



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	xyzk	HSP1

Datum: 19. April 2018

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
1.1	Verfügbare Lösungen	3
1.2	Zielsetzung	5
2	Use Cases	6
3	System Design	7
3.1	App	8
3.1.1	Aufbau	9
3.1.2	Buildsystem	9
3.1.3	Testumgebung	10
3.2	Backend	10
3.2.1	Architektur	10
3.3	Dongle	12
3.3.1	GPS-Empfänger	14
3.3.2	On Board Diagnostic (OBD)-Schnittstelle	16
3.3.3	Zeit	18
3.3.4	Beschleunigungssensor	18
3.3.5	Programmlogik	18
4	Implementierung	22
4.1	App	22
4.1.1	Grundgerüst	22
4.1.2	Mehrsprachigkeit	22
4.1.3	Konfiguration	22

4.1.4	GPS	23
4.1.5	Bluetooth	23
4.1.6	Anzeigeelemente	23
4.1.7	Zugriff auf Identity Server	23
4.1.8	Sichten	23
4.1.9	Test	23
4.1.10	Ausblick	24
4.2	Backend	24
4.2.1	Identity Management	24
4.2.2	Persistenz	24
4.2.3	Bereitstellung	24
4.3	Dongle	24
4.3.1	GPS und Zeit	24
4.3.2	OBD-Schnittstelle	26
4.3.3	Beschleunigungssensor	27
4.3.4	Programmlogik	27
4.3.5	Logging	29
4.3.6	Bluetooth Kommunikation	32
5	Tests	36
5.1	Dongle	36
6	Ausblick	38
6.1	Identifikation des Fahrers	38
6.2	Bewertung des Fahrverhaltens	38
6.3	Ermittlung von Engpässen	39
6.4	Erstellung von Spritsparrouten	39
6.5	??Softwareoptimierungen??	39
6.6	Bluetooth Flashtool	39

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, die 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 Statistik Applikationen 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 Fahrtenbüchern¹ oder Navigation gepaart mit Echtzeitmeldungen über Stau oder andere Hindernisse anbieten². All diese Applikationen verwenden für ihren Betrieb entweder nur Positionsdaten durch das 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.

- Pace³

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.

- Mojio⁴

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

¹<https://www.mycartracks.com/>

²<https://www.waze.com/de/>

³<https://www.pace.car/de>

⁴<https://www.moj.io/>

im Nachgang verschiedene Statistiken und Analysen erstellt oder eigenen 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

Was haben wir uns vorgestellt, dass wir am Ende erreichen wollen. Z.B. einfaches wie Strecken im Backend anzeigen mit infos wie länge, V,... Im Dongle aufnehmen können In der App live Daten sehen können

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.

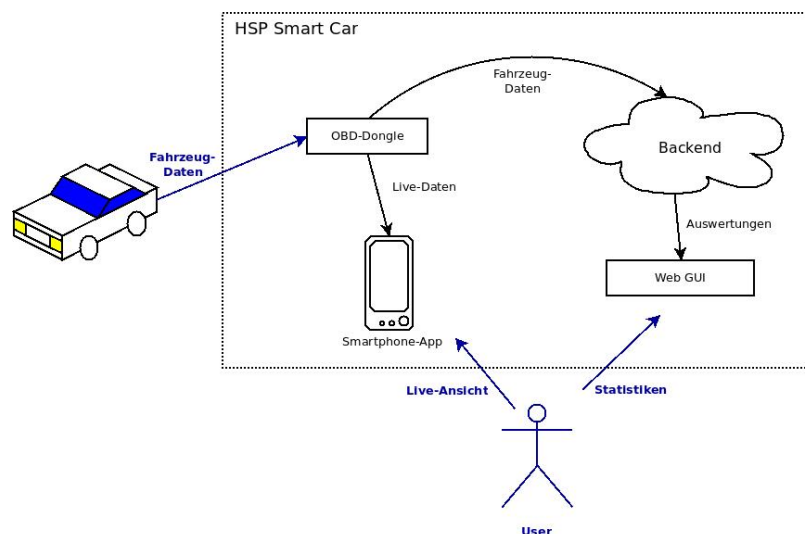


Abbildung 3.1: Darstellung des Systems im Kontext

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 Entwicklung-Framework verwendet die standard-Web-Technologien HTML5, CSS3 und JavaScript für die Cross-Plattform-Entwicklung. Die Bibliothek visualisiert die Anwendung mittels, die von den einzelnen Plattformen bereitgestellten, „WebViews“. 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, durch die festen Typen, ist schneller und leichter ohne das lesen der Dokumentation oder Kommentare, erkennbar. Ein sogar noch größerer Vorteil von TypeScript ist, das die gewünschte ECMA Script Version bei Generierung einstellbar ist. Das heißt, falls ein älteres Smartphone unterstützt werden soll, kann diese auch bis zu ECMA Script 3 (aus dem Jahre 1999) runter gestellt werden. Dies geht zwar auf die Kosten der Performance jedoch wäre das native schreiben in JavaScript mit ECMA Script 3 keine wahre Alternative.

