reine SQL Anfrage in diesem Szenario benötigt ca.

300ms). Die einzig verbleibende Alternative um das Problem zu beheben ist der Austausch der Datenbank, wozu während der Projektlaufzeit keine Ressourcen mehr zur Verfügung stehen.

5.3 Dongle

Nach der erfolgreichen Integration der Dongle-Software erfolgte die Testphase, bei der der Dongle in iterativen Durchgängen an die OBD-Buchse verschiedener PKWs angeschlossen wurde. Hierbei wurden mehrere Fehlfunktionen entdeckt und behoben.

Es wurde zunächst deutlich, dass die Dauer der einzelnen Durchgänge der Haupt-Schleife weit über das erwartete Maß hinaus geht. Hierbei wurden die Zeitstempel zweier geloggtter OBD-Werte mit der PID 0x0C verglichen. Dieser Wert ist der erste, der in jedem Durchgang erfasst wird. Folgende Werte zeigen beispielhaft die Dauern von Durchgängen bei denen alle Logging-Kategorien mindestens einmal erfasst wurden: Eine Analyse zeigte auf, dass diese hohen Zeiten vor allem durch

Tabelle 5.1: Beispiel-Zeiten für einzelne Durchgänge der Haupt-Schleife

Durchgang	Dauer in Millisekunden	erfasste Logging-Kategorien
0	488	A
1	708	A + B
2	960	A + C
3	608	A + D
4	656	A + B

die Latenz bei der Abfrage der OBD-Daten vom Steuergerät zustande kommen. Dieses Verhalten kann nicht beeinflusst werden, stellt allerdings nur ein kleines Problem dar. Da zu jedem erfassten Wert auch ein Zeitstempel mit einer Genauigkeit von ± 8 Millisekunden gespeichert wird, ist die Einhaltung der angestrebten 500 Millisekunden für spätere Berechnungen nicht notwendig. Die Unterschiedliche

Frequenz mit der die Logging-Klassen erfasst werden, welche mittels der Modulo-Operationen auf dem Loop-Counter erreicht wird, bleibt aufgrund der geringen Änderungsrate der Werte jedoch bestehen.

Darüber hinaus zeigten die Tests, dass die Verwendung des LowPowerModes des Coprozessors nicht den Erwartungen entsprach. Der STM32 konnte zwar in einen Schlafzustand versetzt werden, die Reaktivierung des selben konnte jedoch trotz intensiver Recherche im veröffentlichten Code und im offiziellen Freemantics Forum nicht erreicht werden. Es zeigte sich allerdings, dass die verwendeten Funktionen aus den aktuelleren Versionen der offiziellen Softwarebibliotheken entfernt wurden [Hua18]. Da bereits ein Timeout bei der Abfrage von OBD-Werten dazu führt, dass die Dongle-Software ein Abstellen des Fahrzeuges vermutet, folgte daraus ein zufälliges Abbrechen der Aufzeichnung während einer laufenden Fahrt. Zur Beseitigung des Problems wurde auf die Verwendung des LowPowerModes verzichtet. Dieses Problem stellt im aktuellen Projektstand eine Verbesserungsmöglichkeit dar.

6 Ausblick

Aufgrund der beschränkten Ressourcen die für dieses Projekt zur Verfügung standen, konnte das Potential des zuvor vorgestellten Systems bei weitem noch nicht ausgeschöpft werden. Aus diesem Grund, soll das folgende Kapitel Ideen vermitteln was beispielsweise mit der Infrastruktur darüber hinaus erreicht werden kann.

6.1 Identifikation des Fahrers

Mithilfe der aufgezeichneten Beschleunigungsdaten wäre es möglich die Infrastruktur dementsprechend zu erweitern, dass aus den aufgezeichneten Daten personalisierte Fahrtenbücher auch ohne die Notwendigkeit für ID Karten oder sonstige Mittel zur Identifikation des Fahrers erstellt werden können. Dies würde vermutlich funktionieren, da jeder Fahrer seinen eigenen persönlichen Fahrstil besitzt der z.B. das Anfahren und Abbremsen beeinflusst.

Diese Möglichkeit der Identifikation hätte den Vorteil, dass auch nachträglich festgestellt werden kann wer der Fahrer war.

6.2 Bewertung des Fahrverhaltens

Ebenso wäre es mit den aufgezeichneten Daten möglich den Fahrstil der Fahrer zu bewerten. Wird beispielsweise an der Ampel mit dem Gas gespielt oder der Drehzahlbereich jedes mal bis zum roten Bereich ausgelastet?

Diese Daten wären zum einen z.B. für Versicherungen oder Firmen interessant, können allerdings auch Privatpersonen helfen z.B. herauszufinden wer der anderen Mitfahrer für den schnelleren Verschleiß von Reifen oder anderer Teile zuständig sein könnte.

