

Elektroauto Lademanager für die Firma Flexsolution

DIPLOMARBEIT

verfasst im Rahmen der

Reife- und Diplomprüfung

an der

Höheren Abteilung für Medientechnik

Eingereicht von:

Teresa Holzer
Marcel Pouget

Betreuer:

Prof. Mag. Martin Huemer

Projektpartner:

Alfred Pimminger, Flexsolution GMBH

Leonding, April 2023

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Diplomarbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt bzw. die wörtlich oder sinngemäß entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Weise keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.

Die vorliegende Diplomarbeit ist mit dem elektronisch übermittelten Textdokument identisch.

Leonding, April 2022

T. Holzer & M. Pouget

Abstract

The dissertation 'Elektroauto Lademanager' is about a project that was divided into two parts.

The first part consists of a web interface developed for the company Flexsolution. This required a way to charge the new electric cars. To enable this, new charging stations were installed at the beginning of this work. In the interface described above, the data of the charging station is displayed. The app also allows you to control the charging station.



The second part is about a logger that collects, processes, stores and finally displays internal data on a website. The data collected are usually values of machines or sensors that are installed in the company. These data were stored before but could not be read easily or tracked. To enable an easy way of monitoring this data, this part of the project was launched.

Zusammenfassung

Die Diplomarbeit 'Elektroauto Lademanager' handelt von einem Projekt, welches in zwei Teile aufgeteilt wurde.

Der erste Teil besteht aus einem Webinterface, welches für die Firma Flexsolution entwickelt wurde. Diese benötigte eine Möglichkeit, um die neuen E-Autos aufzuladen. Um dies zu ermöglichen, wurden im Umfang dieser Arbeit neue Ladestationen angebracht. In dem zuvor beschriebenen Interface werden die Daten der Ladestation angezeigt. Außerdem ermöglicht die App die Ladestation zu steuern.

Der zweite Teil handelt über einen Logger, welcher firmeninterne Daten sammelt, aufbereitet, abspeichert und schließlich auf einer Website anzeigt. Die gesammelten Daten sind meist Werte von Maschinen oder Sensoren, welche in der Firma installiert sind. Diese Daten wurden zuvor zwar abgespeichert aber konnten nicht leicht abgespeichert oder nachverfolgt werden. Um eine Überwachung dieser Daten zu ermöglichen, wurde dieser Teil des Projektes ins Leben gerufen.



Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Herangehensweise	1
1.2	Zeitplan	2
1.3	Verwendete Tools	2
2	Allgemeiner Technologie-Part	10
2.1	Java [M]	10
2.2	CSV	11
2.3	HTML, CSS und Javascript	11
2.4	TypeScript	13
2.5	Datenbanken	13
2.6	Visuelle Darstellung	16
2.7	Quarkus	19
2.8	SQL	24
2.9	Beckhoff [M]	26
2.10	Raspberry [M]	27
3	Wallbox [M]	29
3.1	Untersuchungsanliegen	29
3.2	Ist-Stand	29
3.3	Aufbau des Projektes	29
3.4	FlexTasks in der Flexcloud	41
3.5	Datenpunkte	45
3.6	Modbus	49
4	Flexlogger	62
4.1	Untersuchungsanliegen	62
4.2	IST-Stand	62
4.3	Aufbau des Projektes	62

4.4	Logging	81
4.5	Threads	82
4.6	Abspeicherung von Daten	87
5	Zusammenfassung	90
	Literaturverzeichnis	VI
	Abbildungsverzeichnis	IX
	Tabellenverzeichnis	X
	Quellcodeverzeichnis	XI
	Anhang	XII

1 Einleitung

Die Arbeit wurde zusammen mit der Firma FlexSolution GmbH entwickelt. Diese stellten auch die benötigte Hardware in Form von Rasperrys, den Ladestationen und Arbeitsplätzen zur Verfügung. Bei Problemen standen zwei Mitarbeiter immer zu Verfügung und halfen mit, Probleme zu lösen. Die Basis der Arbeit wurde schon in einem Ferrialpraktikum im Sommer 2021 gelegt, in welchem mit Zusammenarbeit qualifizierter Arbeiter die Ladestationen montiert wurden. Der programmierende Anteil des Projektes wurde im Zuge eines Praktikums im Jahre 2022 umgesetzt. Dieses dauerte 4 Wochen und war nur für die Entwicklung der Arbeit gedacht.

Die Idee eines Lademanagers entstand im Frühjahr 2021, als die Photovoltaikanlage der Firma fertiggestellt wurde. Marcel war zu dieser Zeit als Werksstudent bei der Firma angestellt und bekam das Angebot, dieses Projekt als Diplomarbeit umzusetzen.

1.1 Herangehensweise

Nach einem ersten Briefing mit Alfred Pimminger wurden erste Pläne für das Projekt ausgearbeitet. Vor allem der Aufbau und das Zusammenspiel mit den firmeninternen Systemen war dabei sehr wichtig. Die erste Skizze des Projektes sah dabei wie folgt aus: 1

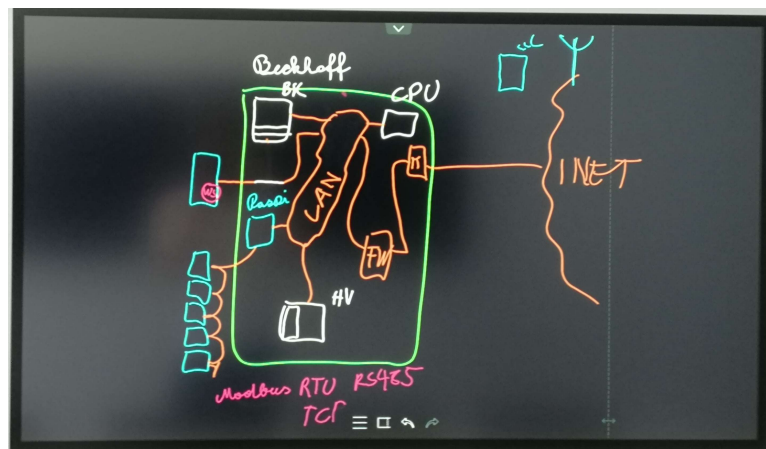


Abbildung 1: Erste Planung auf einem Whiteboard

Der Aufbau hat sich im Laufe der Entwicklung leicht verändert, jedoch blieb die Grundbasis erhalten. Siehe 4.3. Das Projekt über einen Logger entstand erst etwas

später. Auch hier wurde der Aufbau der Arbeit während eines Meetings mit Alfred besprochen, jedoch geschah die Umsetzung erst einige Monate später. Hier war der Plan, von verschiedensten Flextasks die Daten zu speichern, da diese bis jetzt immer gelöscht wurden. Die Planung für den Aufbau des Projektes geschah erst im Zuge der Entwicklung, siehe 3.3.2

1.2 Zeitplan

Um das Projekt problemlos umsetzen zu können, wurden noch vor dem eigentlichen Projektstart zehn Meilensteine angelegt.

- 30.06.2022 Fertigstellung Pflichtenheft
- 07.08.2022 Datenbank aufsetzen (Flexlogger)
- 07.08.2022 Flexlogger Server aufsetzen (Flexlogger)
- 07.08.2022 Task für Kommunikation mit den Wallboxen aufsetzen (Wallboxen)
- 14.08.2022 Geloggte Daten kommen bei dem Frontend an (Flexlogger)
- 14.08.2022 Task für das Steuern der Wallboxen aufsetzen (Wallboxen)
- 21.08.2022 Daten werden visualisiert (Flexlogger)
- 21.08.2022 Die Verbindung zwischen UI und den Wallboxen steht (Wallboxen)
- 31.08.2022 Fertigstellung der Website für die Wallboxen (Wallboxen)
- 31.08.2022 Fertigstellung des Flexloggers (Flexlogger)

1.3 Verwendete Tools

Während der Entwicklung des Projektes wurden viele verschiedene Systeme verwendet, um den Verlauf des Projektes zu beschleunigen. Welche dieser Tools in verwendung waren, und wie sie eingesetzt wurden, wird in diesem Kapitel beschrieben.

1.3.1 Latex [M]

Latex ist eine Software, welche es ermöglicht, Texte, Graphiken und Bilder zu layoutieren und zu exportieren. Sie basiert auf dem Textsatzsystem TeX und arbeitet nach der Methode WYSIWYM (What You See Is What You Mean). Das heißt, dass der Text, welcher im Endprodukt angezeigt werden soll, in einem Quelldokument erstellt wird und erst nach dem Kompelieren eine Formatierung enthält. Das ermöglicht es, schnell

Verweise zu anderen Textstellen zu integrieren, eine automatische Beschriftung für Bilder und Quellen, ein Literaturverzeichnis, welches einen guten Überblick bietet. Natürlich darf ein automatisch-generiertes Inhaltsverzeichnis nicht fehlen, welches mit Verschieben der Komponenten aktualisiert werden kann. Das ermöglicht es, ganze Kapitel innerhalb von Sekunden neu zu strukturieren, ohne dass Beschriftungen oder andere Layouts ihre Gültigkeit verlieren. Ein paar weitere Vorteile von Latex sind:

- Die Qualität der Dokumente ist sehr hoch.
- Die Dokumente werden automatisch klar und einheitlich formatiert. Da dies bei wissenschaftlichen Arbeiten immer eine Voraussetzung ist, ist Latex oft die richtige Wahl.
- Es können mathematische Formeln, Codebeispiele, Tabellen, Bilder und vieles mehr ohne Probleme mit der Formatierung eingebettet werden.
- Die Ausgangstexte sind plain Text, das heißt, es kann sowohl von jedem gelesen, verstanden als auch bearbeitet werden.
- Da größere Arbeiten immer aus mehreren Dokumenten bestehen, ist Latex sehr flexibel. Man kann die Struktur mit Ordern beliebig wechseln, Einstellungen für eine gewisse Anzahl an Seiten oder für das ganze Dokument treffen. Dadurch eignet es sich sehr gut für Projekte, an denen mehrere Autoren gleichzeitig arbeiten.
- Latex ist opensource, und sehr gut dokumentiert. Es gibt viele Anleitungen dazu, wie man es benützt und wird von jedem gängigen Betriebssystem unterstützt.
- Außerdem gibt es für verschiedene Anwendungszwecke vorgefertigte Templates, welche das Arbeiten erleichtern. In solchen gibt es schon eine globale Einstellung für Schrift, Absätze, Nummerierungen und Deckblätter. Dies erleichtert die Arbeit sehr, da man nicht immer von vorne beginnen muss, wenn man ein neues Dokument erstellen möchte.

Diese Punkte ermöglichen es dem Autor, sich nicht auf das Layout konzentrieren zu müssen, sondern ermöglicht es, sich nur auf den Inhalt zu fokussieren. Der Rest wird voll und ganz von der installierten Software übernommen.

Starten kann man ein Latex-Projekt in jedem Beliebigen Editor. Wichtig dabei ist nur, dass das Programm Latex an sich auf dem Rechner installiert wurde und alle Abhängigkeiten automatisch heruntergeladen wurden. Editoren wie Visual Studio Code unterstützen eigene Plugins für Latex, in welchem das ganze Projekt übersichtlich an der Seite angezeigt wird. Dies bietet den Vorteil, dass nicht nur eine Live-Vorschau

ermöglicht wird, sondern auch die Navigation in komplexen Projekten vereinfacht wird.

Ein neues Projekt wird angelegt, indem eine ".tex"-Datei erstellt wird. In dieser kann dann schon reiner Text geschrieben werden, jedoch wird das Layout noch nicht die gewünschte Form bekommen.

Um das zu erreichen, gibt es die Möglichkeiten von sogenannten Templates, welche oft von Firmen, Universitäten oder Schulen angeboten werden (siehe Haslinger Template). In solchen vorgefertigten Projekten gibt es schon eine klare Struktur und Files, welche sich um das Layoutieren kümmern. Vorteil davon ist, dass sehr viel Arbeit von Latex übernommen wird und der Fokus rein auf den Inhalt gelegt werden kann.

1.3.2 IntelliJ [M]

IntelliJ ist eine IDE (Integrated Development Environment, oder zu Deutsch: Integrierte Entwicklungsumgebung), welche für die Entwicklung in Java und Kotlin optimiert ist. Das Programm bietet eine Vielzahl an Hilfsmitteln und Plugins, um das Entwickeln zu vereinfachen. Von intelligenter Code-completion bis zu intuitiven Debugging Möglichkeiten ist alles dabei. Und sollte eine Sprache oder ein Feature nicht unterstützt werden, sind im Plugin-Store noch unzählige Anpassungen, welche die IDE noch besser machen. Ein großer Bestandteil der Software ist die Möglichkeit, Build-Tools wie Maven oder Gradle von Haus aus zu verwenden. Ein Beispiel sieht man bei 2. Außerdem ist es möglich, ohne Windows / Linux Umgebungsvariablen den Code direkt in der Applikation zu testen. Dafür wird die ausgewählte JDK heruntergeladen, und so konfiguriert, dass zuverlässig jeder Code mit einem Click gestartet werden kann. Sollten Dependencies fehlen, kann man sie mit einer instigierten Suche hinzufügen und mit einem eigenen Tap für Maven herunterladen.

Die Ordnerübersicht und die Möglichkeit, Variablen in einem ganzen Projekt zu refactor, sind unterstützend, wenn es um Änderungen in den eigenen Projekten geht. Eine globale Suche und eine Formatierungsfunktion helfen dabei, die User Experience zu erhöhen. Die IntelliJ IDE kann man in zwei Produkte unterteilen: die kostenlose Opensource-Kommunikation-Edition und die kostenpflichtige Ultimate-Version. Während die kostenlose Version eine gute Möglichkeit ist, schnell kleinere Programme umzusetzen, ist vor allem Ultimate besser geeignet, große Projekte mit mehreren Mitar-

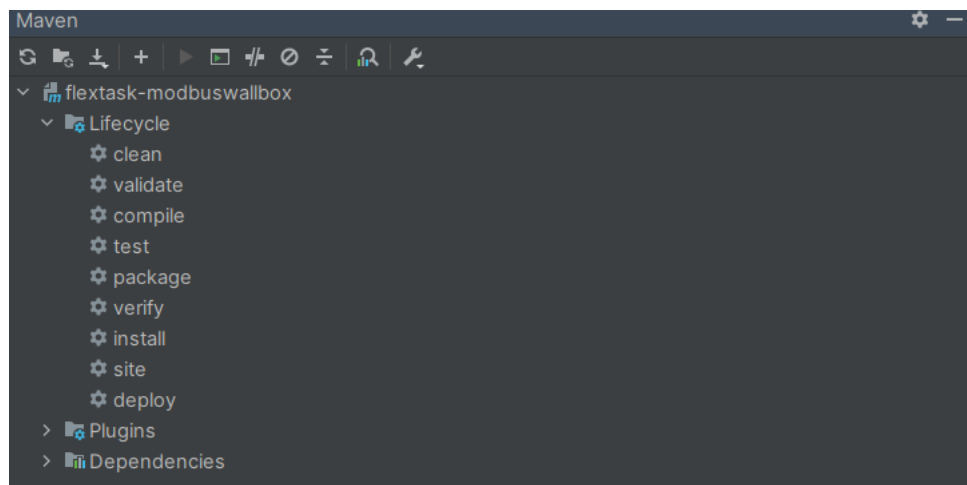


Abbildung 2: So sieht der Maven-Tap in IntelliJ aus

beitern zu bewältigen. Dafür ist selbstverständlich ein Versionscontrol-System integriert, welches sich problemlos mit Anbietern wie z.B. Github nutzen lässt.

Und auch wenn IntelliJ IDEA in erster Linie für die Java- und Kotlin-Entwicklung vorgesehen wurde, unterstützt die IDE auch viele weitere gängige Programmiersprachen wie Groovy, Javascript, Typescript und SQL. Für letzteres gibt es sogar einen eigenen Tab, in welchem man ohne Probleme Datenbankverbindungen aufbauen und testen kann. Ein kleiner Überblick über die einzelnen Tabs und sogar eine Console für SQL-Querrys sind auch geboten.

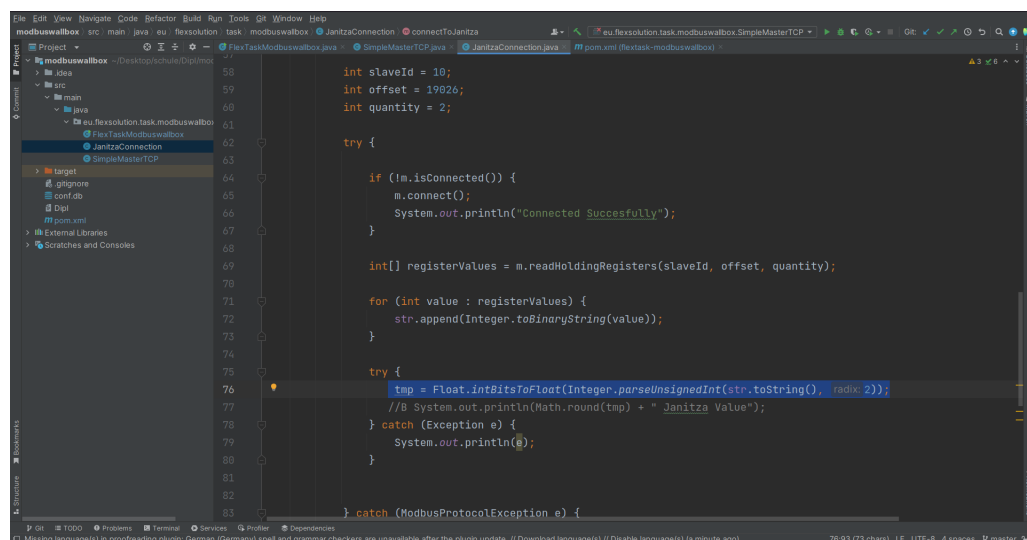


Abbildung 3: Ansicht von einem IntelliJ Projekt

1.3.3 Webstorm [T]

WebStorm, Interface siehe Abb. 4, wird als Entwicklungsumgebung für JavaScript und JavaScript-ähnliche Sprachen definiert. Es ist außerdem geeignet für die Entwicklung

mit Angular, da ein neues Projekt direkt in WebStorm erstellt und in der Entwicklungsumgebung gestartet werden kann. WebStorm wurde, genau wie IntelliJ, von JetBrains entwickelt und liefert eine Reihe von Hilfestellungen, um JavaScript optimal programmieren zu können. WebStorm beinhaltet eine automatische Code-Überprüfung sowie die automatische Komplettierung von einzelnen Codezeilen. WebStorm beinhaltet außerdem einen bereits eingebauten Run- sowie Debug-Button, durch welchen das Starten in der Konsole wegfällt. Zusätzlich können in WebStorm verschiedenste Plugins hinzugefügt werden, welche das Erscheinungsbild verändern, andere Sprachen überprüfen können und vieles mehr. [1]

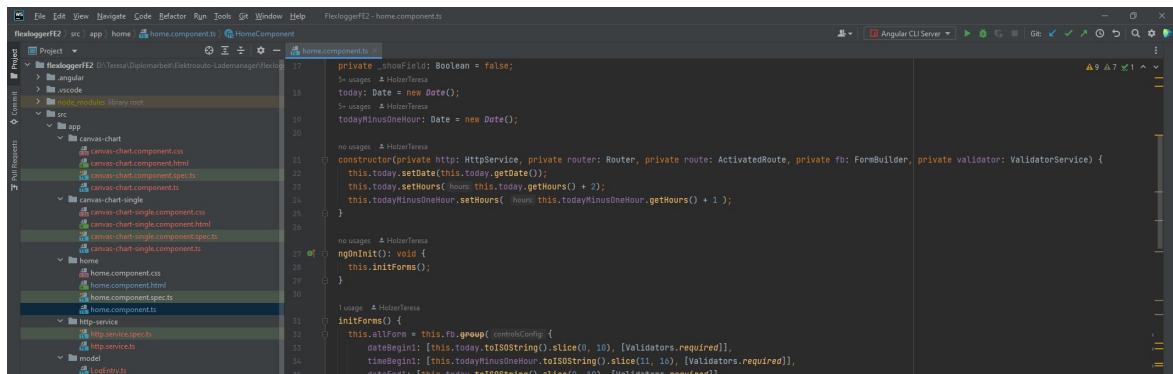


Abbildung 4: WebStorm

1.3.4 Linux Terminal [M]

Vieles der Entwicklung fand in der Kommandozeile von Linux statt. Von der Überwachung des Status der Tasks, bis hin zum Starten der App lief alles in einem Terminal ab. Dabei handelt es sich um ein Programm, welches einen Text von einem User entgegennimmt, und als Befehl interpretiert. Dadurch lassen sich Verbindungen zu weiteren Geräten via SSH ermöglichen, um aus der Ferne Projekte zu entwickeln. So kann der Raspberry Pi4 in einem Schaltschrank der Firma montiert sein, und trotzdem kann ein Entwickler aus dem Büro die Einstellungen verändern.

Mit einer sogenannten CLI (Command Line Interface) lassen sich Programme ohne graphische Useroberfläche bedienen, Ordner und Files verwalten, und ganze Serverstrukturen verwalten.

1.3.5 Discord [T]

Discord ist eine kostenlose App für Kommunikation via Sprache, Chat und Video. Dies ermöglicht einen schnellen, reibungslosen Austausch zwischen einzelnen Personen bis

hin zu großen Gruppen. Im Zusammenhang dieser Arbeit wurde die Applikation dafür benutzt, um Aufgaben zu verteilen, Informationen auszutauschen und Meetings zu halten. Ein Server für dieses Projekt wurde erstellt, um immer einen Überblick der aktuellen Dokumente zu bekommen. Auch die Links zu Informationen, Terminen und dem Google Drive-Laufwerk wurden gespeichert.

Discord half vor allem bei der Organisation unter den Projektmitgliedern. Dadurch konnte eine reibungslose Kommunikation gewährleistet werden

1.3.6 Google drive [T]

Google Drive ist ein Cloud-Speicher, welcher für das Online-Speichern von Google Docs, Google Tabellen, Google Präsentationen und Google Formularen verwendet werden kann. Außerdem können Bild- und andere Formate hochgeladen und somit gesichert werden. Google Drive kann kostenlos durch das Erstellen eines Google-Accounts verwendet werden. Google stellt dabei 15GB Speicher frei zur Verfügung, danach kann durch ein monatliches Abo-Modell mehr Speicherplatz erlangt werden. [2]

Google Drive wurde im Rahmen dieser Diplomarbeit genutzt, um Dokumente und Dateien für alle Projektmitglieder leicht zugänglich zu machen.