Des weiteren wurde SASS in 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 von verschiedenen Versionen von CSS, um auch hier eine möglichst gute Abwärtskompatibilität zu gewährleisten. Eine weitere oft verwendete Funktion, ist das verwenden von Makros, welche z.B. das einbetten von Bildern in die Style-Datei ermöglicht.

3.1.1 Aufbau

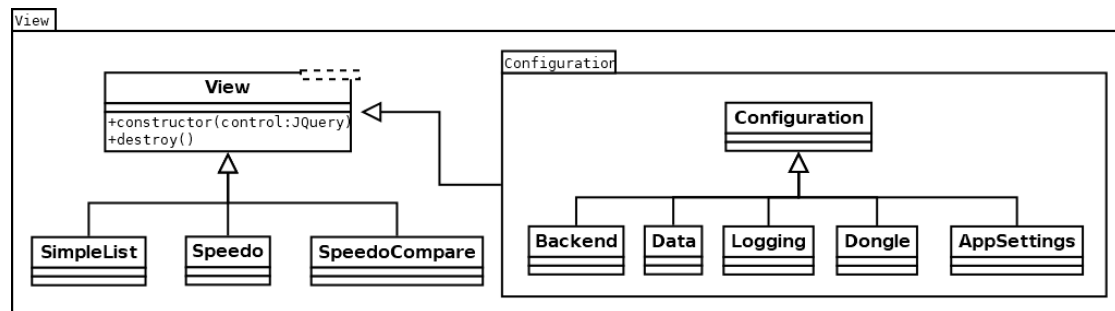


Abbildung 3.3: TODO

Hallo Welt 123

- Klassendiagramm (vllt mehrere mit Packet Diagramm)
- Genereller aufbau (VSC-TS aufbau)
- View prinzip
- zusammenspiel mit display-features und dialog
- unterpunkt für configuration
- zugriff auf Bluetooth (abstraktion über cordova framework)

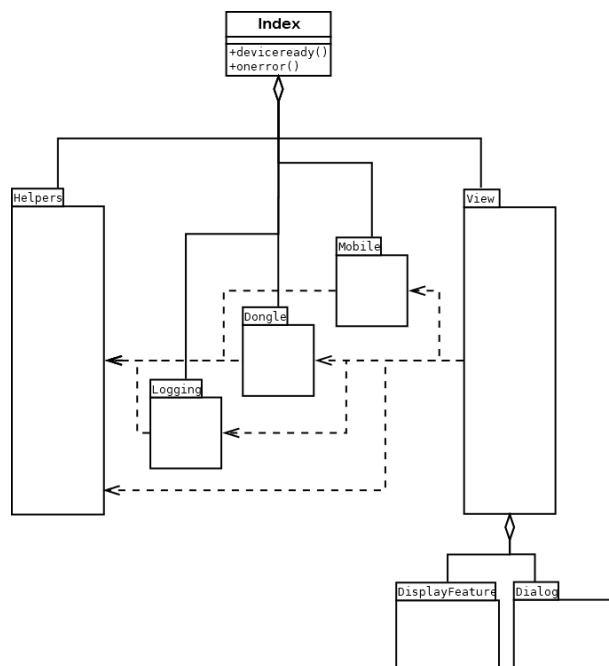


Abbildung 3.2: TODO

3.1.2 Buildsystem

- Build System, Gulp files, zusammenfassen, optimieren , obfuscation von Dateien

- Automatische generierung von Files wie variables.scss (nur sagen das sowas gemacht wird (wie steht in implementierung))
- Embedden von images in scss (wie funktioniert und warum ist das wichtig)

3.1.3 Testumgebung

- Debug system im überblick (grober test im browser später auf vm und am schluss auf echten device mit debug möglichkeit über chrome) (nur grob später im Test bzw in Implementierung beschrieben)

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
- Fahrzeugverwaltung
- Fahrtenübersicht
- Monatliches Fahrtenbuch
- Übersicht über vielbefahrene Strecken (Heatmap)