6.3 Ermittlung von Engpässen

Alleine mit den aufgezeichneten GPS-Daten ist es möglich Engpässe im Straßennetz zu erkennen und dagegen entsprechende Gegenmaßnahmen in die Wege zu leiten (z.B. Ausbau von Straßen, Ampelanlagen zeitlich anders schalten, ...).

Weiterhin wäre eine solche Analyse z.B. auch für Firmen hilfreich. Dies würde nicht dazu führen, dass das Straßennetz geändert würde, aber die Fahrer könnten alternative Routen vorgeschlagen bekommen welche weniger frequentierte Strecken nutzen.

Jede dieser Möglichkeiten würde auf Dauer dazu führen, dass sich die Verkehrslage entspannen kann.

6.4 Erstellung von Spritsparrouten

Die in Kapitel 6.3 vorgestellten Ideen könnten weiterhin verwendet werden um Routen zu finden bei denen der Fahrer aufgrund von weniger Stop and Go Verkehr Sprit einsparen kann.

6.5 Softwareoptimierungen

Wie bereits in Kapitel 5.3 aufgezeigt wurde, besteht immer noch Potential, um den Dongle auf Energiesparmöglichkeiten zu untersuchen und diese zu implementieren. Zudem ist die weitere Optimierung des Codes auf RAM-Größe noch empfehlenswert, um die Probleme aus Kapitel 4.3.7 zu beheben.

6.6 Bluetooth Flashtool

Um den Atmega328P Chip neu zu programmieren muss bis jetzt auf die USB-UART Schnittstelle zurückgegriffen werden. Dieses Vorgehen ist relativ umständlich, da das Flashen über einen Desktop-PC mit der gesamten Toolchain geschehen muss. Um diesen Prozess zu erleichtern besteht die Möglichkeit die App mit einer Bluetooth Flasher Funktion zu erweitern.

Wie bereits in Kapitel 3.3.5 dargestellt, ist der Bluetooth Chip direkt mit dem Seriellen UART-Interface des Atmega328P Chips verbunden. Da der CC2541 unabhängig vom Atmega328P läuft, kann diese Tatsache ausgenutzt werden um den Atmel Chip direkt über Bluetooth zu flashen. Ein solches Feature in der App erleichtert das Ausrollen von neuen Software Updates sehr.

Der Nutzer müsste hier nur den neuen Programmcode auf sein Smartphone laden und könnte dann den Dongle neu flashen. Daraus entstünden die folgenden Vorteile:

1. App-Software und Dongle-Software können immer gleichzeitig aktualisiert werden und passen so jeder Zeit zueinander
2. Jeder Nutzer kann den Dongle mit einem Smartphone neu flashen. Ein Bugfix kann so schnell ausgerollt werden

Abbildungsverzeichnis

3.1	Darstellung des Systems im Kontext	9
3.2	Komponentendiagramm der Smartphone-App	11
3.3	Klassendiagramm Komponente „Helpers“	12
3.4	Klassendiagramm Komponente „Logging“	13
3.5	Klassendiagramm Komponente „Dongle“	13
3.6	Klassendiagramm Komponente „Mobile“	13
3.7	Klassendiagramm Komponente „View“	14
3.8	Klassendiagramm Komponenten „DisplayFeature“ & „Dialog“ . . .	14
3.9	Aktivitätsdiagramm Buildsystem	16
3.10	Backend Architektur	18
3.11	Basis Modulinteraktion	20
3.12	Backend Datenmodelle	21
3.13	Architektur der Dongle-Software	22
3.14	Versuchsaufbau zur Analyse der UART-Kommunikation zwischen Dongle und GPS-Empfänger	24
3.15	Schematischer Aufbau des CC2541[Fre18]	28
3.16	Programmablauf der Initialisierung	29
3.17	Programmablauf der Endlosschleife	31
4.1	Ansicht „Speedo“	32
4.2	Ansicht „Konfiguration“	34
4.3	Error Panel	37
4.4	No Connection Panel	37
4.5	Swipe Help	37
4.6	View Circles	37
4.7	Dialog	37

4.8	Terminologien des Identity Servers	39
4.9	Ablauf der Authentifizierung beim Zugriff auf geschützte Ressourcen	40
4.10	Hierarchie beim SD Zugriff	47
4.11	Ablauf des Datenuploads via Bluetooth	52
5.1	Debuggen der Smartphone-App auf Endgerät	56

Tabellenverzeichnis

3.1	Kategorien der PIDs	26
3.2	Ausgewählte PIDs	27
4.1	Format eines Logging Eintrags auf der SD-Karte (15Byte)	49
4.2	Format einer Livedaten Nachricht	50
5.1	Beispiel-Zeiten für einzelne Durchgänge der Haupt-Schleife	57