1.3.7 Visual Studio Code [T]

Visual Studio Code, Interface siehe Abb. 5, ist ein leistungsstarker Code Editor. Es ist verfügbar für Windows, Linux und macOS. Einer der größten Vorteile von VS Code ist ein eingebautes Support-Tool für JavaScript, TypeScript und Node.js. Außerdem verfügt es über zahllose Erweiterungen für andere Programmiersprachen. VS Code besitzt auch einen Run und Debug Modus, um Programme direkt in der Umgebung ausführen zu können. VS Code kann sehr vielfältig eingesetzt werden und aufgrund der Erweiterungen nach Belieben personalisiert werden. [3]

Um nur ein paar der Erweiterungen zu nennen, welche VS Code wandelbar machen:

- Microsoft Visual Studio Live Share: Mithilfe dieser Extension ist es möglich, gleichzeitig von mehreren Computern an einem Projekt zu arbeiten.
- C, C++, Python, ... : Durch diese Extensions kann leichter in der jeweiligen Programmiersprache programmiert wird, da IntelliSense und debugging features hinzugefügt werden.

- Visual Studio Code Remote – SSH: Mittels dieser Extension kann jeder entfernter Rechner mit einem SSH-Server als Entwicklungsumgebung verwendet werden.

[3]

Zur einfachen Ansicht von Code und zum Schreiben von Latex wurde VS Code verwendet.

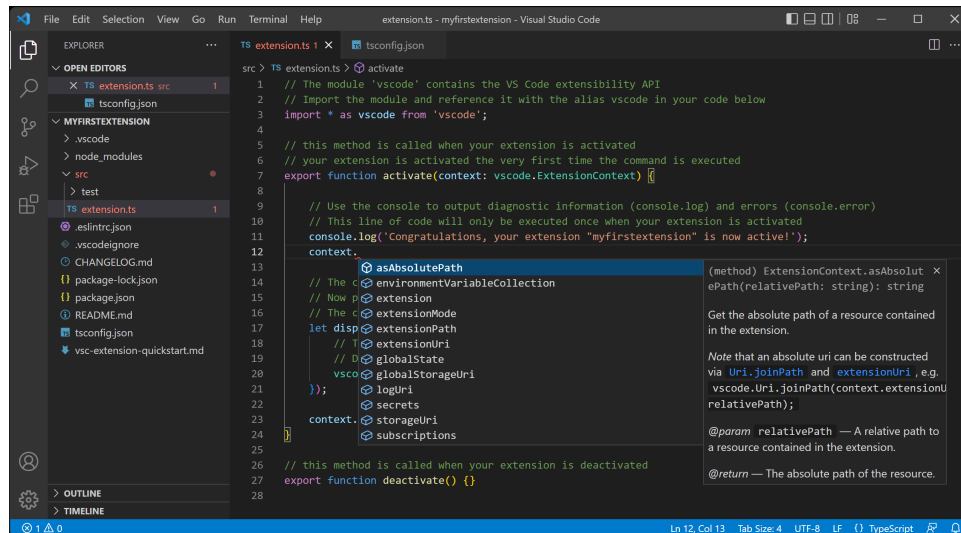


Abbildung 5: Ansicht Visual Studio Code

1.3.8 Github [T]

GitHub ist ein Online-Tool, das ermöglicht, zusammen mit Teammitgliedern an Projekten zusammenzuarbeiten. Projekte können dabei einfach neu heruntergeladen werden, es kann auf neue Versionen aktualisiert werden, und es können Versionen mit verschiedenen Versionsnummern zusammengefügt werden. GitHub kann über das Terminal oder GitHub Desktop verwendet werden. [4] Bei der Verwendung von GitHub können sogenannte Repositories, siehe Abb. 6, erstellt werden. In diese können neue Dokumente bzw. Dateien hinzugefügt werden. Ein Repository besitzt zusätzlich eine Beschreibung sowie eine Übersicht der Historie der hinzugefügten Dateien. Mithilfe dieser können vorherige Versionen wiederhergestellt bzw. gesichtet werden. Wenn also zum Beispiel die aktuelle Version eines Programms auf Discord einen Fehler enthält, kann einfach zu der vorherigen Version gewechselt werden.

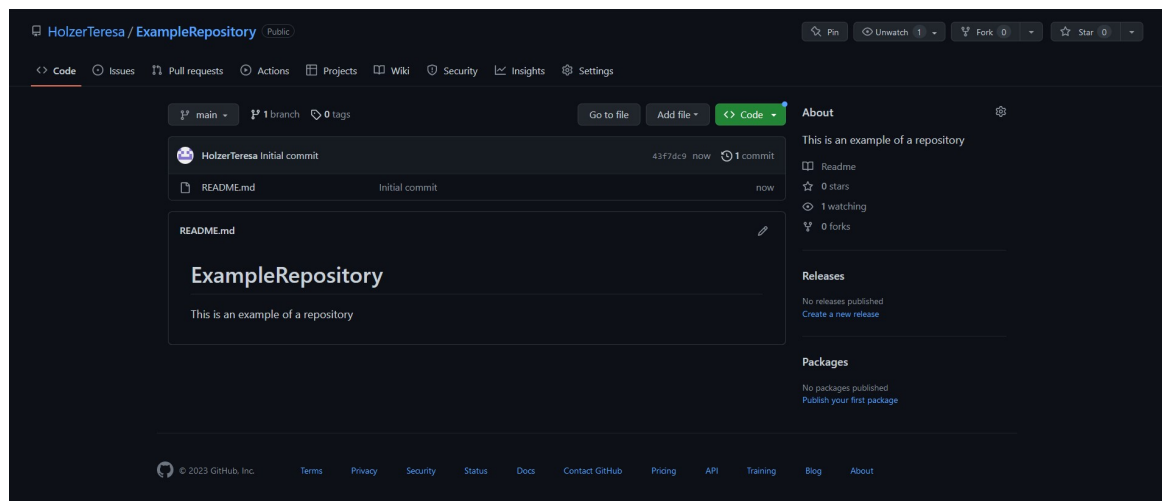


Abbildung 6: Beispiel eines GitHub Repo

2 Allgemeiner Technologie-Part

2.1 Java [M]

Java ist eine kostenlose objektorientierte Programmiersprache, welche im Jahr 1995 von dem Unternehmen Sun Microsystems veröffentlicht wurde. Das Unternehmen Oracle kaufte im Jahr 2010 das Unternehmen und entwickelt seitdem die Sprache kontinuierlich weiter. Die Sprache ist neben C eine der bekanntesten Programmiersprachen weltweit. Sie kann auf allen bekannten Systemen installiert werden und garantiert durch den Aufbau, dass es auf jedem System lauffähig ist. Um das zu ermöglichen, setzt Java auf eine virtuelle Laufzeitumgebung (Java VM), auf welcher der Code ausgeführt wird. Das Java Development Kit (JDK) ist dabei ein wichtiger Bestandteil, denn der integrierte Compiler übersetzt den menschlichen Code in Maschinencode.

Doch was ist der Vorteil einer sogenannten objektorientierten Sprache? Ganz einfach, es ermöglicht bei der Entwicklung, große Teile des Codes wieder zu verwenden. Das Ganze ist in Klassen und Objekte eingeteilt. Vergleichbar ist es mit einer Bauanleitung. So kann eine Klasse z.B. eine Anleitung für ein Auto sein mit Attributen wie Rädern, PS, Farbe und einem Baujahr. Sollten nun mehrere Autos gebraucht werden, können Objekte vom Typ Auto erstellt werden. Dabei hat jedes Auto dieselben Variablen, aber unterschiedliche Werte. Es können auch Funktionen aus der Klasse benutzt werden.

Dies bietet die Möglichkeit, eine Vielzahl von Code zu recyceln. Ein weiterer wichtiger Punkt in Java sind die sogenannten Build Tools, die es erlauben, Librarys und Dependencies zu dem Code hinzuzufügen. Ein Beispiel dafür wäre das Framework Quarkus, welches den Einsatz mit Rest-Endpunkten sehr erleichtert.

Eine Typische erste Java-Anwendung ist Hello World,

Listing 1: Hello World

```
1 public class TheMain {
2     public static void main(String[] args) {
3         System.out.println("Hello World!");
4     }
5 }
```


2.2 CSV

CSV-Files werden dazu verwendet, eine große Menge von Daten in einem File abzuspeichern. Diese Daten werden mithilfe von Semikolons, Beistrichen oder anderen Trennzeichen geteilt. Durch diese Trennzeichen kann eine CSV-Datei jederzeit übersichtlich in Excel geöffnet werden. Mithilfe von CSV-Files können Daten sehr einfach von einer Anwendung zu einer anderen Anwendung transferiert werden. [5]

2.3 HTML, CSS und Javascript

HTML, CSS und JavaScript sind allesamt Komponenten, um eine Webseite zu bauen. JavaScript ist dabei für die Funktionalität zuständig, CSS für das Design und HTML für den Grundaufbau.

Diese Sprachen wurden verwendet, um den zweiten Teil der Diplomarbeit, die visuelle Darstellung der Daten auf einer Website, zu realisieren.

2.3.1 HTML

HTML gilt als Grundgerüst einer Website. HTML besitzt sogenannte Tags, welche je über einen eigenen Nutzen verfügen. Durch diese Tags kann der Titel einer Website festgelegt werden, verschiedenste Bilder, Texte und anderer Content hinzugefügt werden. Außerdem bietet HTML die Möglichkeit, einer Webseite die passende Struktur zu verleihen. [6]

Um das Strukturieren einer Website zu vereinfachen, gibt es fest zugewiesene Tags. Um die wichtigsten kurz aufzulisten:

`<title></title>`

- Definiert den Titel eines HTML Dokuments

`<div></div>`, `<nav></nav>`

- Kennzeichnen eines Abschnitts bzw. einer Navigationsleiste in einem HTML Dokument

`<p></p>` `<h1></h1>`

- Verantwortlich, dem HTML Dokument Text (p) und Überschriften (h) hinzuzufügen

`` `<video>` `<audio>`

- Mithilfe dieser Tags kann ein Bild/Video/Audio eingefügt werden

[6]

Ein Beispiel für ein HTML-File kann im nächsten Abschnitt gefunden werden. 3

2.3.2 CSS

Mithilfe von CSS können Farben, Formen, Abstände und andere Designmittel einer Webseite geändert werden. CSS geht Hand in Hand mit HTML und kann jede Klasse oder auch jeden Tag, der in einem HTML-File vorkommt, ansprechen. Ein paar der wichtigsten Attribute, welche man mit CSS ansprechen und folglich verändern kann, sind: color (Farbe), width und height (Breite und Höhe eines Elements), sowie margin und padding (Abstand eines Elements zu anderen Elementen).

CSS kann wie JavaScript entweder direkt im HTML eingebettet ², oder als externes File angegeben werden. Dies dient wiederum der Übersichtlichkeit und sollte je nach Größe des Projekts entschieden werden. [6]

Listing 2: CSS Einbettung

```
1 <link rel="stylesheet" href="style.css" type="type/css" />
```

2.3.3 JavaScript

JavaScript wurde ursprünglich dafür entwickelt, um als einfache Skriptsprache für kurze Code-Snippets im Browser eingesetzt zu werden. Nach einiger Zeit wurde es allerdings populärer und wurde immer öfters und für längere Codestellen eingesetzt. Webbrowser reagierten darauf sehr positiv und optimierten die Ausführung von JavaScript. Nach dem Erfolg, den JavaScript bei Browsern feierte, wurde es unter anderem auch für node.js und JS-Server verwendet. [7] JavaScript kann verwendet werden, indem es in ein HTML-Dokument eingebettet wird ³, allerdings ist es ab einer bestimmten Größe des Programms empfehlenswert, HTML und JavaScript in verschiedene Files zu verlagern, um die Lesbarkeit zu unterstützen. [8]

Listing 3: HTML mit eingebettetem JavaScript

```
1 <!DOCTYPE html>
2 <html>
3   <head>
4     <title>Hello World!</title>
5   </head>
6   <script>
7     alert('Hello World!'); // wenn die Seite aufgerufen wird, wird
                           mithilfe von JavaScript ein Alert-Fenster mit 'Hello World!'
                           ausgegeben
8   </script>
9   <body>
10  </body>
11 </html>
```

2.4 TypeScript

TypeScript ist eine Weiterentwicklung von Javascript, welche einige Vorteile mit sich bringt. TypeScript fügt zum Beispiel zusätzliche Syntax zu JavaScript hinzu, um eine engere Integration mit dem Editor der Wahl zu ermöglichen. Somit können Errors früher erkannt werden. TypeScript Code wird zu JavaScript Code umgewandelt und als dieser ausgeführt. Somit läuft es überall, wo auch JavaScript läuft: Dies beinhaltet einen beliebigen Browser, Node.js oder in einer App. Zusätzlich kann JavaScript auch in TypeScript verwendet werden. Ein weiterer großer Vorteil von TypeScript ist, dass es eine automatische Typendeklaration besitzt. Das heißt, dass bei der Erstellung einer Variable kein Typ mitangegeben werden muss, sondern dieser beim Kompilieren des Programms (aufgrund des Inhalts der Variable) selbst zugewiesen wird. 4 [8] [9]

Listing 4: TypeScript automatische Zuweisung

```
1 // Der Type String wird hier bei der Kompilation automatisch zugewiesen
2 let helloWorld = "Hello World";
```

2.5 Datenbanken

Eine Datenbank ist gemeingültig dafür zuständig, viele Daten übersichtlich abzuspeichern, um diese später weiterzuverwenden. Daten gewinnen an Wichtigkeit in unserer Gesellschaft und diese verlässlich und zugänglich abspeichern zu können ist nicht mehr wegzudenken.

Der Grundaufbau einer relationalen Datenbank besteht aus Zeilen und Spalten, welche zusammen eine Sammlung an Daten halten. Dabei erfüllen die Zeilen die Rolle der einzelnen Elemente und die Spalten teilen die Elemente in seine Unterelemente ein. [10]

Verschiedene Arten von Datenbanken werden in den folgenden Unterkapiteln behandelt.

2.5.1 H2

Hauptmerkmale

- Sehr schnell, open source, JDBC API
- Embedded und Server Modus, in-memory databases
- Konsolen Anwendung für den Browser
- Das Jar-File hat nur eine Größe von 2.5 MB

[11]

Performance (Version 2.0.202)

Die Datenbank ist langsamer bei größeren ResultSets, da sie ab einer bestimmten Anzahl von zurückgegebenen Records zwischengespeichert werden. [11]

2.5.2 SQLite

Hauptmerkmale

- Klein
- Schnell
- Sehr verlässlich
- Stand-alone
- Full-featured SQL-Implementierung

[12]

Performance (SQLite 3.36.0.3)

Performt etwa 2-5x schlechter bei einfachen Arbeiten auf der Datenbank. Dies führt zu einem niedrigen Arbeit-pro-Transaktion Ratio. Allerdings kann SQLite, wenn die Datenbankzugriffe komplexer werden, eine bessere Leistung erbringen. Ein wichtiger Zusatz ist allerdings, dass die Ergebnisse je nach Maschine sehr variieren. [11]

SQLite ist die meistgenutzte Datenbank der Welt und benötigt keine Administration. Die Datenbank eignet sich dadurch sehr gut für Mobiltelefone, Kameras, TV-Geräte etc., da diese ohne fachlichen Support funktionieren müssen. Auch für Websites, auf denen wenig bis mittelviele Datenbankzugriffe stattfinden, ist die SQLite Datenbank eine gute Wahl. Bei einer sehr großen Anzahl an Datenbankzugriffen, ist allerdings von einer SQLite Datenbank eher abzuraten. [11]

2.5.3 PostgreSQL

Hauptmerkmale

- Open source
- Objektrelationale Datenbank
- Sehr mächtig

- Verlässlich
- Datenintegrität
- Viele Features/Add-Ons

[13]

Performance (Version 13.4)

Die Schnelligkeit der Datenbank liegt ziemlich mittig zwischen der Derby- und der H2-Datenbank, wobei sie teilweise etwas schneller als H2 abschneiden kann. [11]

2.5.4 Apache Derby

Hauptmerkmale

- Open source
- Nur 3.5 MB Größe für die Basis Engine sowie den JDBC-Driver
- Basiert auf JAVA, JDBS sowie SQL Standards
- Derby stellt einen embedded JDBS Driver zur Verfügung, mithilfe dessen die Derby Datenbank in jede JAVA-Applikation eingebunden werden kann
- Supportet den Client/Server Modus
- Einfach zu installieren, einzurichten, sowie zu benutzen

[14]

Performance (Version 10.14.2.0)

Von all den angeführten Datenbanken die Langsamste. Die Operationen auf der Datenbank werden dabei sehr schleppend ausgeführt. Ein besseres Ergebnis für Derby kann allerdings erzielt werden, wenn Autocommit ausgeschaltet wird. Die Performance wird dabei um 20% besser. Um einen besseren Vergleich der Schnelligkeit heranzuziehen: Die Datenbank ist nicht einmal halb so schnell wie das erste Beispiel dieser Auflistung, die H2 Datenbank. [11]

2.5.5 Wahl der Datenbank für das Projekt

Aufgrund der großen Datenmenge, welche in dem Programm verarbeitet werden müssen, fiel die Entscheidung im Rahmen von Flexlogger auf eine PostgreSQL-Datenbank. Die

Entscheidung basiert darauf, dass PostgreSQL sehr verlässlich ist und als Datenbank dafür ausgelegt ist, viele Daten speichern zu können.

2.6 Visuelle Darstellung

Um davor aufbereitete Daten sinnvoll visuell darzustellen, ist es wichtig, die richtigen Plattformen beziehungsweise Frameworks zu verwenden. In folgendem Kapitel werden verwendete Plattformen und Frameworks erklärt.

2.6.1 Angular

Angular ist eine Plattform, um Web-Applikationen zu erstellen, welche für die Desktop- sowie für die mobile Anwendung gleichfalls funktionieren sollen. Gebaut wurde Angular in der Programmiersprache TypeScript und es inkludiert folgende Fähigkeiten:

- Ein Komponenten-basiertes Framework, um eine skalierbare Web-Applikation zu erstellen.
- Eine Sammlung von Bibliotheken, welche eine große Varietät von Features beinhaltet, Beispiele dafür sind Routing, das Management von Formularen sowie eine Client-Server-Kommunikation. Diese Bibliotheken sind laut Angular gut in die Plattform eingebunden.
- Eine Auswahl von Entwickler-Tools, welche hilfreich sind, um den Code zu entwickeln, zu testen, zu bauen und upzudaten.

Komponenten

Komponenten sind die Baublöcke, um eine Applikation zusammenzustellen. In einer Komponente sind folgende Segmente:

- ein HTML-Template
- ein CSS-Style Template
- einem @Component-Part, in welchem folgende Informationen geklärt werden:

Ein CSS-Selektor, welcher definiert, wie die Komponente in einem Template verwendet wird. Dieser Selektor kann anschließend in ein HTML-File eingebunden werden. Passiert dies, wird dieser Selektor eine Instanz der Komponente des HTML-Files.

Ein HTML-Template, welches Angular anleitet, wie es diese Komponente zu rendern hat.

Ein optionales Set von CSS-Styles, welche das Aussehen des HTML-Elements definieren.

[15]

Listing 5: Beispiel für eine minimierte Angular Komponente

```
1  import { Component } from '@angular/core';
2
3  @Component({
4    selector: 'hello-world',
5    template: `
6      <h2>Hello World</h2>
7      <p>This is my first component!</p>
8    `,
9  })
10 export class HelloWorldComponent {
11   // The code in this class drives the component's behavior.
12 }
```

[15]

Anbindung einer Angular-Applikation an einen Webserver

Um eine Anbindung an einen Webserver zu ermöglichen, stellt Angular ein Modul, welches den Namen `HttpClientModule` trägt, zur Verfügung. Nachdem dieses in die Klasse `AppModule` importiert wurde, kann es verwendet werden.

Wenn nun zum Beispiel die Daten eines GET-Requests aus dem Backend ausgelesen werden sollen, muss zuerst der `HttpClient` aufgerufen und definiert werden, ob ein GET, POST oder ein anderer Request benutzt werden soll. Diesem muss anschließend eine passende URL übergeben werden. 6

Listing 6: Beispiel für einen GET-Request

```
1  this.http.get<Animal[]>('http://localhost:8080/api/animals')
2    .subscribe(animals => {
3      this.animalArray = animals;
4    });
```

Mit den spitzen Klammern wird dabei der Typ der übergebenen Daten definiert, in diesem Fall wäre es eine Liste des Typs `Animal`. Die erhaltenen Daten werden dann auf die Variable `this.animalArray` gesetzt. [16]

Angular Forms

Um in einem Angular-Projekt ein Formular verwenden zu können, muss zuerst die Forms-API hinzugefügt werden. Dies kann mit dem Befehl `npm install @angular/forms` umgesetzt werden. Nachdem die Module in der gewünschten Komponente ein-

gebaut wurden, kann ein reaktives Formular (eine sogenannte reactive Form) erstellt werden.

Um auf die Eingabewerte eines Formulars zugreifen zu können, kann eine FormGroup verwendet werden. Bei dieser muss lediglich ein FormGroup-Element angelegt werden, welches die Namen der Eingabefelder trägt. 7 Der linke Parameter ist dabei dazu da, einen Default-Wert festzulegen, der rechte dient dazu, eine Überprüfung der Eingabewerte zu aktivieren.