Referenz
auf Use
Cases
einfügen

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-

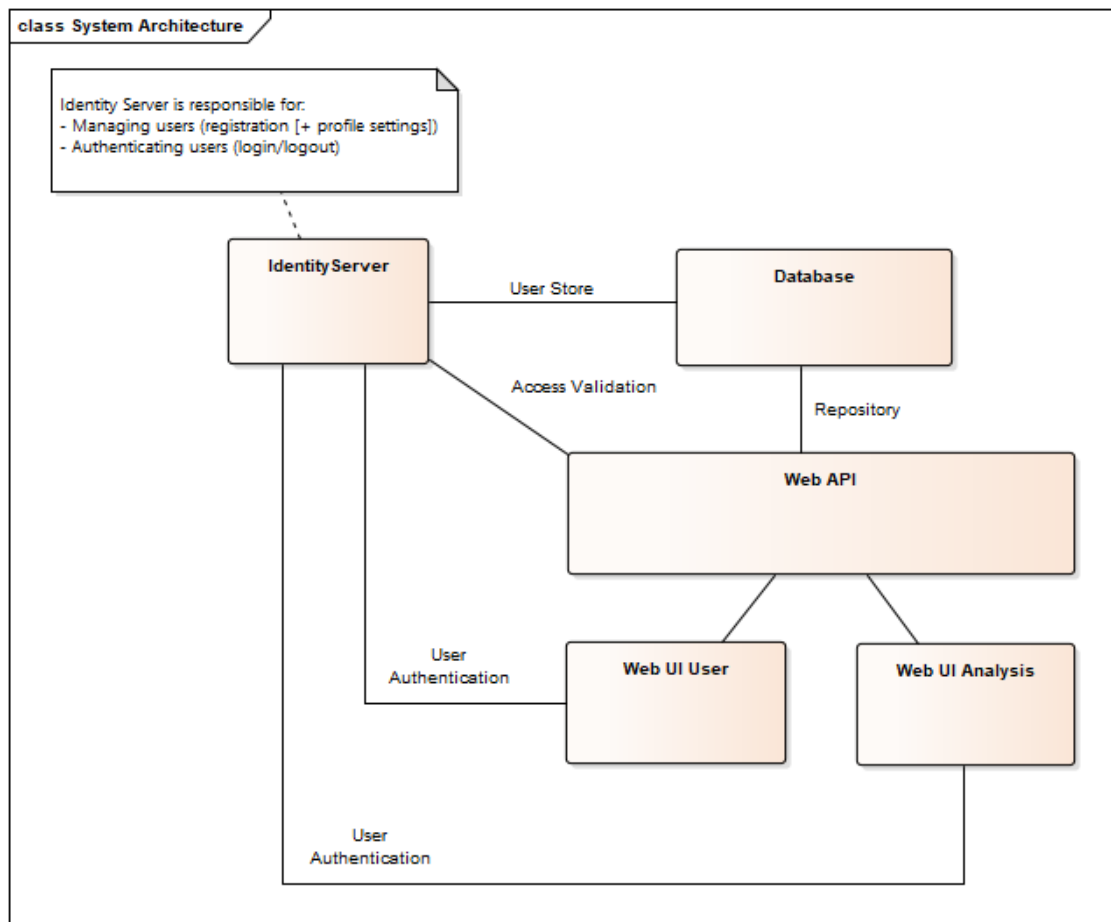


Abbildung 3.4: Backend Architektur

bar und erweiterbar. Die eingesetzten Module sowie die deren Zusammenschluss werden in Abbildung 3.4 skizziert und im folgenden Beschrieben:

- 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 Rechte management 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 der sie hochgeladen hat. Übergreifende Analysen werden hier nicht angeboten.

- Web UI Analysis

Für die Auswertung der gesamten Daten die sich im System befindet ist eine eigene Schnittstelle vorgesehen, da diese Funktionalität normalen Benutzern nicht zugänglich sein soll.