Abkürzungsverzeichnis

API	Application Programming Interface
BLE	Bluetooth Low Energy
GPS	Global Positioning System
LINQ	Language Integrated Query
MEMS	Microelectromechanical System
MVID	Mapped Vehicle Identification Number
NMEA	National Marine Electronics Association
OBD	On Board Diagnostic
PID	Parameter Identifikator
RAM	Random Access Memory
SBAS	Satellite-based augmentation systems
UART	Universal asynchronous receiver-transmitter
USB	Universal Serial Bus
VIN	Vehicle Identification Number

Literatur

- [18] *Bluetooth - Specifications*. 19. Apr. 2018. URL: <https://www.bluetooth.com/specifications>.
- [AB18] Brock Allen und Dominick Baier. *Welcome to IdentityServer4*. 22. Apr. 2018.
- [AFO12] Adriano Alessandrini, Francesco Filippi und Fernando Ortenzi. „Consumption calculation of vehicles using OBD data“. In: 20th International Emission Inventory Conference. Jan. 2012.
- [Ara18] Aral. *FAQs*. 22. Apr. 2018.
- [Co18] Shenzhen Gurui Technology Co. 22. Apr. 2018. URL: <http://www.szgrltd.com/en/>.
- [Ear18a] Bill Earl. *Measuring Memory Usage — Memories of an Arduino — Adafruit Learning System*. 9. Apr. 2018. URL: <https://learn.adafruit.com/memories-of-an-arduino/measuring-free-memory>.
- [Ear18b] Bill Earl. *Optimizing SRAM — Memories of an Arduino — Adafruit Learning System*. 9. Apr. 2018. URL: <https://learn.adafruit.com/memories-of-an-arduino/measuring-free-memory>.
- [FFF12] Henrique Fonseca, Carlos Ferreira und Telmo Fernandes. „New Methodologies to Measure in Real Time Fuel Consumption of Internal Combustion Engines“. In: 15th International Conference on Experimental Mechanics. Juni 2012.
- [Fou18] OpenStreetMap Foundation, Hrsg. *Genauigkeit von GPS-Daten - OpenStreetMap Wiki*. 9. Apr. 2018. URL: https://wiki.openstreetmap.org/wiki/DE:Genauigkeit%5C_von%5C_GPS-Daten.

- [Fre18] Freematics. *Freematics ONE schematic print 2016*. 22. Apr. 2018.
- [Gmb18] PACE Telematics GmbH. *Mach dein Auto zum Smartcar*. 22. Apr. 2018.
- [Har12] D. Hardt. *The OAuth 2.0 Authorization Framework*. 1. Okt. 2012. URL: <https://tools.ietf.org/html/rfc6749>.
- [Hua18] Stanley Huang. *Revision History of Freematics Library*. 9. Apr. 2018. URL: <https://github.com/stanleyhuangyc/Freematics/commit/774e51ddd9a25f088d08eaa8f60b0c866077331b#diff-19cf70a1267f7209192f2f0417ae1eb4>.
- [Inc18a] Docker Inc. *Docker Documentation*. 22. Apr. 2018.
- [Inc18b] Microchip Technology Inc. *ATmega328P - Device Overview*. 18. Apr. 2018. URL: <https://www.microchip.com/wwwproducts/en/ATMEGA328P>.
- [Ltd18] Mediatronic Pty Ltd. *Freematics ONE*. 16. Apr. 2018. URL: <https://freematics.com/pages/products/freematics-one/>.
- [M J12] D. Hardt M. Jones. *The OAuth 2.0 Authorization Framework: Bearer Token Usage*. 1. Okt. 2012. URL: <https://tools.ietf.org/html/rfc6750>.
- [Mic18] Microsoft. *Pomelo.EntityFrameworkCore.MySql*. 22. Apr. 2018.
- [Mob18] Waze Mobile. *Erhalte täglich die beste Route, mit Echtzeit-Hilfe von anderen Fahrern*. 22. Apr. 2018.
- [moj18] mojoy. *The Leading Open Platform for Connected Cars*. 22. Apr. 2018.
- [MyC18] MyCarTracks. *Reliable smartphone based vehicle tracking*. 22. Apr. 2018.
- [OBD18] OBD-2.net. *Programmierer Tips*. 9. Apr. 2018. URL: <https://www.obd-2.de/programmierer-tips.html>.
- [SB18] Ken Shirriff und Paul Badger. *Arduino -SecretsOfArduinoPWM*. 9. Apr. 2018. URL: <https://www.arduino.cc/en/Tutorial/SecretsOfArduinoPWM>.
- [Sta06] International Organization for Standardization, Hrsg. *ISO 15031-5*. Jan. 2006.