Listing 7: Beispiel für FormGroup eines Angular Formulars

```
1  this.animalForm = this.fb.group({
2    animalName: [null, [Validators.required]],
3    animalAge: [0, [Validators.required]],
4  });
```

Das zugehörige HTML-Form hat in der Praxis diese Form: 8

Listing 8: Beispiel für ein reaktives Formular

```
1  <form [formGroup]="animalForm">
2    <label>Tier Name</label>
3    <input formControlName="animalName" type="text">
4    <label>Tier Alter</label>
5    <input formControlName="animalAge" type="number">
6  </form>
```

[16]

2.6.2 Bootstrap

Mithilfe von Bootstrap können schnelle und responsive Seiten gebaut werden. Bootstrap ist leistungsstark, erweiterbar und mit vielen Features versehen. Bootstrap stellt vielzählige Variablen für Farben, Schriftstile und mehr auf :root-Ebene zur Verfügung, welche überall verwendet werden können. Bei Komponenten sind CSS-Variablen auf die jeweilige Klasse beschränkt, können aber leicht geändert werden. Bootstrap kann im Allgemeinen sehr großflächig individuell angepasst werden. [17]

Bootstrap wurde gemeinsam mit CSS verwendet, um das Aussehen der Flexlogger-Website anzupassen.

2.6.3 CanvasJS

CanvasJS ist ein Framework, mit welchem sich Diagramme erstellen lassen. Es besitzt eine Integration in Angular. Auf der CanvaJS Website auf der Unterseite für Angular

können unterschiedlichste Diagramme mit dem passenden Komponenten-, Modul- sowie HTML-Code gefunden werden. [18]

Um CanvasChart in Angular zu verwenden, müssen verschiedene Codeteile eingefügt werden. Diese beinhalten einen HTML-Teil, welcher das Chart anzeigt. 9

Listing 9: CanvasJS HTML

```
1 <canvasjs-chart [options]="chartOptions" [styles]="{width: '100%', height: '360px'}"></canvasjs-chart>
```

Anschließend müssen Dateien, welche auf der canvasJS-Seite heruntergeladen werden können, in die Dateiordner des gewünschten Angular-Projekts kopiert werden. Diese tragen die Namen `canvasjs.min.js` und `canvasjs.angular.component.ts`.

Der vorletzte Schritt beinhaltet das Importieren des CanvasJSChart-Moduls. Im letzten Schritt werden im TypeScript-File der Komponente, in der das Diagramm angezeigt werden soll, die Diagrammoptionen für das Diagramm festgelegt. Diese beinhalten in der einfachsten Form den Titel und die Daten, kann aber erweitert werden. 11

Listing 10: CanvasJS chartOptions

```
1 chartOptions = {
2   title: {
3     text: "Basic Column Chart in Angular"
4   },
5   data: [{
6     type: "line",
7     dataPoints: [
8       { label: "Apple", y: 10 },
9       { label: "Orange", y: 15 }
10    ]
11  }];
```

[18]

2.7 Quarkus

Quarkus wurde kreiert, um Applikationen zu erstellen, welche in einer modernen, cloud-nativen Welt funktionieren sollen. Quarkus ist ein kubernetes-natives Java-Framework, auf GraalVM und HotSpot zugeschnitten. Das Ziel von Quarkus ist es, Java zur führenden Plattform für Kubernetes und serverlose Umgebungen zu machen und Mikroservicearchitekturen-Komponenten zusammenzufügen. Quarkus ist open-source. [19]

Die größte Challenge von Mikroservicearchitekturen ist, dass die Vermehrung von Services die Komplexität des Systems erhöht. Diese kann mithilfe von Kubernetes-basierenden orchestrierenden Systemen gelöst werden, da somit die Effizienz sowie

die Ressourcenverwertung erweitert werden können. Die Systeme regeln die zeitliche Planung und das Management der Mikroservices in einer dynamischen Weise. Dadurch kann man auch je nach Bedarf an dem System arbeiten, ohne dass die Gefahr besteht, dass ein Container ausfällt. Um nun die gesamten Komponenten zusammenzufügen, wurde das Framework Quarkus entwickelt.

Quarkus wird vor allem dann verwendet, wenn es darum geht, cloud-native Applikationen von Unternehmen zu managen. Es ist in der Lage, kurzen nativen Code aus Java Klassen zu bauen, sowie Container-Images daraus zu erstellen. Diese Container können darauffolgend auf Kubernetes laufen. Außerdem unterstützt Quarkus die bekanntesten Java Libraries wie etwa RESTEasy, Hibernate, Apache Kafka, Vert.x, usw.

Wie bereits erwähnt, ist eines der Features von Quarkus die Fähigkeit aus Applikationen automatisch Container-Images zu generieren. Durch das Generieren von Container-Images aus nativen Applikationen wird außerdem eine Gefahr zunichte gemacht: Konfliktfehler von Errors, wenn der Build auf einem anderen Operating System stattfand und das Programm nativ ausgeführt wird. Quarkus sorgt außerdem dafür, imperative und reaktive Modelle zu verbinden. Reaktives Programmieren wird immer beliebter aus dem Grund, dass es in der Lage ist, asynchrones programmieren mit Daten-Streams und der Veränderung von Daten zu verbinden. [20]

2.7.1 Architektur

Im Zentrum von Quarkus liegt die Kern-Komponente, welche die Aufgabe hat, die Applikation in der Build-Phase umzuschreiben, um sie zu optimieren ⁷. Daraus entsteht eine native ausführbare und Java-runnable Applikation. Damit der Quarkus-Kern diese Arbeit erledigen kann, müssen einige verschiedene Komponenten zusammenarbeiten:

- Jandex: Ein platzsparender Java-Annotation-Indexer, sowie eine offline Reflexions-Library. Diese Bibliothek ist in der Lage, alle runtime-sichtbaren Java Annotationen und Klassenhierarchien für ein Set von Klassen in einer speichereffizienten Repräsentation zu indexen.
- Gizmo: Gizmo ist eine Bytecode-Generations-Library, welche von Quarkus verwendet wird, um Java Bytecode zu produzieren.
- GraalVM: Ein Set von Komponenten, in welchem jede eine bestimmte Funktion hat. Beispiele dafür sind: ein Compiler, ein SDK API für die Integration von Graal

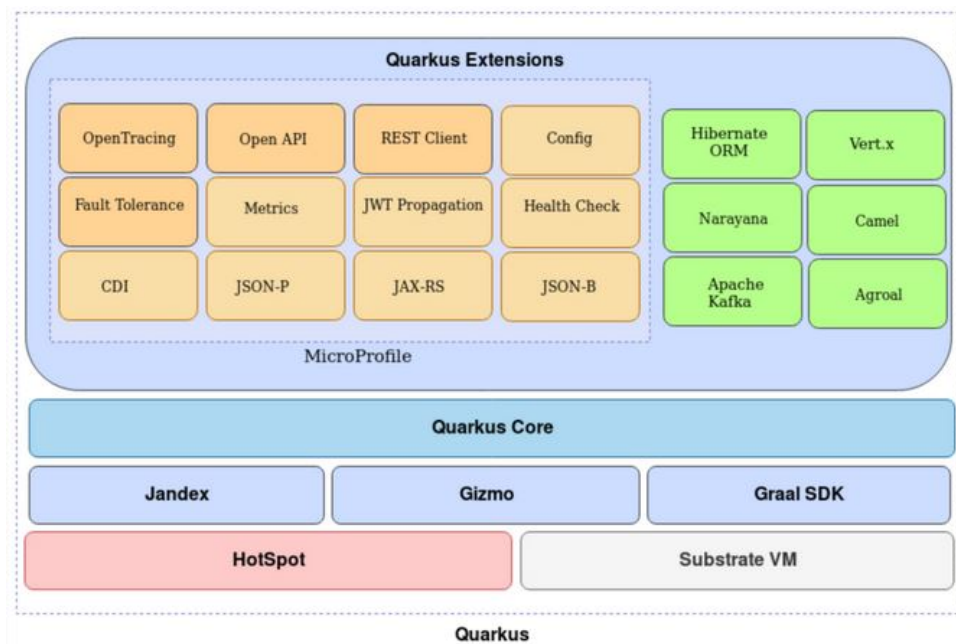


Abbildung 7: Quarkus Architektur [20]

Sprachen und der Konfiguration von native images, runtime Umgebung für JVM-basierte Sprachen

- **SubstrateVM:** SubstrateVM ist eine Unterkomponente von GraalVM, welche die ahead-of-time (AOT) Kompilation von Java Applikationen von Java Programmen zu eigenständigen ausführbaren Programmen erlaubt.

Des Weiteren gibt es noch einige Quarkus Extensions. Dazu gehören die MicroProfile Spezifikationen, sowie ein Set von Extensions für Hibernate ORM, ein Transaktionsmanager (Narayana), ein Verbindungs-Pool-Manager und viele mehr. [20]

2.7.2 Vergleich zu anderen Tools

Drei sehr vergleichbare Frameworks sind Quarkus, Micronaut und Spring Boot. Sie besitzen alle ähnliche Features und Fähigkeiten. Am wichtigsten ist dabei, welches Framework am schnellsten ist, welches am performantesten und welches den wenigsten Speicher benötigt. [21]

Quarkus

- Kubernetes-native, für Java designed, für GraalVM und OpenJDK Hotspot, besitzt die besten Java-Bibliotheken und Standards, schnell beim Starten

Micronaut

- Cloud-native, JVM-basiert, full-stack Framework für Mikro-Services und serverlose Anwendungen, geringer Speicherverbrauch

OpenJDK 14 on 2019 iMac Pro Xeon 8 Core. Winner in Red.

METRIC	MICRONAUT 2.0 M2	QUARKUS 1.3.1	SPRING 2.3 M3
Compile Time ./mvn clean compile	1.48s	1.45s	1.33s
Test Time ./mvn test	4.3s	5.8s	7.2s
Start Time Dev Mode	420ms	866ms (1)	920ms
Start Time Production java -jar myjar.jar	510ms	655ms	1.24s
Time to First Response	960ms	890ms	1.85s
Requests Per Second (2)	79k req/sec	75k req/sec	??? (3)
Request Per Second -Xmx18m	50k req/sec	46k req/sec	??? (3)
Memory Consumption After Load Test (-Xmx128m) (4)	290MB	390MB	480MB
Memory Consumption After Load Test (-Xmx18m) (4)	249MB	340MB	430MB

(1) Verifier Disabled

(2) Measured with: `ab -k -c 20 -n 10000 http://localhost:8080/hello/John`

(3) Spring WebFlux doesn't seem to support keep alive?

(4) Measured with: `ps x -o rss,vsz,command | grep java`

Abbildung 8: Quarkus Benchmark Test [22]

Spring Boot

- Open-Source Java Framework, einfach um stand-alone Anwendungen und Mikroservices zu kreieren, benötigt sehr wenig Konfiguration, um starten zu können

[21]

Für einen näheren Vergleich zwischen den Frameworks, siehe 8. Dabei kann erkannt werden, dass Quarkus Response Zeit die bestbewertete ist, Spring trotzts dabei mit einer Compilation Zeit von nur 1.33s, wenn der Befehl `./mvn clean compile` verwendet wird. Insgesamt kann allerdings aus dem Benchmark Vergleich gezogen werden, dass Micronout in den meisten Kategorien als Sieger hervorgeht. Vor allem, wenn ein kleiner Speicherverbrauch wichtig ist, sollte zu Micronout gegriffen werden. [22]

2.7.3 http GET/POST/PUT Funktionen

Mithilfe von GET/POST/PUT können Daten von einem Webserver geholt, oder an diesen geschickt werden, um diese später z.B. in einer Webapplikation nutzen zu können.

Um diese Annotations verwenden zu können, muss eine REST Ressource erstellt werden. Bei dieser Ressource muss als erstes ein Pfad definiert werden. Dieser gilt für alle darauffolgenden Funktionen in der Ressource Klasse.

Die Funktionen in der Klasse sind alle für verschiedene GET- bzw. POST-Requests mit verschiedenen Pfaden verantwortlich. Bei jedem von ihnen wird definiert, ob ein GET, POST oder PUT Request abgesetzt werden soll. In der darauffolgenden Zeile wird ein Pfad angegeben, welcher zusätzlich nach dem über der Klasse angegebenen Pfad verwendet wird. Als letztes Attribut wird definiert, je nachdem ob der Request etwas auslesen soll oder etwas anzeigen lassen soll, ein `@Produces` bzw. ein `@Consumes`. In diesen wird jeweils der Typ von dem auszulesenden bzw. anzuzeigenden angeführt. In dem Beispiel unterhalb ist es ein JSON-Format. [23]

Listing 11: Quarkus POST-Request

```
1  @GET
2  @Produces(MediaType.APPLICATION_JSON)
3  @Path("/all/animal")
4  public Set<Animal> getAll() {
5      return animalRepository.getAll();
6  }
```

2.7.4 JPA und JDBC

JPA

- JPA ist die Abkürzung für Jakarta Persistence API. Es ist ein POJO-basiertes Framework für Java Persistence. Die Hauptaufgabe von JPA ist dabei das objekt-relationale Mapping, allerdings bietet JPA auch Lösungen für die architektonische Herausforderung der Integrierung von Persistence an.

JDBC

- Um in Java auf eine relationale Tabelle Zugriff zu erhalten, wird JDBC benötigt. JDBC ist dabei eine Abkürzung für Java Database Connectivity. JDBC fasst einen Satz von Schnittstellen zusammen, welcher nötig ist, damit sich Java an relationale Datenbanken anbinden kann. Durch JDBC kann somit eine Verbindung zu einer Datenbank aufgebaut, auf Tabellen zugegriffen und Daten ausgelesen oder verändert werden.

[24]

2.7.5 Quarkus und JDBC

Um Quarkus in Verbindung mit Datenbanken verwenden zu können, muss ein passender JDBC-Driver verwendet werden. Dabei gibt es für jede Datenbank einen eigenen passenden Driver. Bei einer PostgreSQL-Datenbank, welche in diesem Projekt verwendet wurde, lautet die `artifactID` (welche verwendet wird, um den JDBC-Driver als

SQL-Befehlsgruppen		
DB Manipulation (DML)	DB Definition (DDL)	DB Operation
DELETE	CREATE	SERVERERROR
INSERT	ALTER	LOGON/LOGOFF
UPDATE	DROP	STARTUP/SHUTDOWN

Tabelle 1: Grundlagen SQL [26]

Dependency einzubinden), `quarkus-jdbc-postgresql`.¹² Diese Dependency muss in die `pom.xml` Datei des Programms kopiert werden. Beim Starten des Projekts wird der JDBC-Driver anschließend automatisch hinzugefügt. [24]

Listing 12: JDBC Dependency

```

1      <dependency>
2          <groupId>io.quarkus</groupId>
3          <artifactId>quarkus-jdbc-postgresql</artifactId>
4      </dependency>

```

2.8 SQL

SQL ist eine Programmiersprache, welche entwickelt wurde, um die Daten in einer relationalen Datenbank zu bearbeiten. Außerdem kann damit die Struktur der Datenbank abgeändert werden. [25]

Es gibt verschiedenste SQL-Befehlsgruppen, welche jeweils einen anderen Zweck erfüllen, siehe Abb. 1. Mithilfe all dieser verschiedenen Gruppen ist es möglich, eine Datenbank zu erstellen, zu verwalten und zu löschen.

Um beispielsweise eine Tabelle in einer Datenbank zu erstellen, wird das Schlüsselwort `CREATE` verwendet, welches in der Data Definition Language (DDL) gefunden werden kann.¹³

Listing 13: CREATE table

```

1      CREATE TABLE animal (
2          animalName VARCHAR(20),
3          animalAge  NUMBER(3)
4      );

```

Um nun eine Zeile in die Tabelle hinzuzufügen, wird ein `INSERT`-Statement benötigt.¹⁴

Listing 14: INSERT INTO table

```

1      INSERT INTO animal (animalName, animalAge) VALUES ('snake', 3);

```

SELECT * FROM students	
WHERE age > 18	Alter muss über 18 liegen
WHERE name == "Maria"	Name muss Maria betragen
INSERT	ALTER
UPDATE	DROP

Tabelle 2: SQL-Select-Statements [25]

Ein anderer wichtiger Befehl in SQL ist der SELECT-Befehl. Mit ihm kann aus jeder beliebigen Tabelle ein bestimmter Teil ausgegeben werden. Dabei können verschiedenste Kriterien übergeben werden, wie z.B. dass die auszugebenden Daten einen bestimmten Wert haben müssen. [26]

2.8.1 Kommunikation mit Datenbanken

Um SQL in einer Datenbank zu verwenden, muss dazu erst eine Datenbank angelegt werden. Dabei gibt es verschiedenste Datenbanken, welche je nach Performance, bzw. benötigter Größe ausgewählt werden sollte. Siehe dazu 2.5.

Daten aus einer Datenbank auslesen

Um mit den Daten einer Datenbank arbeiten zu können, müssen diese zuerst aus der Datenbank geholt werden. Dies passiert über ein SQL-Statement, welches ausgeführt werden muss. Dabei können einzelne Zeilen aus der Datenbank ausgewählt werden, oder auch mehrere Zeilen sowie ganze Tabelle. Es können verschiedene Kriterien in das SQL-Statement hinzugefügt werden, um unterschiedliche Ergebnisse zu erhalten. [25]

2

2.8.2 SQL und Java in Verbindung

SQL und Java lassen sich verbinden. Durch eine Verbindung auf eine Datenbank mithilfe eines Connection-Blocks 31 können leicht Daten aus der Datenbank bearbeitet, Daten ausgelesen und Daten hinzugefügt werden. Dies wird mithilfe eines Strings, welches ein SQL-Statement enthält, umgesetzt 15 und kurz darauf ausgeführt.

Listing 15: SQL-String

```
1      String sql = "SELECT * FROM flexlogger where timestamp > ? AND timestamp < ?
      order by timestamp";
```

Anschließend wird dieses in ein `PreparedStatement` umgewandelt und ausgeführt. Das Resultat daraus ist ein `ResultSet`. 16

Listing 16: SQL-Statement ausführen

```
1    try (Connection conn = connect()) {
2        try (PreparedStatement ps = conn.prepareStatement(sql)) {
3            ResultSet rs = ps.executeQuery();
4        }
5    }
```

2.9 Beckhoff [M]

Beckhoff ist ein internationales Unternehmen, welches 1980 von Hans Beckhoff gegründet wurde. Das Unternehmen realisiert offene Automatisierungssysteme. Bekannt wurde das Unternehmen vor allem in dem Bereich Industrie-PC und das zugehörige Softwaresystem TwinCAT. Die Produkte, welche von Industrie-PCs, Steuerungssystemen und Softwaretools reichen, werden vor allem in der Gebäude-Automatisierung und für die Steuerung von Maschinen verwendet. Konkret geht es um automatisierte Prozesse, die vor allem in der Fertigung eine große Rolle spielen. Auch die Effizienz und die Energiebilanz des Anwenders können gesteigert werden. In der Firma Flexsolution kann mit den Systemen von Beckhoff vom Licht, über Schlosien und Fertigungsmaschinen alles gesteuert werden.

Entwickelt werden solche Anwendungen in der Software TwinCAT mit einer von Beckhoff entwickelten Programmiersprache.

TwinCAT bietet den Vorteil, dass die Codeänderungen schnell und unkompliziert angepasst werden. So können, ohne dass etwas kompiliert werden muss, Anpassungen getätigt werden. Außerdem sieht man, während das Programm läuft, direkt die Werte der Variablen. Dies erlaubt es, schnell einzugreifen und alles zu überwachen.

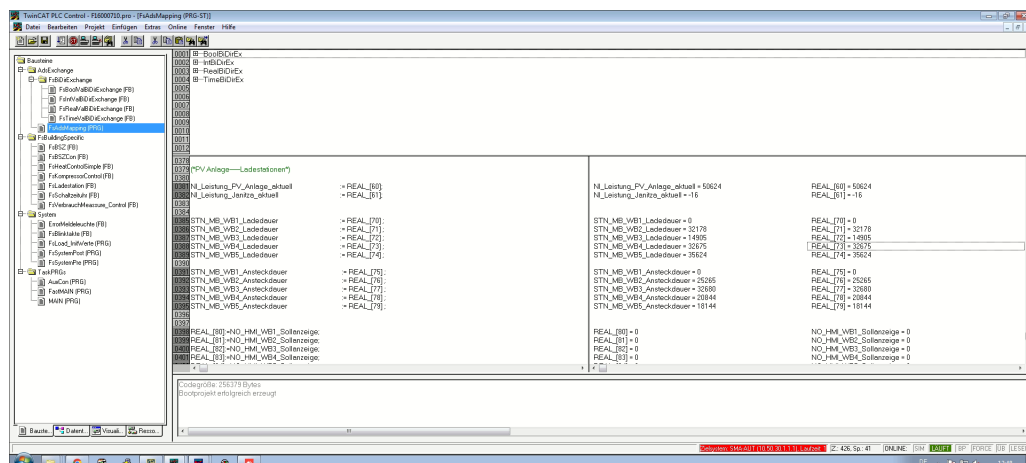


Abbildung 9: So sieht die TwinCAT Übersicht aus

Eine weitere Besonderheit ist die Art, wie der Code ausgeführt wird. Denn in einer Beckhoff-Steuerung wird nach einem festgelegten Zyklus der Programmcode von oben nach unten ausgeführt. Es werden dabei nur Operationen wie 'if, iflse', mathematische Operationen, Zuweisungen und timer unterstützt.

Um das Warten der Software für die Mitarbeiter der Firma einfach zu gestalten, wurde nach Abschluss des Projektes die Funktion des Chargecontrollers mit der Hilfe eines Mitarbeiters für Beckhof optimiert. Dies gibt den Mitarbeitern die Möglichkeit, die Software zu erweitern, auf mögliche Bugs zu reagieren oder Änderungen durchzuführen. Durch die Anpassung für Twincat werden dem zuständigen Mitarbeiter die Deployments auf dem Raspberry Pi erspart.