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

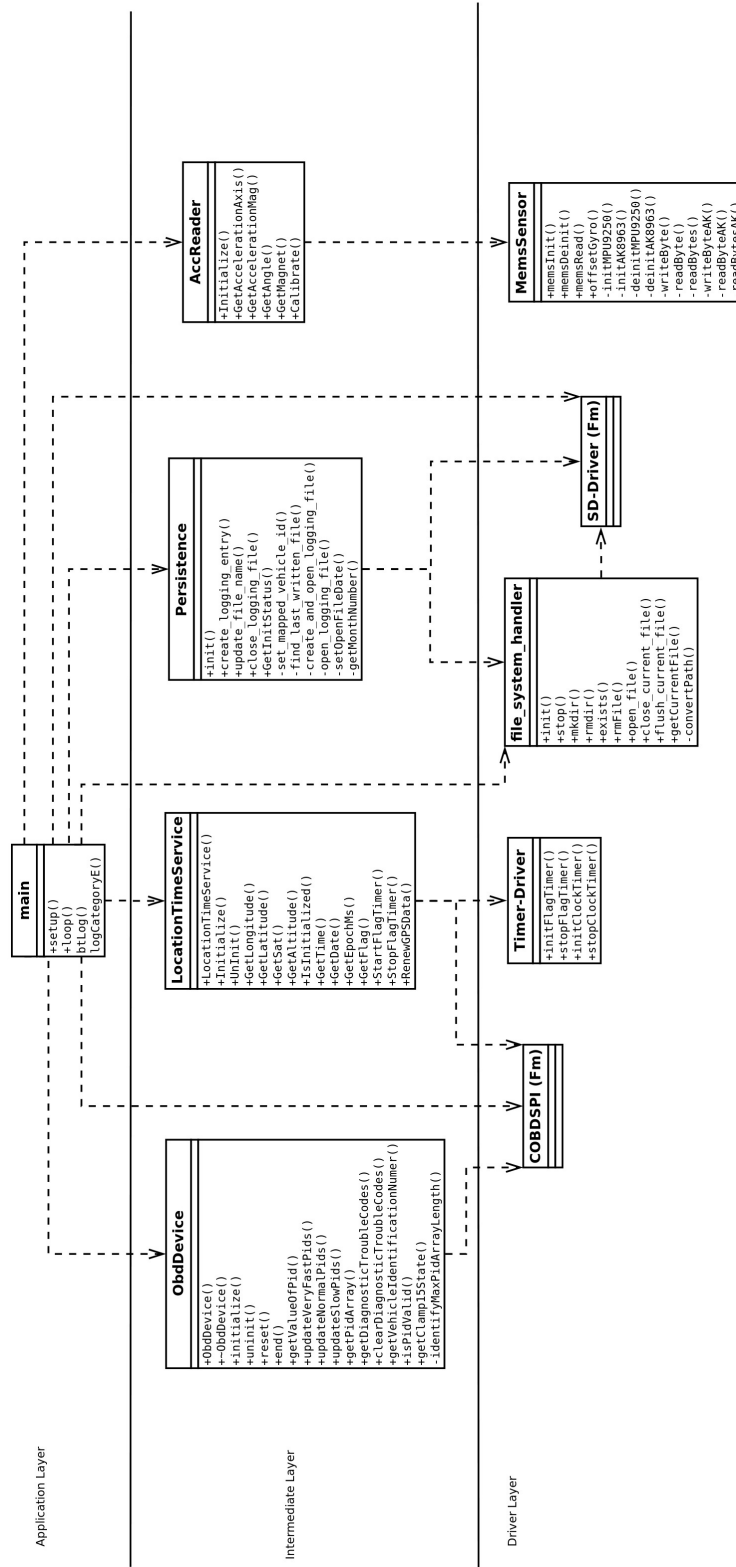


Abbildung 3.5: Architektur der Dongle-Software

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 3.5 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 3.5 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 ist 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 großen 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 Produkt-homepage des Freematics ONE entsprach. Der Empfänger-Chip ist nur mit einem QR-Code versehen und eine Recherche zum Hersteller verwies nur auf den chinesischen Produzenten des ganzen Empfänger-Moduls.(www.szgrltd.com)

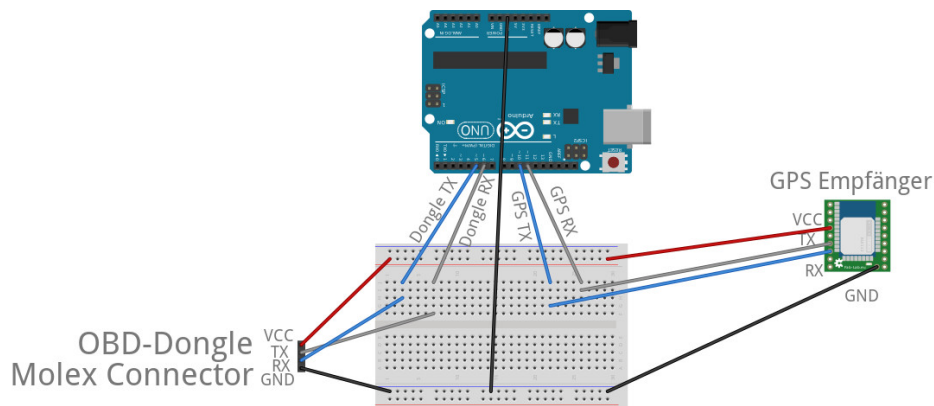


Abbildung 3.6: Versuchsaufbau zur Analyse der UART-Kommunikation zwischen Dongle und GPS-Empfänger

Daher wurde eine andere Vorgehensweise zur Untersuchung der Kommunikation angewandt. Dazu wurde, wie in Abbildung 3.6 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 werden nun genutzt, um die vom Dongle und vom GPS-Empfänger gesendeten Daten aufzufangen, auf der über USB angeschlossenen seriellen Konsole eines Rechners auszugeben und an den jeweils anderen Kommunikationspartner weiterzuleiten.

Nach Auswertung der Kommunikation, stand fest, dass der von Freemantics 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 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-Quadroptopter auf Basis eines u-blox Neo6M mit zusätzlichem Magnetfeld-Sensor ausgewählt. Dieser Mikrochip verfügt zwar nicht über die exakt gleiche Pro-

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 grundsätzliche 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[**OBD-2.net2018**] 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. Dieses antwortet anschließend mit den Werten des entsprechenden Sensors.

Da es vom vorliegenden Auto abhängig ist, welche Steuergeräte verbaut sind und somit auch was für 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 vorne herein entschieden, nur bestimmte PIDs zu verwenden. Insgesamt wurden xy viele PIDs ausgewählt. Um sowohl die OBD-Schnittstelle als auch den Prozessor im Freeatics 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 somit einem Zusammenschluss aus PIDs welche alle in einem gleichen Zeitintervall abgerufen werden. Es wurde sich für folgende Gruppen

entschieden (Tabelle 3.3.2):

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

Der Tabelle 3.3.2 kann zum einen entnommen werden, welche PIDs ausgewählt wurden und in welcher Kategorie sie zugeordnet wurde.

Name	Wert	Kategorie
Engine coolant temperature	0x05	C
Engine RPM	0x0C	A
Vehicle speed	0x0D	A
Run time since engine start	0x1F	C
Distance traveled with malfunction indicator lamp	0x21	D
Fuel tank level input	0x2F	D
Absolute barometric pressure	0x33	C
Ambient ari temperature	0x46	C
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

3.3.3 Zeit

Wie bereits erwähnt, muss auch auf dem Dongle eine Repräsentation der genormten Zeit vorhanden sein. Zunächst 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.[**arduinoTimer**] Da die Intervalle zum Abrufen der PID-Kategorien B, C und D ein 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 3.8).

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.

3.3.5 Programmlogik

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

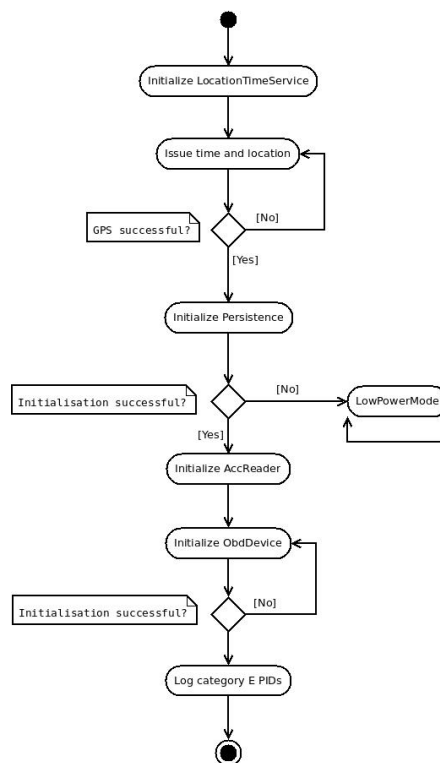


Abbildung 3.7: Programmablauf der Initialisierung

Die Abbildung 3.7 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 4.3.4 erklärt. In Abbildung 3.8 ist der Ablauf des Programms ersichtlich, welches die eigentliche Funktionalität enthält. Dies wurde in drei Modi umgesetzt. 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.