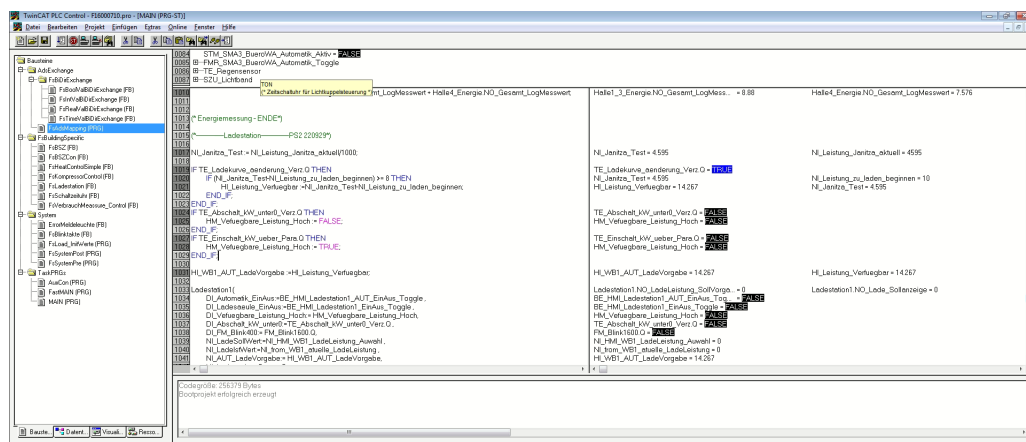


Abbildung 10: Abschnitt der Wallboxen in Twincat

2.10 Raspberry [M]

Ein Raspberry Pi, oft auch nur 'PI' genannt, ist ein vollwertiger Einplatinen-Computer. Das bedeutet, dass alle Komponenten, die in jedem Computer zu finden sind, auf einer einzigen Platine zu finden sind. Ausnahme dafür ist das Netzteil, welches meist aus einem 5 Volt USB C Kabel besteht. Als Betriebssystem wird das Linux-basierte System Raspberry Pi OS angeboten. Dieses besteht aus einem Desktop, einem Webbrowser, Einstellungen und Editoren für verschiedene Programmiersprachen. Der Mini-PC unterstützt jedoch auch andere Systeme, wie Raspberry Pi OS Lite, welches fast reines Linux ist. Dort findet man weder eine graphische Oberfläche noch vorinstallierte Apps.

Da diese Mini-PCs in vielen Ausführungen und noch dazu relativ günstig zu haben sind, wurde für das Projekt ein Raspberry PI 4 ausgewählt. Dieser hat 4 GB RAM, eine Micro-SD-Karte mit einem vorkonfigurierten Image, einem Netzwerkanschluss und 4 USB-Steckplätze. Um die Zuverlässigkeit des Systems gewährleisten zu können, wurde

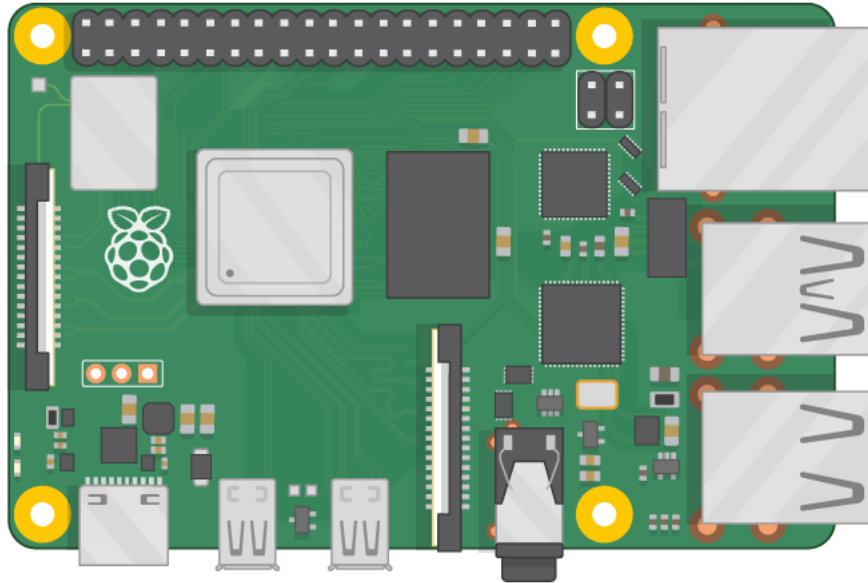


Abbildung 11: Aufbau eines Raspberry Pis

ein Gehäuse von der Firma Flexsolution entwickelt, welches mit einem eingebauten Lüfter die Platinen kühlt. Des Weiteren wurde ein Modul installiert, welches einen Akku beinhaltet und den PI über eine 12 Volt-Leitung mit Strom versorgt. Dies ermöglicht eine Absicherung für Stromausfälle. Der Raspberry wurde in einem Schaltschrank montiert und an das Netzwerk angeschlossen.

Solche Raspberrys werden in der Firma oft verwendet, da sie sich perfekt für die Flextask eignen. Sie sind günstig, leise, klein und verbrauchen kaum Strom. Sie können mit sogenannten GPIO-Pins mit Hardware interagieren und bieten eine Vielzahl an Möglichkeiten, Module anzuschließen.

3 Wallbox [M]

Dieses Kapitel beschäftigt sich mit dem Aufbau der Wallboxen, der Struktur der Firma und den Funktionen der Applikation zur Steuerung der Ladestationen. Für das Projekt werden Librarys verwendet, welche von der Firma intern entwickelt wurden. Diese werden dazu genutzt, um Daten zwischen den Wallboxen und dem Webinterface auszutauschen. Untersucht wird in diesem Teil der Arbeit, wie die Daten über die verschiedenen Netzwerkschichten transportiert werden können.

3.1 Untersuchungsanliegen

Marcel Pouget ist für den Arbeitsabschnitt 'Wallboxen' zuständig. Dabei wird die Übertragung von Daten zwischen den Wallboxen und der Firmen IT-Struktur auf mehreren Ebenen untersucht. Die Umsetzung der Ansteuerung ist mit der Java Library Libmodbus geplant.

3.2 Ist-Stand

Zu der Zeit vor dem Projekt ist es der Firma nicht möglich, Elektro-Fahrzeuge aufzuladen. Um das erreichen zu können, soll auf dem Dach des Firmengeländes eine Photovoltaik Anlage installiert werden, welche mit bis zu 170 kWh die Firma und die neuen E-Autos mit Strom versorgen kann. Die eigens dafür angeschafften Elektroautos sollen mit 5 Wallboxen der Marke 'I-CHARGE CION' beladen werden. Da es bis zu dem Zeitpunkt des Startes des Projekts keine Möglichkeit gab, jene Wallboxen anzusteuern und überwachen zu können, beschäftigt sich dieser Teil der Diplomarbeit mit diesen Themen.

3.3 Aufbau des Projektes

In diesem Kapitel werden die Funktionen und der Aufbau des Projektes erklärt und Visualisiert

3.3.1 Allgemeine Beschreibung

Dieses Projekt soll es den Mitarbeitern der Firma ermöglichen, die neu erworbenen E-Autos an einer der fünf Ladestationen anzuschließen und den Ladeprozess zu steuern. Die Funktionen der Website können im internen Netzwerk über eine URL aufgerufen

werden. Dort können die einzelnen Wallboxen ein- und ausgeschaltet werden, der aktuelle Ladestromwert kann überwacht werden und es ist möglich, der Wallbox einen Wert vorzugeben, mit welchem diese dann das Auto auflädt.

3.3.2 Beschreibung der Funktionen

Das Projekt besteht aus drei Teilen. Einer Website, auf welcher die Statusanzeigen der einzelnen Wallboxen und andere Funktionen angezeigt werden, einem Charge Controller, welcher dafür verantwortlich ist, die Befehle der GUI entgegenzunehmen und auszuwerten, und aus einem Gateway, welches zwischen den Controllern und dem Modbus-Adapter liegt. Wenn also jemand eine Ladestation einschaltet, schickt die Website (HMI (Human Machine Interface)) über die Flexcloud einen Befehl zu dem Charge Controller. Siehe Aufbau des Projektes: 12.

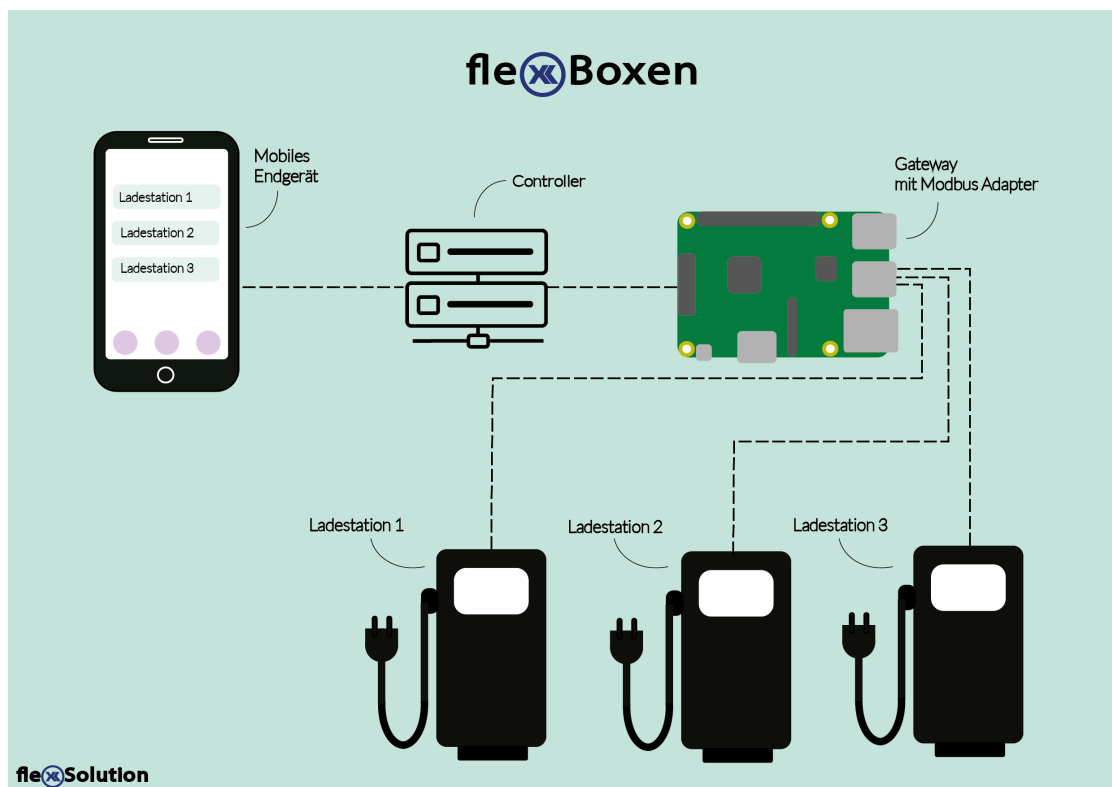


Abbildung 12: Darstellung des Aufbaues

Dieser ändert dann die Farbe des 'on/off' icons auf der Website, speichert den Wert des Sliders, und schickt diesen dann an das Gateway. Er ist nur dafür verantwortlich, die jeweiligen Befehle entgegenzunehmen, und an die richtige Wallbox, an das richtige Register mit der richtigen Value zu schreiben.

3.3.3 Beschreibung der Wallboxen

Die Wallboxen sind 5 Ladestationen der Marke 'I-Charge'. Sie wurden im August 2021 an einer Außenwand der Firma montiert. Jede Einzelne ist mit 400 Volt an das Stromnetz der Firma gebunden, und kann mit bis zu 32 A bzw. 22 kWh Leistung das Auto laden. Um den Status der Wallbox überwachen zu können, gibt es an der Vorderseite des Panels eine LED-Anzeige mit 5 Punkten, welche in verschiedenen Farben leuchten können.

- grün durchgehend: Station ist frei
- blau blinkend: Station ist besetzt, das Auto lädt aber nicht, weil es entweder voll oder die Wallbox ausgeschaltet ist
- blau durchgehend: Station ist besetzt, das Auto lädt
- rot blinkend: Station ist defekt.

Weitere wichtige Anschlüsse der Stationen sind eine Modbus485-Schnittstelle und ein 5 Volt-Pin. Erstere ist dazu da, um der Box Befehle zu geben und Register, also laufende Werte auszulesen. Mit Zweiterem kann man jede einzelne Wallbox ausschalten, indem man auf den 5 Volt Pin eine Spannung anlegt, und einschaltet, wenn die Spannung wieder weggenommen wird. Die Wallboxen sind alle seriell miteinander verbunden, um die Modbus-Kommunikation zu ermöglichen. Dafür wurden jeweils zwei Drähte genutzt, die in eine Wallbox reingehen, an das Modbus-Interface angesteckt wurden und dann wieder aus der einen Wallbox in die nächste Ladestation gelegt wurden. Am Ende der seriellen Leitung befindet sich ein Abschlusswiderstand, um ein möglichst genaues und sauberes Signal zu ermöglichen. Die Kabel der 5 Volt-Leitungen sind alle parallel geschaltet und gehen am anderen Ende in eine Beckhoff-Steuerung. Jene ist dafür ausgelegt, um die Spannung in den Drähten zu verändern. Das Kabel, welches für die Modbus-Kommunikation zuständig ist, ist am anderen Ende mit einem Modbus-zu-USB-Adapter verlötet. Dieser Adapter steckt in einem Raspberry Pi 4, welcher in demselben Schaltschrank montiert ist wie die Beckhoff-Steuerung.

3.3.4 Beschreibung des Gateways

Das Gateway ist ein sogenannter 'FlexTask' (später dazu mehr, 3.4), welcher auf dem Raspberry mit dem USB-Adapter läuft. Der Task ist in drei Abschnitte unterteilt. Wenn er gestartet wird, initialisiert dieser zuerst mehrere Arrays, welche die benötigten Datenpunkte beinhalten. Dafür wurden in der Tabelle für jeden Befehl jeweils 5 Datenpunkte

gespeichert. Dies ist notwendig, da jeder Befehl auch an jede Wallbox geschickt werden kann, das Gateway aber die einzelnen IDs zuordnen muss. Der Datenpunkt an der Stelle '3' in einem Befehlsarray repräsentiert den Befehl, welcher an die dritte Wallbox gesendet werden soll. Sobald alle Datenpunkte ohne Fehler angelegt und angemeldet wurden, beginnt der Task damit, eine serielle Verbindung zu dem Adapter aufzubauen. Es werden die Parameter für die Modbus-Verbindung gesetzt und danach wird die Verbindung geöffnet. Für diese Verbindung wird die Java Library 'jlibmodbus' verwendet, bei welcher folgende Parameter gesetzt werden müssen.

Wichtige Parameter

- `setDevice('/dev/ttyUSB0')` -> hier wird angegeben, an welchem Port der Adapter liegt.
- `setBaudRate(SerialPort.BaudRate.BAUD_RATE_57600)` -> Die Baud-Rate ist ein von der Wallbox vorgegebener Parameter, welcher beschreibt, wie hoch die Baud-Rate ist. Hier wird der Wert 57600 gesetzt.
- `setDataBits(8)` -> Die Databits müssen 8 Bits betragen, da auch hier der Wallbox-hersteller sich für diese Konfiguration entschieden hat.
- `setParity (SerialPort.Parity.NONE)` -> Das bedeutet so viel wie, dass es kein signed, also kein Überwachungsbit gibt.
- `setStopBits(2)` -> Auch dieser Parameter wurde vom Hersteller vorgeschrieben. Die Stopbits werden in einem späteren Kapitel 3.5.4 noch genauer erklärt.

Der erste Teil des Tasks besteht aus einer for-Schleife und einem Codeblock, welcher auf Veränderungen bei den Datenpunkten hört. Als erster Schritt geht die for-Schleife alle vorhandenen 'Devices' durch. Siehe 3.5.1. In diesem Fall sind es 5, jedes Gerät steht für eine Wallbox. Danach werden für jedes Device die Datenpunkte rausgesucht, und wenn der in der Datenbank gesetzte 'SpecificDataType' 3.5.1 nicht 'null' ist, wird ein sogenannter 'DatapointCommand' angehängt. Dieser Command ist dafür zuständig, dass Änderungen bei den Werten erkannt und dann in dem oben beschriebenen Codeblock ausgeführt werden. Dort werden dann über die Deviceid, die Specificaddress und den Wert jene Daten entnommen, welche man für das Beschreiben der Modbus-Register benötigt. Dadurch wird ermöglicht, dass der Task, sobald die Value eines Datenpunktes sich ändert, dieser Wert direkt an die Wallbox mit der ID des Geräts gesendet wird.

Der zweite Teil des Tasks ist ein Timer, welcher alle 300 Millisekunden drei verschiedene Register ausliest.

Dazu wird bei jedem Durchlauf an alle Wallboxen ein read-Command geschickt, um folgende Adressen auszulesen:

- 126 -> ist das Register, in welchem der aktuelle Ladestromwert in Ampere gespeichert wird.
- 151 -> ist das Register, in welchem die Ladedauer gespeichert wird.
- 153 -> ist das Register, in welchem die Ansteckdauer gespeichert wird.

Die Werte, welche das Modbus-Protokoll zurückliefert, werden an Datenpunkte übergeben, welche dafür zuständig sind, Werte vom Gateway weiterzuschicken (im Gegensatz zu den vorhererwähnten Datenpunkten, denn diese sind dafür da, um Values von anderen Tasks zu bekommen).

Der dritte Teil benützt nicht so wie die ersten zwei Abschnitte Modbus TCP, sondern Modbus RTU. Dieser ist wiederum in weitere 2 Teile aufgeteilt. Der eine Part baut eine Verbindung zu dem Controller der PV-Anlage auf, der zweite Part baut auf dieselbe Art eine Verbindung zu den Janitza Messklemmen auf. 3.6.12 Folgende Beschreibung gilt für beide Verbindungen, es ändern sich nur die Parameter und die Art, mit den Rückgabewerten umzugehen.

Folgende Parameter sind für die Fronius-Verbindung einzustellen:

- `tcpParameters.setHost(InetAddress.getByName('10.50.30.200'))` -> Hier wird die IP des Modbus-Masters eingegeben
- `tcpParameters.setKeepAlive(true)` -> Hier wird ein Signal gesetzt, um die Verbindung aufrechtzuerhalten
- `tcpParameters.setPort(Modbus.TCP_PORT)` -> Standardparameter für den TCP-Port des Modbus (502)
- `int slaveId = 1` -> SlaveID des Modbus-Masters
- `int offset = 499`; -> die Startadresse des Registers, in welchem der aktuelle Stromwert in Watt gespeichert wird
- `int quantity = 2`; die Anzahl der Register, welche ausgelesen werden sollen. Hier sind es zwei, da in jedem Register nur bis zu 65536 Bit gespeichert werden können. Da aber die PV-Anlage mehr als 65 kW erzeugen kann, müssen hierfür 2 Register zum Speichern verwendet werden. Das erste Register zeigt dabei an, wie oft das zweite Register schon befüllt wurde. Ist also in dem ersten Register eine 1 und im zweiten Register 30000, bedeutet das, dass einmal $65536 + 30000$ W produziert werden.

Da die Janitza Klemmen eine andere Art der Persistierung nutzen, musste in dieser Klasse anders mit den zurückgelieferten Werten umgegangen werden. Die Werte der Janitza Klemmen sind als Float abgespeichert, und können aus diesem Grund nicht einfach abgelesen werden. Um trotzdem die richtigen Daten zu bekommen, wurde der zurückgegebenen Value mithilfe der `'Integer.toBinaryString(value)'` in binäre Zeichen umgewandelt. Mit der Hilfe eines Stringbuilders wurden dann die 2 Register aneinandergehängt. `'str.append(Integer.toBinaryString(value));'` Um nun den Binären Wert in eine echte Zahl zurück zu verwandeln, wurde die Funktion `'Float.intBitsToFloat'` verwendet. Der Wert aus dem String aus dem StringBuilder wird zu einem `UnsignedInt` geparsed, und der Wert dann einer temporären Variablen zugewiesen.

```
'tmp = Float.intBitsToFloat(Integer.parseUnsignedInt(str.toString(), 2));'
```

Da der zurückgegebene Wert aufgrund der Übertragung Fehler anfällig ist, wird noch überprüft, ob der Wert nicht 0 ist, und kleiner als 200.000, da bei manchen Abfragen die Value nicht stimmt. Die Werte der zwei Modbus TCP-Verbindungen werden alle 300 Millisekunden ausgelesen, und in die Flexcloud gepushed.

3.3.5 Controller

Der sogenannte Chargecontroller ist die Verbindung zwischen dem Graphical User Interface und dem Gateway. Dieser ist für den Logikteil der Anwendung zuständig. In ihm werden die Inputs des Benutzers auf Richtigkeit überprüft, Einheiten umgewandelt, States von Buttons geändert, und User-Feedback generiert. Der Task läuft, genau wie das Gateway, in einem sogenannten Flextask und wird auf einem weiteren Raspberry initialisiert. Wenn der Task gestartet wird, werden Arrays für die einzelnen Daten angelegt. Jedes Array hat dabei die Länge 0-5, um damit die Wallbox ID zu simulieren. Die Daten der ersten Wallbox sind somit an der Stelle [1] und nicht [0], so wie es normalerweise der Fall ist. Das ist notwendig, um im späteren Verlauf der Applikation das Ansprechen der Datenpunkte zu vereinfachen.

- Ladedauer -> ist ein Zwischenspeicher, um die Veränderung der Ladedauer zu überprüfen.
- Ansteckdauer -> ist ein Zwischenspeicher, um die Veränderung der Ansteckdauer zu überprüfen.
- wallboxTurnOff -> ermöglicht das Ein- und Ausschalten der Wallboxen.

- Wallboxpriority -> ermöglicht das Wechseln zwischen priorisiertem und normalem Laden.
- PressdWB -> Ein Array aus Booleans, welche alle auf false gesetzt werden. Sobald eine Wallbox eingeschaltet wurde, wird der Wert an der richtigen Stelle auf true gesetzt
- ChangePriority -> Array, in welchem die Variable an der Stelle [x] auf true gesetzt wird, sobald eine Wallbox auf automatisches Laden gestellt wird

Nachdem der Task erfolgreich gestartet ist, werden im Main Thread die Datenpunkte zur Datenübertragung angelegt. Diese bestehen wieder aus einem Array von jeweils 5 Datenpunkte, da man für jede einzelne Wallbox jeden Datenpunkt braucht.