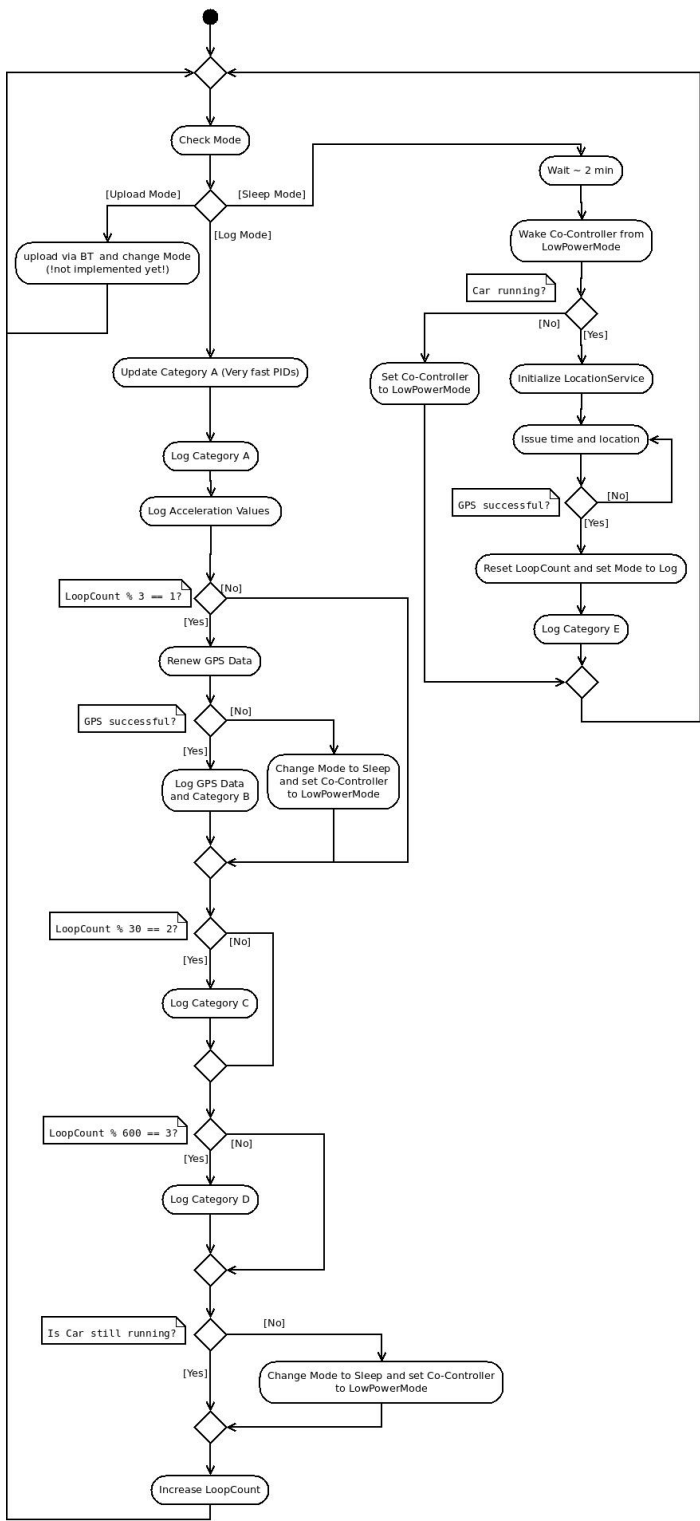


Abbildung 3.8: Programmablauf der Endlosschleife

4 Implementierung

Wie wurde es umgesetzt, wie waren die Ideen (also hier z.b. auf die Gesamte Architektur eingehen, spezifische der einzelnen Bereiche in den unter Kapiteln)

4.1 App

4.1.1 Grundgerüst

- script.ts
- variables.ts (zusammenspiel zwischen Typescript und Scss), das variables.scss generiert wird
- embedden von resources (images in scss) (wie wird das gemacht, vllt das script beschreiben)

4.1.2 Mehrsprachigkeit

- strings.ts, funktion SS"

4.1.3 Konfiguration

- Einstellungsmöglichkeiten
- Verwaltung, speicherung, Initialwerte von einstellungen (Sprache von system sprache geladen)
- sowohl die vom User als auch die fest im code (settings.ts, store.ts)

4.1.4 GPS

4.1.5 Bluetooth

4.1.6 Anzeigeelemente

- display features
- dialog

4.1.7 Zugriff auf Identity Server

- Ajax request zum bekommen des Tokens (über den kann dann später für die schnittstelle zum Backend authentifiziert werden wird im http header übergeben)

4.1.8 Sichten

Konfiguration

- jede einzelnen komponente durchgehen
- zusammenspiele zu anderen komponenten über events und store usw..., .. Einstellungsmöglichkeiten usw)

Anzeige

- Was gibt es alles für anzeigen screenshots und kurze erklärung
- welche daten werden benötigt, wie bekommt man die (handler = events von anderen komponenten abonnieren)

4.1.9 Test

- Wie debug system funktioniert chrome://inspect/#devices
- Integrationstest zu Dongle (Test ausserhalb und vorallem im Auto)

- Integrationstest zu Identity Server Get Token für Authentifizierung vom Identity Server

4.1.10 Ausblick

- Upload über die App
- beliebig viele weitere Views (sehr einfach umzusetzen über das View system)
- Flashen von neuer Donglesoftware

4.2 Backend

4.2.1 Identity Management

4.2.2 Persistenz

4.2.3 Bereitstellung

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 Satteliten. 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 [**gpsPrecision**].

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 Number (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 Programmlogik

Die Implementierung der Programmlogik erfolgte weitestgehend nach dem in Kapitel 3.3.5 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 [ISOobd].

Während der Integration aller Klassen trat jedoch ein schwerwiegendes Problem auf. Wie bereits in Kapitel 3.3.5 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()“ [ardRAMcons] 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 [ardRAMopt]. 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.

4.3.5 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 4.1 zu sehen. Die Aufteilung in die oben

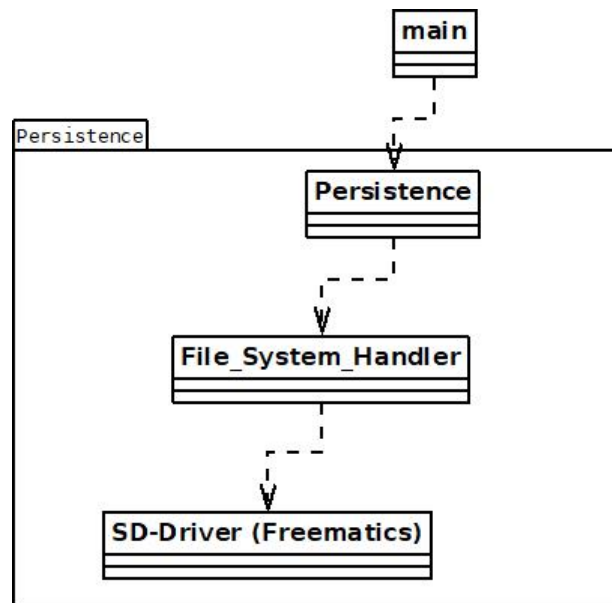


Abbildung 4.1: Hierarchie beim SD Zugriff

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 4.1 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. [Atmega328P] 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 Log-Dateien immer den selben Format entsprechen. Einheitlich formatierte Dateien stellen sicher, dass eine Verarbeitung der geloggtten 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 einheitliche Formatierung spielt beim SmartCar eine Rolle, sondern auch der Speicherbedarf. So muss bei der Erfassung der Daten in einem kompakter Format erfolgen. Diese Anforderung folgt schon alleine aus der Tatsache, dass es möglich sein soll, die geloggtten 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. Aus diesen Gründen wurde das Datenformat aus Abbildung 4.2 für das Logging gewählt:

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

Abbildung 4.2: Format eines Logging Eintrags auf der SD-Karte (15Byte)

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. 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 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 ungefähr 2038 zählen könnte und ein Loggen nur bis zu diesem Datum erfolgen. 64-Bit reichen weitaus weiter.

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

Wert

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

4.3.6 Bluetooth Kommunikation

Wie dem Kapitel 2 besteht die Möglichkeit mit dem Dongle über Bluetooth mit einer Smartphone App zu kommunizieren. Hierfür wird der Freematics ONE mit dem Bluetooth Low energy fähigem CC2541 Modul von Texas Instruments ausgeliefert. Abbildung 4.3 zeigt den schematischen Aufbau des Chips und seine PINs. Die zwei

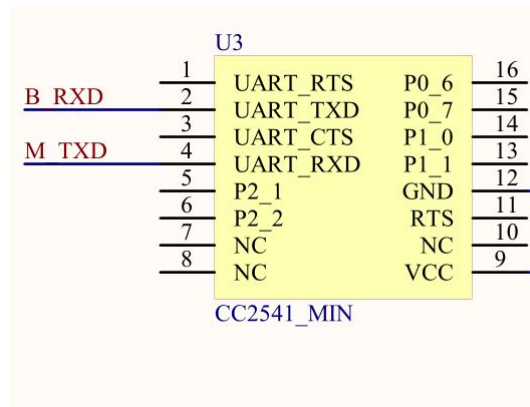


Abbildung 4.3: Schematischer Aufbau des CC2541 Quelle: https://freematics.com/dl/Freematics_ONE_schematic_print_2016.pdf

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 dem Mikrocontroller über UART versendet wird direkt über Bluetooth nach außen gesendet wird. Dadurch entsteht der Effekt, dass für Nachrichten, die über die der Dongle über die Arduino Funktion `Serial.println()` ausgibt, automatisch ein Versenden über BLE erfolgt.

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. Der Dongle nutzt Bluetooth um die folgenden 2 Funktionen auszuführen.