- dpset_charging_active -> ist für das Userfeedback zuständig. Wenn jemand auf einen Button drückt und sich der Status der Wallbox erfolgreich geändert hat, wird mit diesem Datenpunkt in der HMI die Farbe des Buttons geändert.
- DpChangePriorityOfCharching -> Dieser Datenpunkt macht genau dasselbe, nur ist er für die Farbe des Buttons zuständig, welcher das priorisierte Laden aktiviert.
- dpCharging_slider -> Wenn die Wallbox eingeschaltet ist und jemand den Slider für die Stromvorgabe ändert, wird auf diesem Datenpunkt der vom User eingestellte Wert gepublished. Das ist notwendig, um dem Benutzer ein direktes Feedback in der UI zu geben. Er kann dadurch sehen, wie viel Strom er der Wallbox vorgegeben hat.
- wallbox_status -> Dieser Datenpunkt ist für die Farbe des Status-Symbols da. Es gibt drei verschiedene Status:
 - Rot: -> Ladesäule ist besetzt, aber das Auto lädt nicht
 - Blau: -> Ladesäule ist besetzt, und das Auto lädt mit den vorgegebenen Ampere
 - Grau: -> Ladesäule ist frei und kann jederzeit benutzt werden

Diese werden je nach Status der Wallbox aktualisiert. Achtung: Vor allem der Wechsel zwischen 'Blau' und 'Rot' (in genau dieser Reihenfolge) kann etwas länger dauern, da die Wallbox selbst erst nach einigen Sekunden den Stromfluss zum Auto unterbricht und somit das Laden stoppt.

- wallbox_lädt_mit_kW -> Dieses Array speichert den aktuellen Wert, mit dem die Wallbox gerade lädt. Da bei den E-Autos meist die Kapazität des Akkus in kW/h angegeben ist, wird im Chargecontroller der Wert der Wallbox in Ampere umgerechnet, und mit diesem Datenpunkt zur HMI geschickt. Dient dazu, um dem Benutzer eine Möglichkeit zur Kontrolle zu geben. Achtung! Es ist nicht derselbe Wert wie im 'dpCharging_slider' Array, da bei letzterem der Wert direkt wieder

zur UI geschickt wird, während 'wallbox_lädt_mit_kW' der tatsächliche Wert der Wallbox ist!

- wallbox_ladestromvorgabe -> Dieser Datenpunkt ist auch wieder für die Vorgabe des Ladestroms zuständig. Jedoch wird mit diesem Array die Position des Sliders angepasst, sodass selbst nach Verlassen der Oberfläche der Slider immer die zuletzt eingestellte Position besitzt und der Wert wird an das Gateway weitergeleitet. Dafür wird der Wert des Sliders von kW/h in Ampere umgerechnet und gepublished
- AktuellerStromWertVonJanitzaForHMI -> Dieser Datenpunkt ist nur zur Kontrolle da. Er dient der Veranschaulichung des Stromverbrauchs in der Firma. Ist der Wert unter 50.000 W, kann das priorisierte Laden nicht aktiviert werden.

Der nächste Abschnitt ist vom Aufbau her ähnlich wie das Gateway. Zuerst wird mit einer For-Schleife über alle Datenpunkte, deren spezifischer Datentyp nicht leer ist, iteriert. An jeden gefundenen Datenpunkt wird dann wieder der 'DatapointChangedCommand' gehängt. Das ist dafür da, um auf Änderungen der Werte zu hören. Der nächste Abschnitt der App besteht aus einem 'DatapointCommand', welches ausgeführt wird, sollte die Flexlib eine Änderung der Werte erkennen. Darin ist ein Switch-Statement, welches auf die ID der einzelnen Datenpunkte hört. Sollte also der Datenpunkt mit der ID 'ladedauer_wb' einen neuen Wert zugewiesen bekommen, wird der darunterliegende Codeblock ausgeführt. Mit Hilfe der Device-ID, welche 1-5 betragen kann, bekommt man die ID der Wallbox, für welche die Änderungen bestimmt sind. Es gibt folgende Datenpunkte-IDs, auf welche gehört wird:

- get_data_from_modbuswb -> Dieser Wert verändert sich, wenn das Gateway eine Veränderung der Ansteckdauer feststellt und diese dem Controller sendet. Wenn sich die Ansteckdauer nun verändert, wird der Wert in das Array 'Ansteckdauer' an der Stelle [x] (Device ID) gespeichert.
- ladedauer_wb -> Sollte sich der Wert des Datenpunktes mit der Ladedauer verändern, wird der Wert genau wie im oberen Datenpunkt in das Array für die 'Ladedauer' gespeichert.
- aktueller_ladestrom_wert_wb -> Das ist der Wert, der sich ändert, wenn das Gateway den aktuellen Ladestrom misst und dem Controller sendet. Dieser wird wieder in W/h umgerechnet und an den Datenpunkt 'wallbox_lädt_mit_kW' gepublished.
- cct_get_Ladestromvorgabe_from_hmi -> Sobald die Wallbox eingeschalten ist (die Value des Icons ist 2) bekommt der Task die Vorgabe des Sliders von der HMI. Da

der Slider auf kW eingestellt ist (1-22), wird der Wert des Datenpunktes in Ampere umgerechnet und dann sowohl zur HMI (zur Kontrolle) als auch an den Modbus-Task geschickt. Der Wert wird außerdem in einem Array zwischengespeichert, um ihn beim Einschalten direkt an den Modbus-Task mitzuschicken.

- `cct_get_start_chargingcommand_wb` -> Dieser Datenpunkt wird dann ausgelöst, wenn ein User den Button zum Starten des Ladevorganges drückt. Bei jedem zweiten Event (ein Klick löst zwei Events aus) wird der Status in dem Array 'pressedwb' überprüft. Ist die Variable auf 'false', wird das Icon des Buttons auf grün (Value 2) gesetzt, und der aktuelle Wert des Sliders wird 'wallbox_ladestromvorgabe' mitgegeben. Außerdem wird die Variable 'pressedwb' auf true gesetzt, da die Wallbox nun lädt. Sollte das Icon schon grün sein und somit die Wallbox schon eingeschaltet sein, wird bei einem weiteren Button-Press das Icon auf Rot (aus) gestellt, und 'wallbox_ladestromvorgabe' wird auf 0 gesetzt. Das Boolean wird auf false gesetzt.
- `ChangePriorityOfCharching` -> Hier wird das automatische Laden geregelt. Zuerst wird geschaut, ob das Icon ein bzw. ausgeschaltet ist, dann, ob die Wallbox eingeschaltet ist. Und wenn dann auch noch das Array von true auf true ist, welches überprüft, ob die Janitza Klemmen mehr als 10 kW zurückgeben, dann wird das Auto automatisch geladen. In meinem Fall wird einfach an den Modbus-Task der Wert 32 (A) geschickt, was die maximale Ladegeschwindigkeit ist. Wenn er nicht priorisiert lädt, bekommt der Modbus-task den Wert 10 (A)
- `AktuellerStromWertVonPv` -> Dieser Datenpunkt ist nur dafür da, um den Wert von dem Gateway, welches den aktuellen Wert der PV schickt, an die HMI weiterzuleiten.
- `AktuellerStromWertVonJanitza` -> Macht genau dasselbe, nur mit dem Wert der Janitza Messklemmen

Der Controller besteht neben dem Mainthread noch aus einem Timer, welcher alle 1,2 Sekunden einen Codeblock ausführt. In diesem wird geschaut, ob sich die Ladedauer oder die Ansteckdauer im Vergleich zum letzten Durchgang verändert hat. Sollte dies der Fall sein, werden die Farben der Icons angepasst. Außerdem wird überprüft, ob das priorisierte Laden aktiviert werden darf oder nicht. Sollte der Wert der Janitza-Klemmen innerhalb von 30 Wiederholungen nicht unter 10.000 gefallen sein, darf man das Auto priorisiert laden.

3.3.6 HMI / GUI

Die letzte und für den User die Wichtigste Komponente ist das Graphical user interface (kurz: GUI). Um den Nutzern in der Firma das Verwalten der Oberfläche so einfach wie möglich zu machen, hat wurde die Oberfläche mit den Firmeneigenen Systemen entwickelt. Die von der den Mitarbeitern entwickelte HMI (HMI steht für Human Machine Interface) funktioniert nur auf den internen Servern. Das Besondere ist, dass alle Oberflächen der Firma via Sockets verbunden sind, und somit alle Anzeigen zu jeder Zeit gleich sind. Der große Vorteil ist dadurch, dass sich alles Systeme miteinander verbinden lassen. Dies geschieht mit dem Flextask “HMI-Machine”, der einzig dafür verantwortlich ist, sich auf neue Oberflächen zu subscriben, und ihr alle für sie bestimmten Daten zu schicken. Dies geschieht auch wieder über Datenpunkte, die auf die einzelnen Elemente der Oberfläche gemappt sind. Diese Elemente werden in einem großen JSON-Objekt zusammengestellt, konfiguriert, benannt und ausgerichtet.

Listing 17: Example Element

```

1  Test_DynButtonRGBSliderOnOff: {
2    type: 'dynButton',
3    items: {
4      label: { id: 'name', textContent: 'DynButton RGB Slider Ein/Aus'},
5      color: { id: 'farbe' },
6      slider: { id: 'range' },
7      icon: { id: 'symbol' },
8    },
9  },

```

- Label: gibt an, welche ID und welchen Content der Button haben soll. Man kann den Content über den Namen des Elements und dem Label ansprechen und verändern.
- Color: Dadurch lässt sich die Farbe des Buttons / Elements verändern.
- Slider: erstellt einen Slider mit einer gewissen Range und mit einstellbaren 'Sprüngen'
- Icon: Dort kann man Icons von Librarys wie zum Beispiel Font-Awesome anbinden. Die Icons können mit dem Setzen von verschiedenen Werten die Farbe ändern.

Die Oberfläche der App besteht aus einer Hauptseite, wo man eine Übersicht der verschiedenen Ladestationen bekommt. Die Startseite besteht aus einem Icon als Zeichen für die Wallbox, einem Label mit dem Namen der Wallbox, und einem zweiten, dynamischen Icon. Letzteres ist dafür da, um über den aktuellen Status der Wallbox zu informieren.

- Grau -> Station ist frei
- Rot -> Station ist besetzt, aber das Auto lädt nicht
- Blau -> Station ist besetzt, und das Auto lädt

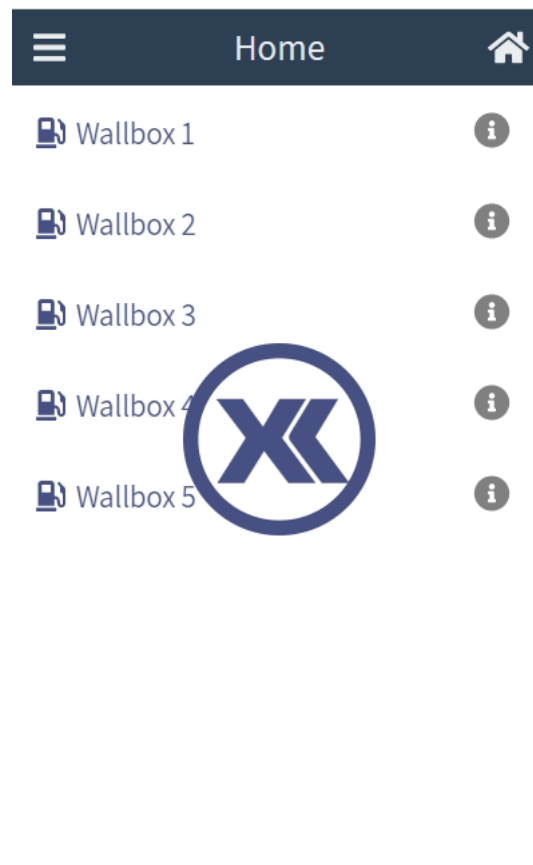


Abbildung 13: Übersicht über die fünf Wallboxen auf der HMI:

Siehe Übersicht über die einzelnen Wallboxen: 13.

Jedes dieser 5 Label ist ein Link zu der Unterseite der jeweiligen Wallbox. Jede der Unterseiten besteht dabei aus einem dynamischen Header mit der ID der ausgewählten Wallbox. Das nächste Element besteht aus einem Label, einem dynamischen Slider und einem Icon, welches zum Ausschalten der jeweiligen Wallbox verwendet wird. Der Slider hat eine Range von 1 - 22, was die möglichen kW veranschaulichen soll. Darunter ist noch ein Statuselement, welches mit dem Icon auf der Startseite gekoppelt ist. Die Soll-Vorgabe, welche sich darunter befindet, ist der Wert, den der User mit dem Slider eingestellt hat. Er ändert sich dynamisch und gibt dem Benutzer die Möglichkeit, die gewünschten kW/h genau einzustellen. Bei Verlassen bzw. Neuladen der Seite wird der Wert natürlich gespeichert und auch der Slider behält seine Position. Die Ist-Vorgabe ist der Wert, welcher bei der Wallbox eingestellt ist und mit welchem das Auto dann wirklich aufgeladen wird. Dieser ändert sich meist mit einer kleinen Verzögerung, da die Wallbox den neuen Wert erst nach wenigen Augenblicken übernimmt. Das Element mit dem Namen 'Automatisches Laden' ist dafür da, um zwischen Solar- und Netzstrom zu schalten. Die Funktion 'priorisiertes Laden', welche in den vorherigen Kapiteln beschrieben wurde, kommt hier zum Einsatz. Die Oberflächen sind für jede Wallbox

gleich, nur wird auf jeder Unterseite eine andere Ladestation angesteuert. Die GUI erreicht man nur im Firmen internen Netzwerk über eine URL. Mit der Raute #walli kommt man auf das mobile Template der Anwendung. Die Buttons lassen sich nur mit einem Touch-Screen oder den Entwicklungs-Tools von Chrome betätigen.

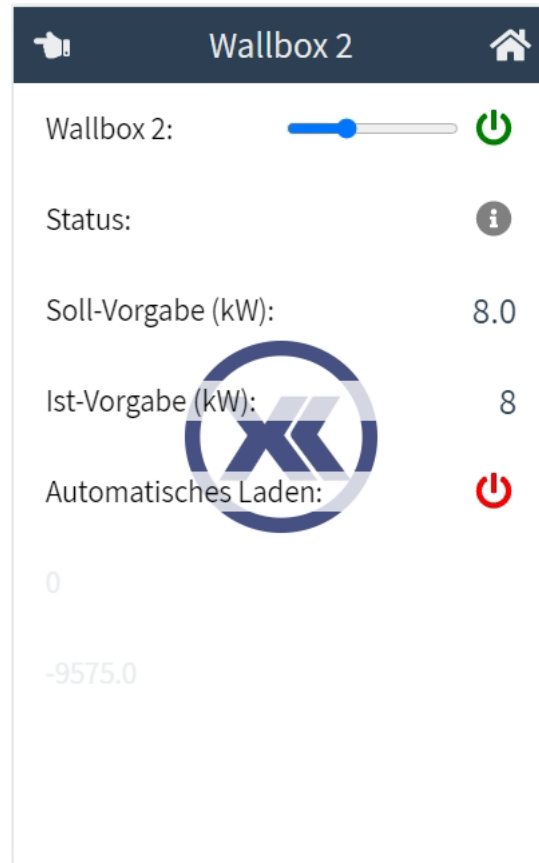


Abbildung 14: Detailansicht der Oberfläche für die Einzelnen Wallboxen

3.3.7 Interner Flow

Wird nun ein Auto an eine der Ladestationen angeschlossen, verändert sich der Wert im Register mit der Ansteckdauer. Diese Veränderung wird sofort von dem Modbus-FlexTask erkannt und weiter an den Chargecontroller geschickt. Dieser vergleicht alle 300 ms den Wert, den sie gerade bekommen haben, mit dem Wert von davor. Sollte sich dieser geändert haben, wird die Variable für den Status der Lampe auf der HMI auf den Wert für die Farbe Rot geändert.

Sollte nun das Auto geladen werden, geschieht derselbe Vorgang mit dem Wert des Registers, welcher für die Ladedauer zuständig ist. Das bedeutet, dass der Chargecontroller die Werte vergleicht, welche sie von dem Gateway bekommen haben. Sollten sich diese verändern, wird wie schon zuvor die Farbe der Anzeige verändert. Blau visualisiert hier den Fall, dass das Auto lädt.

Wenn User*innen nun die Ladestation stoppen sollten, wird über die HMI der Befehl zu dem Controller geschickt. Dieser erkennt, welche Station angesprochen wurde, und setzt bei dieser die Ladestromvorgabe auf null. Dies wiederum erkennt das Gateway und sendet den Befehl zum Schreiben des Wertes an die Wallbox, welche nach 30 Sekunden den Ladevorgang abbricht. Da sich nun der Wert des Registers für die Ladedauer nicht mehr erhöht, stellt der Controller die Farbe des Icons wieder auf Rot zurück.

3.4 FlexTasks in der Flexcloud

Die Flexcloud ist ein von der Firma entwickeltes System, in welchem sich mehrere Tasks befinden. Diese Tasks können miteinander kommunizieren. Wie genau die Cloud aufbaut ist, wird in den kommenden Kapitel beschrieben.

3.4.1 Die Flexcloud allgemein

Die Flexcloud, auch FlexcommunicationCloud genannt, ist eine Erfindung der Firma FlexSolution. Die Anwendung findet im firmeneigenen Netzwerk statt, und ermöglicht es, viele kleine Microservices miteinander kommunizieren zu lassen. Die Hauptkomponente, der sogenannte FlexCore, wurde von den Mitarbeitern in der Sprache Java entwickelt. Mit der sogenannten Flexlib lassen sich die Anwendungen mit vielen weiteren kleinen Dependencies erweitern. Das wird vor allem dann benötigt, wenn z.B. eine Datenbankbindung notwendig ist. Die Flexcloud besteht also aus lauter sogenannten Flextasks, welche verschiedene Aufgaben ausführen. Siehe 15. Es zum Beispiel einen Task, der für die Ansteuerung der Lampen und Rollos zuständig ist.

Ein weiterer Task, der für die HMI zuständig ist, verbindet die Flexcloud mit dem Browser. Die FlexcommunicationCloud ist auch für viele kleinere Anwendungen nützlich, da sich solche Microservices sehr schnell aufsetzen lassen. Man kann einzelne Tasks aufsetzen oder mehrere miteinander verbinden und kommunizieren lassen. Das hat den Vorteil, dass man wiederverwendbare Anwendungen entwickeln kann, welche nur grundlegende Funktionen erfüllen, aber von vielen Tasks gebraucht werden. So ist es z.B. in Planung, einen eigenen Modbus-Task zu implementieren, welcher nur dafür da ist, Befehle von anderen Tasks zu übernehmen und an eine USB-Schnittstelle weiterzuleiten. Damit die Tasks untereinander kommunizieren können, hat die Firma die sogenannten Datenpunkte (Datapoints) entwickelt. Sie dienen dazu, zwischen einem oder mehreren Tasks Informationen oder Werte auszutauschen. Auch Funktionen-Aufrufe können durch solche Datapoints ermöglicht werden. Um durch Datenpunkte miteinander zu

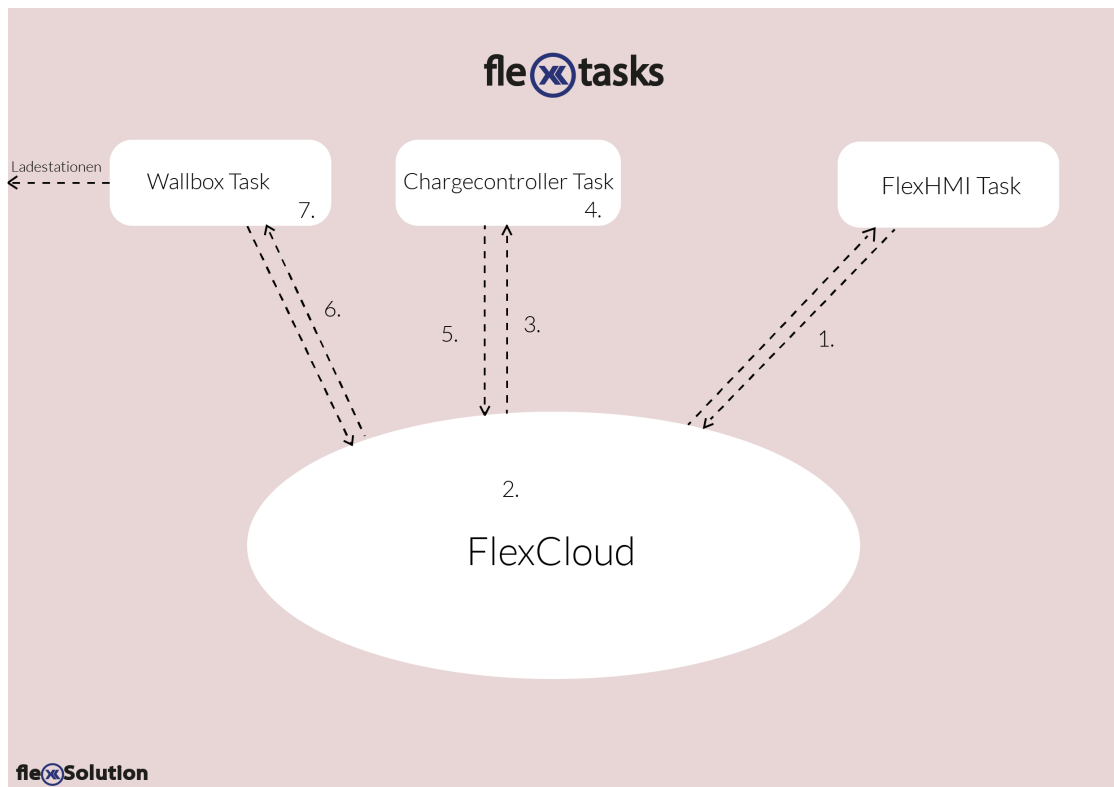


Abbildung 15: Darstellung des Aufbaus

kommunizieren, müssen besagte FlexTasks mit den Project_ID's verbunden werden. Wie man die Datenpunkte anlegen kann, was dabei wichtig ist und wie die Daten gemapped werden, wird im Kapitel 3.5.1 beschrieben.

3.4.2 Grundaufbau der Tasks

1. Pom.xml des Tasks editieren: Als erstes sollte die MainClass gesetzt werden. Dies folgt immer einem gewissen Schema. Die Klasse sollte im Package 'eu.flexsolution.task.' finden sein. Die GroupID ist dieselbe wie das Package der MainClass. In dem Fall ist es wieder 'eu.flexsolution.task.'. In der 'artifactId' steht der Name des Tasks. Bei den Dependencies wird der 'Flexsolution core', 'log4j', 'org.json' hinzugefügt. Eine weitere wichtige Sache ist das Einbinden des 'Internal Snapshot Repository'. Das ist der Ort, an dem der Flexsolution core und die Flexlib gepublished werden. Maven lädt dann beim Starten der Applikation die Dependencies von dem von der Firma bereitgestellten Server herunter, und fügt sie zur Applikation hinzu.
2. Das Anlegen der Main Klasse. Der erste Schritt ist, die Klasse 'FlexTask' zu erweitern.

Listing 18: Erweiterung einer Java-Klasse mit einem 'Flextask'

```
1 public class FlexTaskModbuswallbox extends FlexTask
```


Dadurch werden einige Funktionen überschrieben, bei denen die meisten jedoch nicht verwendet werden. In der 'public static void main' wird ein neues Objekt der Main Klasse erstellt.

Listing 19: Aufruf eines neuen Objektes der Klasse FlexTaskModbusWallbox

```
1      new FlexTaskModbuswallbox();
```

In der 'initTask()' Methode kann dann die Hauptfunktion des Tasks implementiert werden. In den meisten Fällen werden hierfür Datenpunkte und andere Kommunikations-Methoden eingebunden. Mit Fertigstellung der App muss der Code mithilfe von Maven zu einem JAR-File kompiliert werden.

3. Linux-Maschine vorbereiten: Als erster Schritt ist es wichtig, ein Verzeichnis für den Task zu erstellen. In dieses wird dann das .jar File kopiert. Da in der Firma mit 'log4j' gearbeitet wird, muss hierfür noch ein Konfigurations-File angelegt werden. (siehe log4j File) Da jeder Flextask eine Datenbank mit den für ihn zugehörigen Datenpunkten besitzt, muss dieses File auch erst angelegt und konfiguriert werden: im Verzeichnis '/var/flex/tasks/' wird ein neuer Ordner mit dem Namen des Tasks angelegt. In diesem wird die Datei conf.db erstellt und folgende Tabellen hinzugefügt:

Listing 20: Log4J File

```
1      [Service]
2      Type=simple
3      ExecStart=/usr/bin/java -Xmx32m -Dlog4j.configurationFile=./log4j2.xml
4          -jar /srv/tasks/CURRENT/modbuswallbox/modbuswallbox.jar
5      Environment="TASKNAME=modbuswallbox"
6      WorkingDirectory=/srv/tasks/CURRENT/modbuswallbox
7      TimeoutStopSec=3
8      Restart=always
9      RestartSec=10
10     Slice=flexTasks.slice
11     [Install]
12     WantedBy=default.target
```

4. Da jeder Flextask eine Datenbank mit den für ihn zugehörigen Datenpunkten besitzt, muss dieses File auch erst angelegt und konfiguriert werden: im Verzeichnis '/var/flex/tasks/' wird ein neuer Ordner mit dem Namen des Tasks angelegt. In diesem wird die Datei conf.db erstellt und folgende Tabellen hinzugefügt:
 - a. Device: besteht aus einer 'ID' und einem Label. Im Falle des Gateways sind es 5 Geräte, für jede Wallbox eines. Das ist dafür gut, um Datenpunkte mit denselben Namen nutzen zu können, da man sie mithilfe der Deviceid unterscheiden kann
 - b. DeviceParameter: Hier können wichtige Parameter gesetzt werden, die dann beim Starten eines Tasks mit der Methode 'getNeededDeviceParameters(Map<String, ValueCheck> map)' ausgelesen werden können. Die Tabelle besteht aus einer ID, einer DeviceID, einem Wert und einem Label.

- c. taskParameter: hier können wichtige Parameter für das System gesetzt werden. Meistens wird hier nur der Standard-Port 8150 gesetzt. Die Tabelle besteht aus einer Spalte für die ID, für Values und einer für Labels. Auch hier können beim Starten eines Tasks die Werte der DB ausgelesen werden. Hierfür verwendet man die Funktion 'getNeededTaskParameters(Map<String, ValueCheck> map)'.
 - d. datapoint_valueMapping: Besteht aus einer Datapoint1_id und Datapoint2_id, einem Wert und einer Spalte für neue Werte (new_Value). Dies ist dafür da, um zwischen zwei Datenpunkten die Werte zu synchronisieren oder gegebenenfalls mit new_Value zu überschreiben
 - e. Datapoint: Herzstück der Datenbank. Hier werden die Datenpunkte angelegt
 - 3.5.1. Die Tabelle besteht aus einer ID, einer device_id, einem Label, einer 'specificAddress', einem 'specificDatatype', einem 'specificStruct', einem Datentyp (datatype), Flags, einem Intervall, einem Threshold und einer Value. Für das Starten des Tasks ist diese Tabelle zu befüllen, jedoch ist sie unumgänglich, wenn man die Hauptfunktionen der Flexlib verwenden möchte
 - f. datapoint_map: Diese Tabelle besteht aus einer datapoint1_id, einer datapoint2_id und einer Funktion. Diese Tabelle wird dazu verwendet, um zwei Datenpunkte zu mappen (verknüpfen).
 - g. SystemParameter: Hier werden die wichtigsten Einstellungen für den Task selbst getroffen. Es gibt Einstellungen für den Namen des Tasks, den Port und man kann das keep_Alive Signal einstellen. Außerdem gibt es die PROJECT_ID, welche für das Verbinden mehrerer Tasks notwendig ist. Denn es können sich nur FlexTasks finden, welche dieselbe Project_ID besitzen. Im Falle des Gateways werden die Tasks mit der ID 'AUT, HMI, chargecontroller' verbunden. Das ist wichtig, um den einzelnen Tasks die benötigten Parameter zu übergeben. AUT ist in dem Fall die Haussteuerung, HMI ist der oben kurz beschriebene Flextask zur Veranschaulichung der Elemente und chargecontroller ist der auch schon beschriebene Controller für dieses Projekt.
- 5. Wenn alle Pfade richtig benannt wurden, kann man im Verzeichnis einen symbolischen Link zu dem .jar-File machen. Das hilft bei der Entwicklung, da man bei einer Namensänderung nur den Link anpassen muss und nicht die angegebenen Pfade in den Konfigurations-Dateien.
- 6. Starten, stoppen bzw. überwachen kann man den Task mit 'systemctl --user start / stop / restart / status FlextasName.service

7. Mit dem Command 'tail -f /tmp/log/ FlextaskName.log' kann man in Echtzeit mitansehen, was Log4j in das File schreibt. Die Files werden alle in dem Verzeichnis '/tmp/log/' gespeichert, wenn sie nach einiger Zeit nicht mehr benötigt werden, werden sie komprimiert und in ein anderes Verzeichnis verschoben, um Platz zu sparen.

3.5 Datenpunkte

Die Datenpunkte sind das Herzstück der Datenübertragung. Sie ermöglichen es, einfache Daten oder komplexe Objekte innerhalb der Firma zu übertragen. Die einzelnen Flextask sind so ausgelegt, dass alle untereinander kommunizieren können. Somit ermöglicht dieses System einen schnellen, unkomplizierten Austausch jeglicher Daten. In diesem Kapitel wird beschrieben wie die Datenpunkte aufgebaut sind, wie sie angelegt werden und wie man sie benutzen kann.

3.5.1 Struktur eines Datenpunktes

Die Datenpunkte sind im Grunde alle gleich aufgebaut. Ein Datenpunkt (dp) besteht immer aus einer:

- ID: kann nach Belieben benannt werden. Meist ein String, um den Nutzen zu veranschaulichen und die DP's voneinander unterscheiden zu können. Die ID muss für jedes Device eindeutig sein.
- device_id: gibt an, zu welchem Device der Datenpunkt gehört. Ein Device kann in dem config.db-File hinzugefügt werden. Das dient dazu, mehrere Datenpunkte mit derselben ID für mehrere Devices verwenden zu können. Die device_id besteht immer aus einem INT. Um Datenpunkte nutzen zu können, muss mindestens ein Device angelegt werden. Die ID wird automatisch immer um eins erhöht. Im Normalfall ist schon ein Device mit der ID 1 und dem Label dev1 angelegt.
- Label: Hier kann man den Datenpunkt kurz beschreiben, um seine Funktion zu dokumentieren. Das wird dafür verwendet, um den Entwicklern das Verwalten der Datenpunkte zu vereinfachen.
- SpecificAddress: Ist meistens derselbe String wie die ID, kann jedoch auch etwas anderes sein. Wird dazu benötigt, um den Datenpunkt im Task anzulegen.
- SpecificDatatype: Hier kann ein String mitgegeben werden, um in einem Task einen Datentyp für den Datenpunkt festzulegen, bzw. zwischen Gruppen von Dp zu unterscheiden. Im Task für das Gateway wird der specificDatatype dafür genutzt,

um zwischen Datenpunkten, die nur für Modbus zuständig sind, und den anderen Datenpunkten zu unterscheiden.

- **Datatype:** hier kann man angeben, welchen Datentyp die Value haben soll. Man kann hier zwischen 'INT', 'REAL', 'BOOL' und 'CMD' wählen.
- **Intervall:** Hier kann man ein Intervall angeben, mit welchem der Datenpunkt in die Flexcloud gepusht werden soll. Standardmäßig ist -1 eingestellt, was bedeutet, dass der Datenpunkt nur nach Anfrage des Tasks bzw. bei Änderung der Value gepublished wird.
- **Value:** Hier werden die Werte eines Datenpunktes gespeichert. Man kann in der conf.db Datei einen Standardwert angeben, doch meistens werden diese Werte in einem Task gesetzt bzw. ausgelesen.

3.5.2 Anlegen eines Datenpunktes

Um einen neuen Datenpunkt in einem Task anzulegen, muss man sich zuerst auf die VM (Virtual machine), auf welcher der Flextask sich befindet, verbinden. In dem Verzeichnis mit der conf.db Datei muss man mit SQLITE3 die Datei öffnen. Dort kann man dann mit einem insert bzw. Update Statement einen neuen Datenpunkt hinzufügen, aktualisieren oder löschen.

Listing 21: SQL Example

```
1      INSERT INTO datapoint VALUES ('Wallbox_1_startCharching_icon_state',1,'',
      , 'state_[Wallbox_1_startCharching_icon]', '','', 'INT', -1, -1, 0.0, '');
```

3.5.3 Nutzung eines Datenpunktes

Somit ist der Datenpunkt in der Datenbank angelegt und ready to use. Um nun in einem Flextask auf so einen Datenpunkt Zugriff zu haben, muss man ihn erstmal anlegen und die 'SPECIFIC_ADDRESS' angeben:

Listing 22: Alengen eines Datenpunktes

```
1      Datapoint datapoint =
      StaticData.datapoints.getDatapoint(Datapoints.DatapointField.SPECIFIC_ADDRESS,
      "SPECIFIC_ADDRESS_DES_DATENPUNKTES");
```

Nun hat man mehrere Möglichkeiten, wie man Daten aus dem Datenpunkt lesen kann:

1. Man ruft die Methode 'setDatapointChangedCommand()' auf. Diese Methode überschreibt eine in der Klasse Flextask, und ist dafür da, um auf Änderungen des Datenpunktes zu hören.

Listing 23: Example datapoint usage

```

1      datapoint.setDatapointChangedCommand(new DatapointCommand() {
2          @Override
3          public DatapointResponse execute(DatapointResult result) {
4
5              System.out.println(datapoint.getValue());
6              return new
9              DatapointResponse(DatapointResponse.ResponseCode.OK);
7          }
8      });

```

Diese Methode gibt bei jeder Änderung des Wertes den neuen Wert in der Konsole aus. Hier kann man den Wert speichern, andere Methoden ausführen, oder sonst alles machen, was man in einer Methode machen könnte.

2. Man kann jederzeit im Code 'datapoint.getValue()' aufrufen. Mit dieser Methode bekommt man immer den jetzigen Wert des Datenpunkts zurück.
3. Wie schon in den vorhergegangenen Kapiteln erwähnt, kann man über alle Datenpunkte jedes Device iterieren, und je nach Bedingung ein DatapointChangedCommand anhängen. Dies bewirkt, dass eine Methode immer dann aufgerufen wird, wenn sich einer der Datenpunkte ändert. Mit der ID der einzelnen Devices kann man dann auf die SpecificAddress zugreifen, und die einzelnen Fälle mit einem switch Statement abdecken.

Listing 24: Example multiple datapoint usage

```

1      for (Device dev : StaticData.devices.getDevices()) {
2          for (Datapoint dp : StaticData.datapoints.getDataPoints(dev.getId())) {
3              if (!dp.getSpecificDataType().isEmpty()) {
4                  dp.setDatapointChangedCommand(dpCmd); //!!!
5              }
6          }
7      }
8
9
10
11     DatapointCommand dpCmd = new DatapointCommand() {
12         @Override
13         public DatapointResponse execute(DatapointResult datapointResult) {
14
15             int deviceID= datapointResult.getDeviceId();
16             switch (datapointResult.getDpId()) {
17                 case "datapoint_example_id":
18                     System.out.println(datapointResult.getValue() + " " + deviceID);
19                     break;
20             }
21             return new DatapointResponse(DatapointResponse.ResponseCode.OK);
22         }
23     };

```

In diesem Beispiel werden die DeviceID und der aktuelle Wert des Datenpunktes, welcher sich geändert hat, ausgegeben.

Mit `'datapoint.setValue(value)'` kann man einem Datenpunkt einen neuen Wert zuweisen. Dieser wird dann automatisch in die FLEcloud gepublished, und kann von einem anderen Task abgefangen werden.

3.5.4 Datapoint mapping

Um zwei Datenpunkte von zwei verschiedenen Tasks zu mappen, und somit Daten zu übertragen, muss man einen Eintrag in der `'datapoint_map'` hinzufügen. Um die Daten zu empfangen, muss man die `conf.db` des zweiten Tasks aktualisieren. Zu beachten ist, dass das Mapping nur bei dem Task gemacht werden muss, welcher die Daten bekommen soll. Man verbindet also den Datenpunkt eines anderen Tasks auf einen eigenen Datenpunkt. Wichtig dabei ist, dass man bei der `'datapoint1_id'` zuerst das Label des Devices, zu welchem der Datenpunkt gehört, und anschließend die ID des ersten Datenpunkt angibt. `'atapoint2_id'` wird zuerst der Name des anderen Tasks angegeben, dann das Label des Devices, und anschließend die ID des Datenpunktes.

Beispiel: Ich möchte von dem Flextask `'modbuswallbox'`, welcher in dem Projekt als das Gateway bezeichnet wurde, den Wert der Ladedauer der ersten Wallbox zum `'chargecontroller'` schicken. In dem Task `'modbuswallbox'` muss dafür ein Device mit dem Label `'wb1'` und ein Datenpunkt mit der ID `'ladedauer_wb1'` angelegt werden. Wird nun im Code auf diesen Datenpunkt was gepublished, sieht man `'modbuswallbox.wb1.ladedauer_wb1'`. Damit die Daten jetzt auch ankommen, muss im Task für den Charge-controller ein Datenpunkt mit der ID `'ladedauer_wb'` angelegt werden. In die `'datapoint_map'` Tabelle muss dann bei der `'datapoint1_id'` das Device und der Datenpunkt angegeben werden, und bei der `'datapoint2_id'` zuerst der Task Name, das Device und dann der Datenpunkt, der die Daten pulished.

Listing 25: Eintrag in die `datapoint_map` Tabelle

```
1      dev1.ladedauer_wb      modbuswallbox.wb1.ladedauer_wb1
```

3.6 Modbus

Um die Art der Kommunikation zwischen den Wallboxen, der PV-Anlagen, den Janitza Klemmen und dem Raspberry PI zu verstehen, muss man sich erstmals mit der Übertragung an sich beschäftigen.

3.6.1 7 Schichten OSI-Modell

Mit dem Open System Interconnection Reference Model (kurz OSI-Referenzmodell) lässt sich am besten beschreiben, wie und auf welchen Ebenen die Daten übertragen werden. Kurz zusammengefasst ist es ein Modell, das die Kommunikation in einem Netzwerk in sieben Schichten unterteilt. Die Entwicklung, welche seit 1983 als Standard veröffentlicht wird, begann bereits 1977. Der Fokus der Entwicklung war es, ein Modell zu erschaffen, mit welchem sich die Kommunikation zwischen Systemen, auch innerhalb eines Netzwerkes, beschreiben lassen. Es gibt dabei sieben Schichten, auf welche sich unterschiedliche Übertragungsarten abspielen.

Die sieben Schichten des OSI-Modells sind:

1. Die Bitübertragungsschicht ist die unterste Schicht. Die physische Schicht umfasst die Hardware, die zur Übertragung von Daten über das Netzwerk verwendet wird, wie zum Beispiel verschiedene Kabel (wie Netzkabel, Serielle Verbindungen), Hubs, Switches und Router. Außerhalb eines Netzwerkes könnte die physische Schicht auch der Rauch sein, mit dem Rauchzeichen übermittelt werden, oder die Luft, wenn es um Morsezeichen geht. Im Grunde alles, durch was sich verschlüsselte Nachrichten übermitteln lassen.
2. Ein wichtiger Bestandteil eines Netzwerkes ist die Datenübertragungsschicht. Diese ist verantwortlich für die Übertragung von Datenpaketen von einem Gerät zu einem anderen. Hierbei spielt die MAC-Adresse eine wichtige Rolle, da sie dazu verwendet wird, um einzelne Geräte in einem Netzwerk zu identifizieren. Im Gegensatz zur IP-Adresse besteht die MAC-Adresse aus 48 Bit. Die MAC-Adresse wird in hexadezimaler Form dargestellt, ein Beispiel dafür wäre 00-1D-60-4A-8C-CB. Dabei werden stets zwei Bytes zusammengefasst und durch einen Bindestrich oder durch einen Doppelpunkt getrennt. Die ersten drei Bytes der MAC-Adresse sind die Kennung des Herstellers, welche auch als "OUI" bekannt ist. Die restlichen drei Bytes werden von dem jeweiligen Hersteller vergeben und dienen dazu, einzelne Geräte voneinander zu unterscheiden. Das ermöglicht eine eindeutige Identifizierung im Netzwerk und verhindert, dass doppelt MAC-Adressen im Netzwerk vorkommen. Jeder Hersteller

- muss hierfür ein entsprechendes Schema überlegen, um die letzten drei Bytes einer MAC-Adresse eindeutig zu vergeben. [27]
3. Die Netzwerkschicht ist für die Vermittlung von Datenpaketen zwischen Netzwerken verantwortlich und verwendet IP-Adressen, um Geräte im Internet zu identifizieren. [28] Die klassischen IP4 Adressen bestehen, wie der Name vermuten lässt, aus 4 Bytes und einer Subnetmask. Diese ist dafür da, um die Adresse in zwei Teile zu unterteilen. Der vordere Teil repräsentiert dabei immer den Netzwerkteil und der hintere die Computer ID. Für private Netzwerke gibt es reservierte Bereiche. 10.0.0.0/8, was vor allem in großen Firmen benötigt wird, da es 16.777.216 mögliche Adressen gibt. Im Heimnetz sieht man vor allem 172.16.0.0/12 und 192.168.0.0/16. Bei diesen IPS kann man in einem Netzwerk viel weniger Geräte benutzen. Bei der 172.16.0.0/12 sind es immerhin noch 1.048.576 mögliche Geräte, und bei der letzten Möglichkeit nur noch 65.536. Deswegen findet man in privaten Haushalten diese am häufigsten. Ein klassisches Beispiel wäre: 192.168.0.100/16.
 4. Die Transportschicht ist für die Übertragung von Daten zwischen Endgeräten verantwortlich und sorgt dafür, dass die Übertragung fehlerfrei erfolgt. Auf dieser Schicht kommen vor allem die Protokolle TCP und UDP zum Einsatz. TCP ist dafür da, um mit Hilfe einer Prüfsumme zu gewährleisten, dass alle Daten richtig bei dem Empfänger ankommen. UDP hingegen ist ein auf Geschwindigkeit angelegtes Protokoll, bei dem es auch vorkommen darf, wenn ein paar Bits verloren gehen,
 5. Die Sitzungsschicht ist für die Verbindungsaufnahme und -beendigung zwischen Endgeräten verantwortlich und sorgt dafür, dass die Übertragung ordnungsgemäß abläuft.
 6. Die Darstellungsschicht ist für die Umwandlung von Daten zuständig. Die Daten werden in ein für die Übertragung geeignetes Format umgewandelt, und sorgt dafür, dass die Daten in der richtigen Form, also richtig formatiert, an ihr Ziel gelangen. Auch Kompression und Verschlüsselungen gehören zu dieser Schicht.
 7. Die Anwendungsschicht ist die oberste Schicht und ist dafür verantwortlich, um mit den Anwendungen kommunizieren zu können. Diese werden auf den Endgeräten ausgeführt. Über diese Schicht wird die Verbindung zu den unteren Schichten hergestellt. Hier werden vor allem Applikationen verwendet, mit denen man Daten austauschen kann. Typische Beispiele sind Webbrowser, E-Mail-Programme oder Nachrichtendienste.

[29]

Das OSI-Referenzmodell hilft, die Kommunikation in einem Netzwerk zu beschreiben und zu verstehen, indem es die verschiedenen Aspekte der Netzwerkkommunikation in logische Schichten unterteilt. Dies ermöglicht es, Netzwerkprotokolle zu standardisieren und die Kompatibilität von Geräten und Software in verschiedenen Netzwerken zu gewährleisten.