1. 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. Eine Live

Startzeichen	ID	Trennzeichen	Wert	Endzeichen
#	uint16	:	uint32	;

Abbildung 4.4: Format einer Livedaten Nachricht

Daten Nachricht, wie in Abbildung 4.4 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

2. Upload der Logdateien

Die zweite Funktion des Dongles, die Bluetooth benötigt ist der Upload der geloggtten 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 4.5 zeigt den Ablauf einer solchen Datenübertragung zwischen App und Dongle.

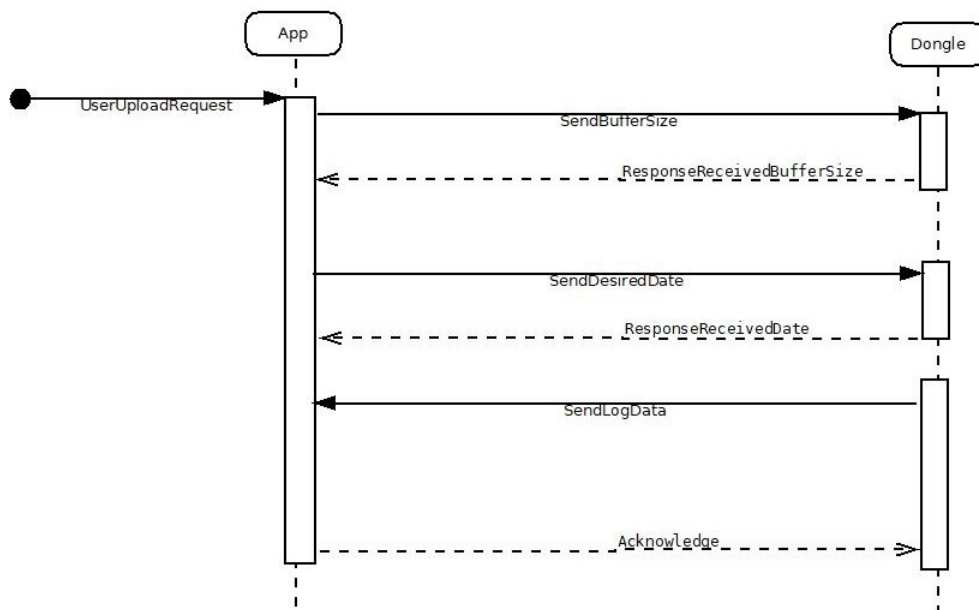


Abbildung 4.5: Ablauf des Datenuploads via Bluetooth

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. Buffer Größe: Nach der Anfrage des Nutzers sendet die App eine Buffer Größe an den Dongle. Diese Zahl stellt die Maximale Anzahl an Logeinträgen dar, die gesendet werden sollen.
3. Datum:

4. Datenübertragung:

5 Tests

5.1 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 die Latenz bei der Abfrage der OBD-Daten vom Steuergerät zustande kommen. Dieses Verhalten kann nicht beeinflusst werden, stellt allerdings nur ein kleines

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

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 Freematics Forum nicht erreicht werden. Es zeigte sich allerdings, dass die verwendeten Funktionen aus den aktuelleren Versionen der offiziellen Softwarebibliotheken entfernt wurden [**freematicsRevFeb**]. 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 5.1 aufgezeigt wurde, besteht immer noch Potential, um die den Dongle auf Energiesparmöglichkeiten zu untersuchen und diese zu implementieren.

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 4.3.6 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	7
3.3	TODO	9
3.2	TODO	9
3.4	Backend Architektur	11
3.5	Architektur der Dongle-Software	13
3.6	Versuchsaufbau zur Analyse der UART-Kommunikation zwischen Dongle und GPS-Empfänger	15
3.7	Programmablauf der Initialisierung	19
3.8	Programmablauf der Endlosschleife	21
4.1	Hierarchie beim SD Zugriff	29
4.2	Format eines Logging Eintrags auf der SD-Karte (15Byte)	31
4.3	Schematischer Aufbau des CC2541 Quelle: https://freematics.com/dl/Freematics_ONE_schematic_print_2016.pdf	32
4.4	Format einer Livedaten Nachricht	33
4.5	Ablauf des Datenuploads via Bluetooth	34

Listings

Tabellenverzeichnis

5.1	Beispiel-Zeiten für einzelne Durchgänge der Haupt-Schleife	36
-----	--	----

Abkürzungsverzeichnis

GPS	Global Positioning System
MEMS	Microelectromechanical System
NMEA	National Marine Electronics Association
OBD	On Board Diagnostic
PID	Parameter Identifikator
SBAS	Satellite-based augmentation systems
UART	Universal asynchronous receiver-transmitter
VIN	Vehicle Identification Number
BLE	Bluetooth Low Energy
MVID	Mapped Vehicle Identification Number