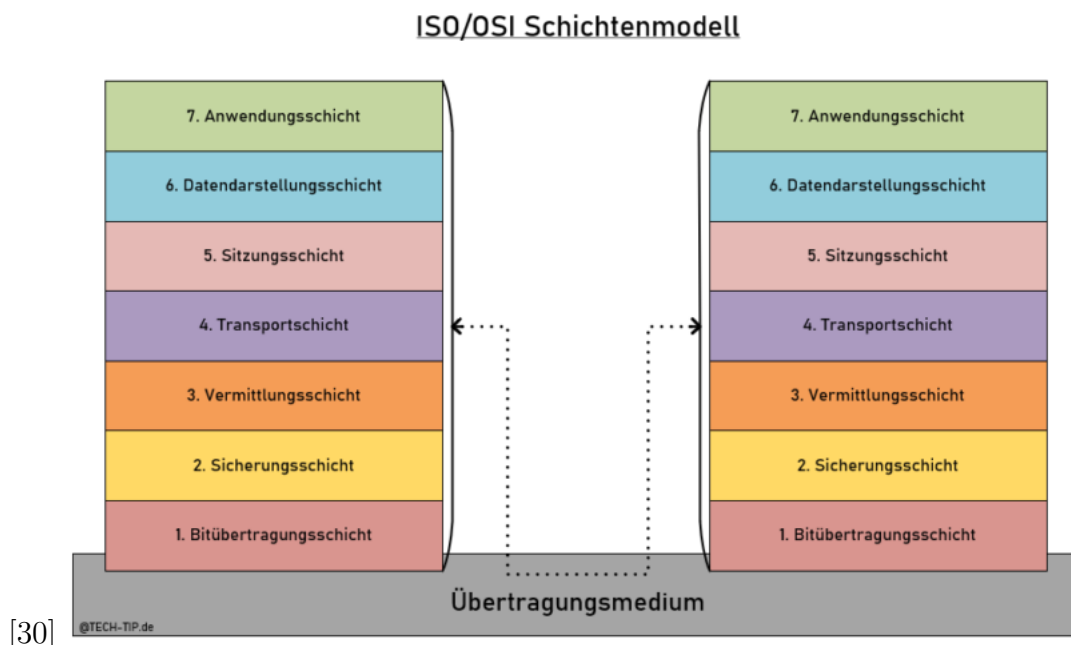


Abbildung 16: Das 7 Schichten OSI/ISO Modell

3.6.2 Modbus

Modbus ist ein Protokoll, welches 1979 entwickelt wurde, und vor allem in der Industrie große Bedeutung hat. Es ermöglicht eine Kommunikation zwischen automatisierten Maschinen, und wurde damals als Protokoll auf der Anwendungsebene implementiert, das Daten über die serielle Schicht übertragen soll. Das Protokoll gehört mittlerweile zu den Industriestandards, und wird vor allem in der Automatisierungstechnik gerne benutzt. Mittlerweile hat sich Modbus weiterentwickelt, so dass es mehrere Implementierungen gibt. Der Datenaustausch ist mittlerweile über TCP/IP, seriell oder über das 'User-datagram-protocol', kurz UDP, möglich. [31] [32]

3.6.3 Das Modbus Protokol

Modbus ist ein sogenanntes request-response Protokoll, welches eine 'Master-slave' Beziehung nutzt. In so einer 'Master-slave' Beziehung funktioniert die Kommunikation immer paarweise – ein Gerät schickt eine Anfrage an einen 'Slave', und wartet auf

eine Antwort. Der Master ist dabei für jede Interaktion verantwortlich. Der Master ist normalerweise ein einfaches HMI (human machine interface), oder ein 'Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) system'. Der Slave ist meistens ein Sensor, eine Messklemme, ein programmable logic controller (PLC) oder ein Interface. Der Inhalt der Anfragen und Antworten sowie die Netzwerkschichten, über die diese Nachrichten gesendet werden, werden von den verschiedenen Schichten des Protokolls definiert. [33]

3.6.4 Die verschiedenen Layer des Modbus Protokoll

In der ersten Implementierung war Modbus ein einzelnes Protokoll, welches auf Serielle Protokolle aufbaut, es konnte also nicht in mehreren Schichten aufgeteilt werden. (Modbus RTU) Über einen längeren Zeitraum wurden neue Implementierungen vorgestellt, um entweder das serielle Paketformat zu ändern oder die Verwendung von TCP/IP- und UDP-Netzwerken (User Datagram Protocol) zu ermöglichen. TCP, Remote Terminal Unit (RTU) und ASCII sind die drei am häufigsten verwendeten ADU-Formate. RTU- und ASCII-ADUs werden traditionell über eine serielle Verbindung verwendet, während TCP über zeitgenössische TCP/IP- oder UDP-IP-Netzwerke verwendet wird.

3.6.5 Aufbau des Modbus-Protokolls

Am Anfang ist es wichtig zu erwähnen, dass jeder einzelne Teilnehmer (Slave) eine sogenannte Slave Id besitzt. Diese muss in einem 'Netzwerk' eindeutig identifizierbar sein, und kann je nach Hersteller fest vergeben, automatisch konfiguriert oder frei wählbar sein. Die Adresse 0 ist für den Master reserviert. Die einzelnen Teilnehmer können die Adressen von 1 bis 247 annehmen, da die Adressen von 248 bis 255 reserviert sind. Die Daten von den Slaves sind in sogenannten Registern gespeichert. Diese sind immer 16 Bit groß.

Das Protokoll Modbus überträgt die Daten in binärer Form. Das führt dazu, dass man die Daten nicht direkt auswerfen kann, sondern eine Möglichkeit des Parsens braucht, um auf die ursprünglichen Werte zu kommen. Vorteil ist jedoch, dass dadurch eine großer Datendurchsatz ermöglicht wird.

Soll nun ein Paket über Modbus geschickt werden, muss man zuerst ein paar variablen Einstellungen treffen. So kann die Baudrate (Bitrate) oft frei gewählt werden (solange sie nicht von dem Hersteller festgelegt wurde, wie es bei den Wallboxen der Fall war).

Außerdem gibt es sogenannte 'Stopbits', welche bei jedem Hersteller anders konfiguriert sind. Die Defaultwerte sind dafür 1 oder 2 Bits.

Vor und nach jedem gesendeten Paket gibt es eine Sendepause (Wartezeit) von mindestens 3.5 Zeichen. Da ein Zeichen eine Länge von 11 Bit besitzt, hängt die Wartezeit von der Bitrate ab. Dabei ist zu beachten, dass vor allem bei einer niedrigen Übertragungsrate es sehr wichtig ist, diese Zeit genau einzuhalten, da es sonst zu Überschneidungen und zu Datenverlusten kommen würde.

Nach der Pause fängt das Paket mit der Adresse des jeweiligen Slaves an. So kann jeder Teilnehmer direkt auf sein Packt reagieren. Bei jeder Antwort wird die Adresse zurückgesendet, damit der Master das Paket zuordnen kann. Die Adresse ist immer 8 Bits lange, und kann somit 256 Zustände einnehmen (ausgeschlossen sind die oben beschriebenen vordefinierten Adressen)

Das nächste Byte enthält die Information über die Funktion. Folgende sind in der Produktion wichtig: 3

Code	Description
1	Read coils
2	Read discrete Inputs
3	Read discrete Inputs
4	Read Input Registers
5	Write single Coil
6	Write single Register
7	Read Exception Status (nur für serielle Übertragung)

Tabelle 3: Die verschiedenen Functions von Modbus

[34]

Bei der Kommunikation mit den Wallboxen wurde nur die Funktion 4 und 6 benutzt, um die Register auszulesen und neu zu beschreiben.

Nach der Funktion kommen die eigentlichen Daten des Paketes. Diese bestehen immer aus einem Register. Je nach Funktion kommen noch andere Werte hinzu, zum Beispiel der Wert, den man auf ein Register schreiben möchte. Ein Register lässt sich hier sehr gut mit einer Adresse in dem jeweiligen Device vergleichen. Dort stehen nämlich die Daten des Gerätes bzw. dort können Werte gesetzt werden. Die Daten können dabei beliebig groß sein.

Der CR-Check am Ende ist eine Prüfsumme des Paketes, um die Gültigkeit der Daten zu überprüfen. Diese Überprüfung ist vor allem bei der seriellen Kommunikation sehr wichtig, da es immer wieder zu Differenzen kommen kann, wo Daten verloren gehen und das Paket unvollständig ankommt. 4

Start	Adresse	Funktion	Daten	CR-Check	Ende
Wartezeit	1 Byte	1 Byte	n Byte	2 Byte	Wartezeit

Tabelle 4: Der Aufbau eines Modbus RTU Paketes

3.6.6 Unterschiede zwischen Modbus TCP und RTU

Die Modbus-Kommunikation über TCP ist der über RTU sehr ähnlich. Der größte Unterschied ist, wie der Name schon erraten lässt, hier wird das Paket über TCP verschickt. Die ganze Datenübertragung läuft über den Port 502, und der Master ist immer über eine IP-Adresse erreichbar. Es gibt noch folgende Unterschiede am Paket selber:

Jedes Paket hat eine Transaktionsnummer, die immer 16 Bits lang ist. Danach kommt, mit derselben Länge, ein Protokollkennzeichen, welches immer gleich ist (0x0000). Der nächste Abschnitt beschreibt, wie viele Bytes noch folgen werden. Dieser Bereich ist immer um 2 Byte größer als die tatsächliche Anzahl der Bytes. Die Länge der Adresse, der Funktion und der Daten ist dieselbe wie bei Modbus TCP. 5

Transaktionsnummer	Protokollkennzeichen	Zahl der noch folgenden Bytes	Adresse	Funktion	Daten
2 Byte	2 Byte (immer 0x0000)	2 Byte (n + 2)	1 Byte	1 Byte	n Byte

Tabelle 5: Der Aufbau eines Modbus TCP Paketes

3.6.7 Modbus RS485 vs RS232

Es gibt bei Modbus RTU noch weitere Unterteilungen, welche sich in der physikalischen Ebene unterscheiden. Die größten Unterschiede sind dabei die Länge der Kabel, welche

verwendet werden, die Art, wie die Teilnehmer mit dem Master verbunden sind, und der Pegel, welcher in den Leitungen herrscht.

Bei Modbus 485 ist aufgrund der physischen Bauweise eine viel größere Länge der Kabel möglich. Während bei Modbus 232 meist nur eine Kabellänge von 10-15 Metern wirklich gut funktioniert, kann bei RS485 eine Länge von bis zu 1200 Metern erreicht werden.

Auch der Signalpegel ist ein großer und wichtiger Unterschied. Während RS485 differentielle Signale nutzt, die zwischen positiven und negativen Spannungen schwanken, nutzt RS232 eine Spannung von 3V.

Ein weiterer wichtiger Punkt ist die Verkabelung der einzelnen Teilnehmer. Während bei Modbus RS232 eine Punkt zu Punkt Verkabelung verwendet wird, sind die Slaves bei RS484 alle an denselben zwei Kabeln angeschlossen (siehe Abbildung Bild). Ein weiterer, wichtiger Punkt ist der Abschlusswiderstand, den man am Ende jeder Leitung braucht. Dieser dient dazu, um Interferenzen zu verringern, und so Störungen im System zu eliminieren. [35]

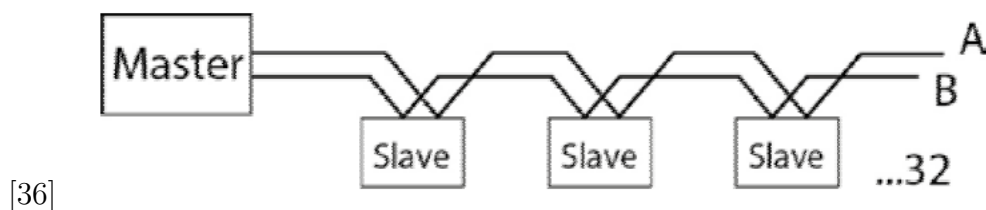


Abbildung 17: Aufbau eines Modbus-Netzwerkes

3.6.8 Modbus tools + libraries

Es gibt viele tools, mit denen man über einen USB zu Modbus Konvertern Modbus-Register auslesen kann. Für diese Arbeit wurden hauptsächlich die Programme 'QMod-Master' und 'Hercules' verwendet. Es handelt sich bei beiden um kostenlose Programme.

In QModMaster kann man beim Modbus-Modus zwischen dem Modus RTU und TCP wechseln, da das Programm beides unterstützt. Unter der Slave Adresse kann man den gewünschten Teilnehmer auswählen. Hier ist es in dem Beispiel der Slave mit der ID 10. Mit der Scan-Rate kann man ein Intervall einstellen, mit welchem das Tool den Port abfragt.

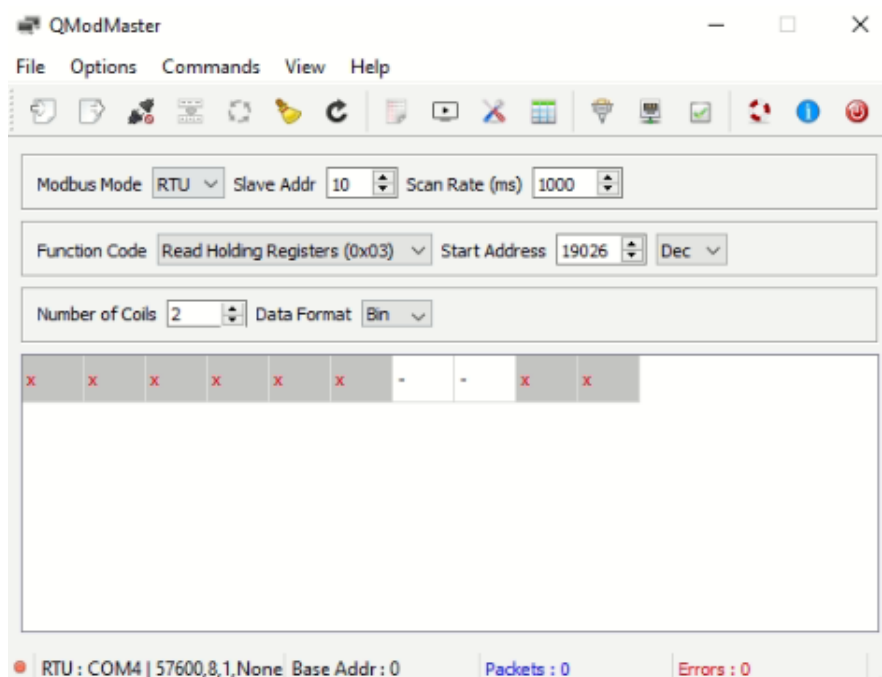


Abbildung 18: Overview von QModMaster

Bei dem Abschnitt 'Function Code' kann man auswählen, welche Funktion 3 ausgeführt werden soll. Die Start-Adresse ist das Register, welches beschrieben oder ausgelesen werden soll. Hier kann man auch noch angeben, auf welche Art die Daten übermittelt werden sollen. Es gibt die Möglichkeit für Binär-, Dezimal- und Hexadecimal-Zahlen.

Die 'Number of Coils' sagt an, wie viele Register auf einmal ausgelesen / beschrieben werden sollen, da bei manchen Geräten die Werte für ein Register zu groß sind (über 65536). In solchen Fällen werden die Daten je nach Hersteller in 2 oder mehreren Registern abgespeichert. Sollte dies der Fall sein, ist es aber immer vom Hersteller dokumentiert.

Der untere Bereich ist das Ergebnis, welches der Slave zurücksendet. Hier kann man auch auswählen, in welcher Form die Daten angezeigt werden sollen. Ganz unten sieht man noch eine Zusammenfassung der Einstellungen, wie viele Packages gesendet wurden und wie viele davon fehlerhaft waren.

19 Hier kann man die Werte der Parameter einstellen. Das 'Serial-device' ist in diesem Fall der USB-Port des Computers, und der 'Serial-port' ist der Steckplatz, in welchem der Modbus-Konverter steckt. Falls man den Port des Adapters nicht kennt, findet man diesen in Windows unter den verbundenen Geräten im Gerätemanager.

'Baud' ist die Konfiguration für die Baudrate. Diese muss mit den Angaben des Herstellers übereinstimmen.

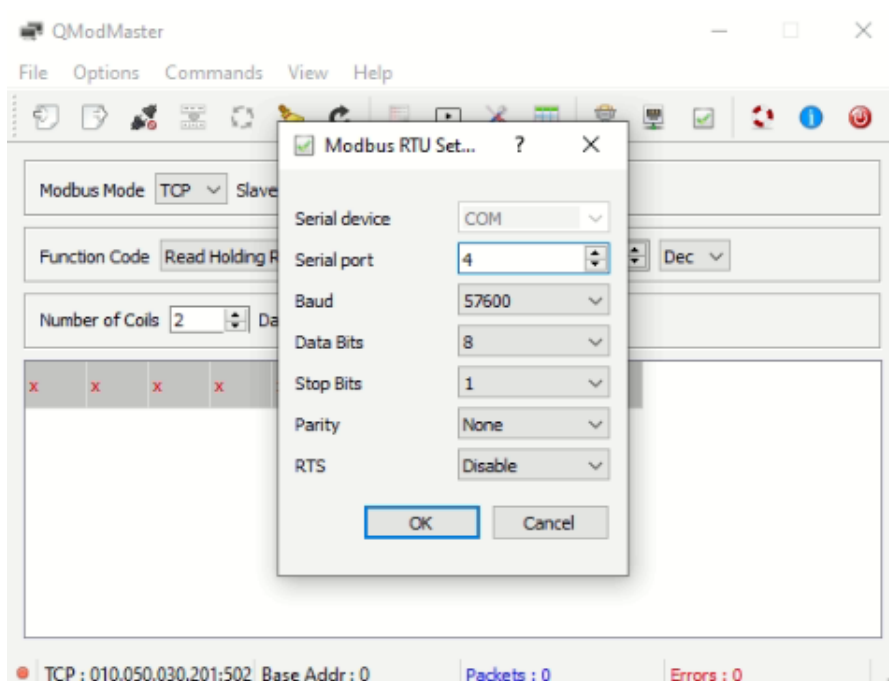


Abbildung 19: Einstellungen für Modbus RTU

Data-Bits beschreibt die Länge des Protokolls. Dieser Wert ist auch im Datenblatt des jeweiligen Gerätes zu finden.

Die Stop-bits findet man auch in den Angaben des Herstellers. Der Wert beträgt meist 1 oder 2 Bits. Parity und RTS sind meist disabled, können aber bei Bedarf auch konfiguriert werden.

Außerdem gibt es einen Monitor, auf welchem man genau die einzelnen Abfragen des Tools nachvollziehen, und abspeichern kann. Auf der 20 findet man noch weitere Tools, die man in Verbindung mit Modbus verwenden kann.

Wenn man mit QModbusMaster eine Modbus TCP Verbindung aufbauen möchte, muss man den Mode auf TCP stellen. Die Einstellmöglichkeiten sind fast identisch zu der Modbus RTU Verbindung, hier muss man lediglich die Unit ID anstatt der SlaveID einstellen, jedoch ist es derselbe Wert. 21

Hier ist der größte Unterschied zu der Modbus RTU. Denn anstatt der ganzen Parameter für die serielle Übertragung, wird hier nur der Port und die IP-Adresse des Teilnehmers eingestellt. Der Port ist standardmäßig 502. Sollte ein anderer Port konfiguriert sein, wird dies immer in der Dokumentation des Herstellers angegeben.

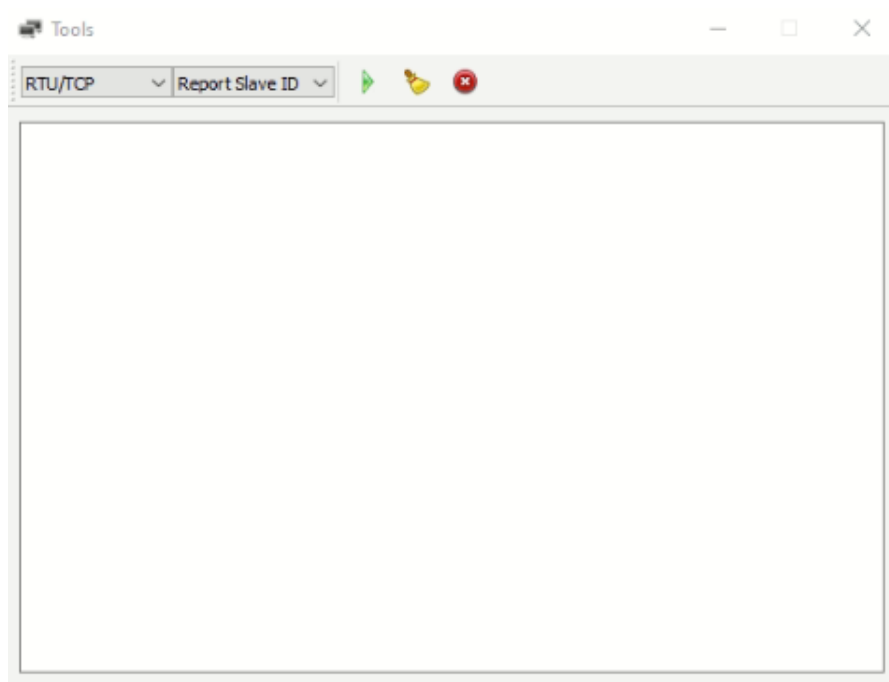


Abbildung 20: Einstellungen für Modbus RTU

3.6.9 Modbus Librarys für Java

Es gibt viele Librarys für Modbus, doch viele von ihnen bauen auf eine Schnittstelle auf, welche in C++ geschrieben wurde. Für das Projekt kam aber aufgrund der Firmenarchitektur nur ein Dependency mit einer nativen Java Anbindung in Frage. Jlibmodbus ist ein Projekt, welches von dem Github-User kochedykov entwickelt und betreut wird. Dabei handelt es sich um ein gut dokumentiertes Projekt, welches sich einfach in jedes Maven-Projekt einbinden lässt

Listing 26: Dependency in Pom.xml

```
1      <dependency>
2      <groupId>com.intelligt.modbus</groupId>
3      <artifactId>jlibmodbus</artifactId>
4      <version>1.2.9.7</version>
5      </dependency>
```

Um die Architektur besser zu verstehen, gibt es einige Anwendungsbeispiele. Diese fassen die Bereiche von Modbus RTU, RTU over TCP oder TCP gut zusammen. Dank diesen Beispielen gab es bei der Entwicklung des Projektes keine Probleme. Auf 'sourceforge' gibt es die aktuelle Version der Library, mit welcher man einfach Java-Anwendungen erweitern kann.

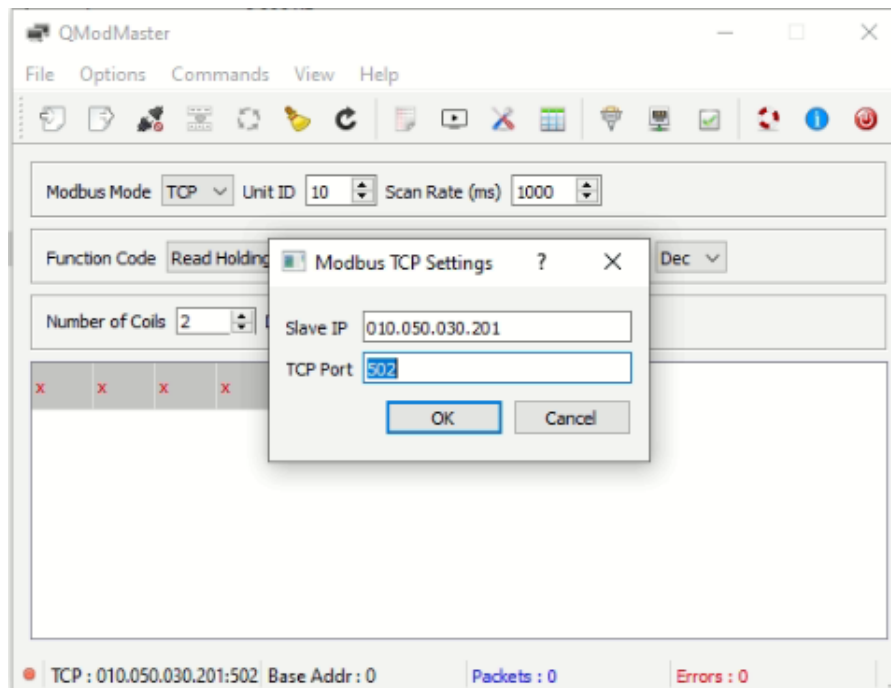


Abbildung 21: Einstellungen für Modbus RTU

3.6.10 Kommunikationsaufbau zu den Wallboxen

Bei dem Aufbau der Kommunikation zu den Wallboxen gab es die ersten Probleme der Arbeit, denn es gab für die Hardware, die genutzt wurde, keine Dokumentation. Zwar wurde von dem Hersteller der Wallboxen erklärt, welche 2 Pins für die Verkabelung von Nöten waren, jedoch gab der Hersteller des Modbus USB Konverters keine Angaben dazu, welcher der neun Pins für die Kommunikation verantwortlich ist. Dadurch wurden in den ersten Tagen der Projektarbeit sehr viel probiert, wie man mithilfe des Adapters und 2 Kabeln eine Verbindung zu den Wallboxen aufbauen kann. In QmodMaster wurden alle Parameter eingestellt und die Signale erfolgreich losgeschickt (dies wurde durch ein Blinken einer LED gekennzeichnet), jedoch bekam die Wallbox das Paket nie, und so wurde immer ein Fehler in QModbusMaster geworfen. Erst nach dem Versuch, einfach alle neun Kabel anzuschließen und jedes Paar nacheinander zu testen, konnte festgestellt werden, dass nur durch Pin 1 und Pin 2 die Signale gesendet wurden. Doch laut Internetrecherchen hätten es Pin 5 und 6 sein müssen. Dadurch konnte die erste Verbindung mit der Wallbox, welche extra für die Modbus-Tests wieder abmontiert wurde, aufgebaut werden.

Zuerst wurden die vom Hersteller angegebenen Register-Adressen getestet und die zurückgegebenen Werte mit den Erwartungswerten verglichen. Nachdem auch das Setzen der Ladestromvorgabe erfolgreich getestet wurde, war die erste Testphase abgeschlossen. Nach dem Zusammenbau der Wallbox und der erneuten Installation wurden die Wallbo-

xen das erste Mal an den Autos getestet. Nach erfolgreicher erster Kommunikation wurde der Modbus-zu-USB-Adapter endgültig an das Kabel für die Kommunikation angelötet. Um erste, wirklich brauchbare Daten aus den Wallboxen zu bekommen und dynamisch alle 5 Wallboxen testen zu können, wurde ein kleines, eigenes Modbus-Tool entwickelt, welches mit Java und dem JlibModbus für Linux entwickelt wurde. Dieses Tool war nur dafür gedacht, die einzelnen 5 Wallboxen ansprechen zu können und mögliche Fehler direkt zu beheben. Das Tool war ein einfaches Interface, auf welchem man die ID der jeweiligen Wallbox auswählen konnte, die Registeradresse eingeben und zwischen Lesen oder Schreiben entscheiden konnte. Dadurch wurde dann auch der Effekt auf die Autos und somit auch auf die Wallboxen überprüft. Nachdem die von dem Tool vorgegebenen Werte dem entsprachen, was das Auto als Ladegeschwindigkeit anzeigte, waren die Tests erfolgreich abgeschlossen. Der nächste Schritt war es, in einem Schaltschrank, durch den auch die Stromkabel der Wallboxen liefen, einen Raspberry Pi 4 zu montieren und korrekt an das Stromnetz anzuschließen. Dieser bekam von einem Mitarbeiter der Firma die IP 10.50.30.101 zugewiesen, mit welcher er dann via SSH erreichbar war. Durch das Linux-basierte Commandline-Tool Modpoll wurde überprüft, ob auch außerhalb der Testumgebung die Kommunikation korrekt funktioniert. Nachdem dies der Fall war, konnte es an die Entwicklung der Tasks gehen.

3.6.11 Kommunikationsaufbau zu der Fronius PV Anlage

Hier gestaltete sich die ganze Angelegenheit etwas schwerer, da es sich um eine Modbus TCP-Schnittstelle handelte. Und da hier die Dokumentation für JLibModbus nicht ganz so gut war wie für Modbus RTU, dauerte der Verbindungsaufbau etwas länger. Der Wechselrichter, welcher die Kommunikation ermöglicht, bekam bei der Installation der Anlage die IP 20.50.30.200.

Der erste Aufbau zur Anlage folgte über QModbusMaster, welcher sich als reibungslos herausstellte. Der Port 502 war in der Dokumentation des Wechselrichters zu finden. Doch bei der Suche nach der richtigen Register-Adresse fingen die Probleme an. Denn die Liste der Register war unübersichtlich, und es dauerte wirklich lange, um das Register zu finden, in welchem der aktuelle Wert der Stromproduktion gespeichert wird. Und als dann endlich die richtigen Werte zurückgeliefert wurden, trat schon das nächste Problem auf.

Denn egal, wie viel Strom die PV gerade produzierte (dies konnte immer mit der Onlineanzeige des Wechselrichters überprüft werden, welche man auf der Seite der Anlage

aufrufen konnte. Dafür muss die IP des Wechselrichters in den Browser eingegeben werden), der Wert wurde nie größer als 65536. Nach einiger Recherche und einer Anfrage in einem Photovoltaik-Forum (Hier den Link einfügen) wurde das Problem gefunden. Denn in der Dokumentation waren 2 Register angegeben. Das erste wurde standardmäßig gefüllt, doch wenn es seine maximale Größe von 65536 überschritt, wurde das zweite Register um einen Zähler erhöht und das erste Register auf Null gesetzt. Das bewirkt, dass man eine deutlich höhere Zahl speichern konnte und somit immer ein korrekter Wert bei einer Anfrage zurückkommt.

3.6.12 Kommunikationsaufbau zu den Janitza Klemmen:

Die Kommunikation zu den Janitza-Klemmen besteht aus denselben Einstellungen wie bei der Fronius Anlage. Die IP-Adresse der Klemmen ist 10.50.30.201. Auch hier gibt es eine Website, auf welcher man die Daten der Klemme überprüfen kann, somit konnte direkt überprüft werden, ob die Daten, welche ausgelesen wurden, stimmen. Auch hier gab es wieder mit den Rückgabewerte Probleme, da der Wert als Float angegeben wurde, und es keine Angaben dazu gab, wie man den Wert wieder in einen Integer zurückwandeln konnte. Aber zum Glück gab es in einem Beitrag in dem Forum Stack Overflow eine Anleitung dazu, wie mithilfe einer Umrechnung die richtigen Werte ausgelesen werden können.

Nach einem Abgleich zwischen den Werten des Modbus-tool und der Webanzeige, konnte eine Richtigkeit der Daten gewährleistet werden. Aus einem Abgleich der verschiedenen Daten aus dem Wechselrichter und den Messklemmen ergibt sich dann der Verbrauch der Firma. Ist der Wert der Janitza-Klemme im negativen Bereich, verbrauchen die Anlagen der Firma mehr, als die Fronius PV generieren kann. Dies ist vor allem dann der Fall, wenn es sehr bewölkt ist, oder die Sonne nicht am Himmel steht. Ansonsten ist der Wert des Janitza-Klemme meist über 50 kWh, was das Automatische Laden der E-Autos ermöglicht.

4 Flexlogger

Dieses Kapitel befasst sich mit der Implementierung eines Loggers. Dabei wird untersucht, mit welcher Performance die Daten gespeichert werden können. Für das Projekt wird die Eignung des Java Frameworks Quarkus validiert. Weiters wird untersucht, wie die Daten visuell aufbereitet werden können, um das Ladeverhalten nachzuvollziehen und zu optimieren sowie Maschinendaten überwachen zu können.

4.1 Untersuchungsanliegen

4.2 IST-Stand

Die Firma FlexSolution befindet sich in der Lage, die benötigten Daten zu loggen (abzuspeichern) mithilfe von Log4J. Allerdings werden dabei die Daten zuerst in einer Datei gespeichert, darauffolgend komprimiert und in einem Ordner abgelegt. Nachdem diese Daten komprimiert wurden, gibt es wenig performante Möglichkeiten, die Daten auszulesen, da diese nicht zentral abgespeichert werden und ein Zugriff auf die Daten sich somit als umständlich erweist. Das Ziel dieses Teils der Diplomarbeit ist, die Daten in Echtzeit zu loggen und in einer zusätzlichen Datenbank abzuspeichern, um diese anschließend grafisch ansprechend darzustellen.

4.3 Aufbau des Projektes

Das Projekt bezieht sich auf das Abspeichern, sowie die sinnvolle visuelle Darstellung von Daten. Dabei wird auf verschiedenste Programmiersprachen, Plattformen und Frameworks zurückgegriffen ²². Im Backend wird Java und das Framework Quarkus verwendet, welches mit einer Datenbank verbunden ist. Die Daten aus dieser Datenbank werden davor mithilfe eines Java-Programms, welches Threads verwendet, aus Datenpunkten geholt. Anschließend speichert das Programm die Daten in einer PostgreSQL-Datenbank ab. Durch das bereits erwähnte Quarkus-Backend wird darauffolgend auf die Daten zugegriffen und diese an ein Angular-Frontend geschickt. Durch das Angular-Frontend

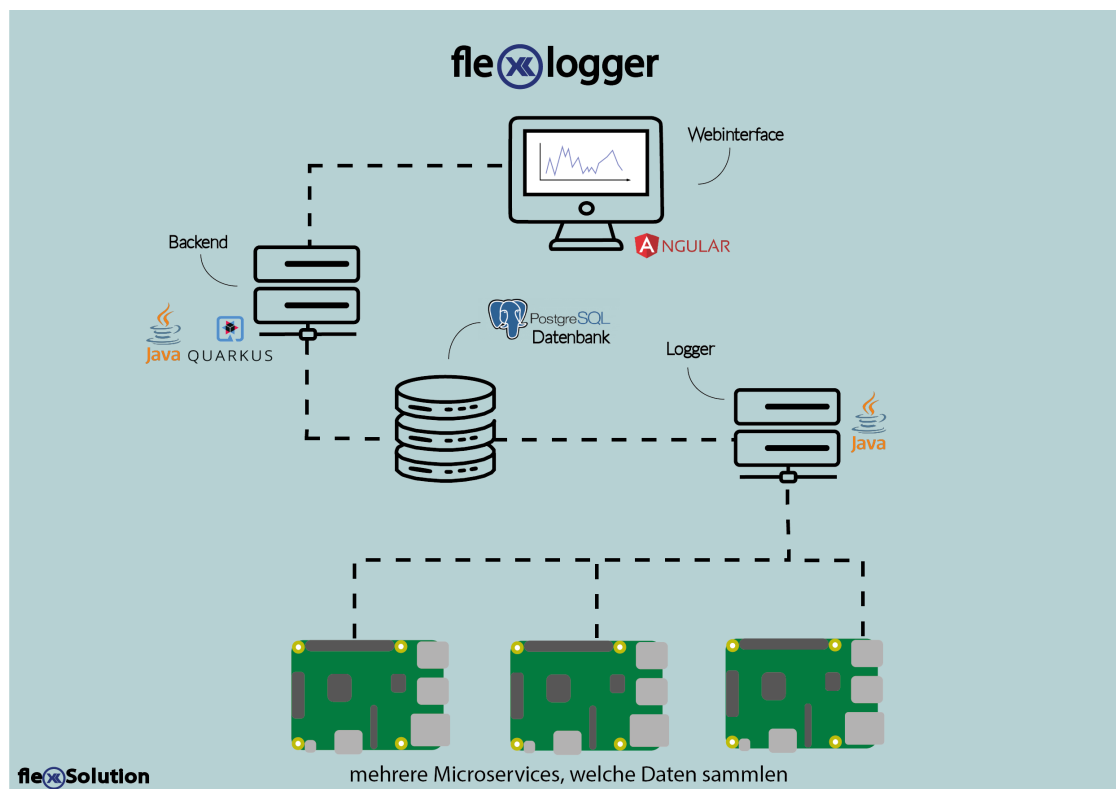


Abbildung 22: Aufbau des Flexloggers visuell dargestellt

können nun die Daten in bestimmten Zeiträumen ansprechend dargestellt angesehen, beziehungsweise als CSV-Datei heruntergeladen werden.

4.3.1 Beschreibung der Funktionen

Die Funktionen des Projekts beziehen sich größtenteils auf

- das Auslesen von Daten aus Datenpunkten mithilfe von Threads
- das Abspeichern von Daten in einer Datenbank durch Threads
- das spätere Auslesen der Daten aus der Datenbank, um diese sinnhaft visuell darstellen zu können
- die Verwendung von Formularen um (ausgewählte) Daten, in einem bestimmten Zeitpunkt graphisch in einem Diagramm darzustellen, oder eine CSV-Datei aus den Daten erstellen zu können

4.3.2 Logger

Das sogenannte FS-Logger-Programm setzt sich aus mehreren Klassen zusammen, wie etwa einem DataJDBCAdapter und einer Hauptklasse namens FlexTaskFsLogger. Weiteres befindet sich in dem Programm eine Modelklasse namens LogEntry, welche die Attribute der eingetragenen LogEntries definiert. Um einen reibungslosen Ablauf zu

garantieren, wird eine Blocking-Queue verwendet, welche Multithreading unterstützt. Das ganze Programm baut auf dem Producer-Consumer-Pattern auf.

DataJDBCAdapter

Der DataJDBCAdapter ist dafür verantwortlich, eine Verbindung zu der PostgreSQL-Datenbank aufzubauen und somit die benötigten Objekte in einer Datenbank abzuspeichern (insert). Um diese Verbindung herzustellen, verwendet der JDBCAdapter eine URL, welche in einem String abgespeichert ist sowie einen Benutzernamen und ein Passwort. Innerhalb der connect-Methode werden diese Daten verwendet, sie gibt ein Connection-Objekt zurück, welches angibt, ob die Verbindung zur Datenbank erfolgreich war. Die connect-Methode wird innerhalb der darunterliegenden insertLogEntry-Methode aufgerufen. Wenn die Anbindung erfolgreich war, wird ein PreparedStatement mithilfe des vorher übergebenen SQL-String erstellt und darauffolgend ausgeführt. Dadurch wird erfolgreich ein neuer Datenbankeintrag in der Datenbank gespeichert. Falls während des ganzen Ablaufs ein unerwarteter Fehler auftauchen sollte, wird dieser mittels einer Java-Exception in die Konsole geschrieben und der Datenbankeintrag erfolgt nicht.

Main Klasse FlexTaskFsLogger

Die Klasse FlexTaskFsLogger ist die Main-Klasse des Programms. Sie führt das Programm aus. Dieser Klasse werden auch folgende Methoden vererbt, da sie eine Subklasse der Klasse FlexTask ist:

- getNeededTaskParameters
- getNeededDeviceParameters
- isSingleDeviceTask
- closing
- initTask

Zusätzlich befindet sich in der Klasse noch eine Getter- und Setter-Methode, diese sind allerdings lediglich für eine Zählvariable zuständig, um bestimmte Daten weniger oft in die Datenbank einzuspeichern.

Die Hauptmethode des FlexTaskFsLogger ist die initTask-Methode. In ihr wird eine BlockingQueue mit dem generic-Type LogEntry erstellt. Mithilfe dieser Blocking-Queue werden darauffolgend ein Producer und ein Consumer erstellt, welche die Blocking-Queue

als Parameter übergeben bekommen. Nachfolgend werden jeweils zwei Producer-Threads und zwei Consumer-Threads erstellt und gestartet. Um eine zeitliche Einteilung zu haben, wird ein sogenannter TimerTask erstellt 27, welcher wiederum auch ein neuer, unabhängiger Thread ist. Er wird genutzt, um in einem gewissen Intervall Methoden oder Code-Blöcke aufzurufen. In diesem Fall wird der Task dazu verwendet, über den DataJDBCAdapter einen neuen Eintrag in der Datenbank zu speichern. Dazu wird zuerst überprüft, ob eine Variable, welche für das Starten und Stoppen des Tasks zuständig ist, auf true gesetzt wurde. Anschließend wird ein sogenannter StringBuilder, welcher aus einer Kette von Strings besteht, aus dem vorher erstellten Consumer geholt. Dieser StringBuilder besteht aus einem aneinandergeketteten Insert-Statement. Um die Ausführbarkeit des Stringbuilders zu gewährleisten, muss die letzte Stelle (an welcher sich ein Beistrich befindet) gelöscht werden und durch einen Strichpunkt ersetzt werden.

27

Listing 27: TimerTask

```

1      TimerTask timerTask = new TimerTask() {
2          @Override
3          public void run() {
4              counter = true;
5              if (producer.getRun()) {
6                  StringBuilder stringBuilder = consumer.getStringBuilder();
7                  stringBuilder.deleteCharAt(stringBuilder.length() - 1);
8                  stringBuilder.append(";");
9                  try {
10                     dba.insertLogEntry(stringBuilder.toString());
11                     // System.out.println("successful writing to db");
12                 } catch (Exception e) {
13                     System.out.println(e);
14                 }
15
16                 stringBuilder.delete(0, stringBuilder.length());
17                 consumer.setStringBuilder(stringBuilder.append("INSERT INTO
18                                     flexlogger(dp_name, value, unit, timestamp) VALUES "));
19             }
20         };

```

Um das korrekt erstellte SQL-Statement ausführen zu können, wird in einem try-and-catch-Statement die insertLogEntry-Methode des DataJDBCAdapters ausgeführt. Dabei wird der StringBuilder mit dem SQL-Statement, welches mithilfe der toString-Methode in einen String umgewandelt wird, übergeben.

Anschließend wird der eben verwendete StringBuilder geleert, indem die delete-Methode aufgerufen wird. Um einen neuen Insert-Aufruf zu ermöglichen, wird ein insert-Header über die setStringBuilder-Methode aus dem Consumer gesetzt.

Nun wird der vorher beschriebene TimerTask in einem eine Zeile davor erstellten Timer als Parameter übergeben.

Der nächste Abschnitt sorgt dafür, dass das Programm, also der Consumer und der Producer aus- und eingeschaltet werden kann. Dazu werden zuerst zwei Datenpunkte initialisiert. Diese werden durch das Setzen einer spezifischen Adresse und den Namen eines Datenpunkts erstellt. Dabei ist der Datenpunkt `logger_nav_status_icon_Click` dazu verantwortlich, darauf zu hören, ob sich ein Wert, welcher in diesem Datenpunkt gespeichert ist, geändert hat. Das heißt, wenn auf der eigens dafür erstellten Website der Ein- und Ausschaltknopf gedrückt wird, wird der Timer pausiert und das Programm schreibt keine Werte mehr in die Datenbank.

Im Gegensatz dazu wird der `logger_nav_status_icon_State` Datenpunkt dafür benötigt, um einen Wert für die Website zu übergeben. Damit wird die Farbe des Icons verändert, um dem User ein Feedback zu seiner Aktion zu geben.

Nachdem die Methode `setDatapointChangedCommand` mit dem `logger_nav_status_icon_Click` verbunden wird, werden aktiv Daten des Datenpunkts übergeben. Ein neuer `Datapoint-Command` wird dabei mitgeliefert, in ihm wird die `execute`-Methode überschrieben. In dieser Methode wird zuerst eine temporäre Variable erhöht, die dafür da ist, jeden zweiten Dateneintrag zu überspringen, da die HMI jeweils zwei Werte schickt, allerdings nur einer benötigt wird.

In Folge darauf wird in einem `If-Statement` der Wert des `logger_nav_status_icon_State` Datenpunkts geändert, um die Farbe des Icons zu verändern. Zusätzlich wird die `startOrStop` Variable auf `false` gesetzt und der Producer und der Consumer werden mithilfe der Übergabe von `'false'` in der `setRun`-Methode gestoppt. Im `else-Zweig` des `If-Statements` wird genau das Gegenteil bewirkt, das bedeutet, Producer und Consumer werden gestartet und die `logger_nav_status_icon_State` wird wieder auf den ursprünglichen Wert geändert.

LogEntry Klasse

Dies ist die Model-Klasse des Programms. In ihr werden die Attribute des `LogEntries` festgelegt. Diese beinhalten die `dp-id`, das bedeutet die ID des Datenpunkts, welcher gespeichert werden soll. Außerdem wird der Wert des Datenpunkts, die Einheit und der `Timestamp`, also der genaue Zeitpunkt, an welchem der `LogEntry` erstellt wurde, angelegt. In der Klasse befinden sich zusätzlich `Getter` und `Setter` für die Attribute, sowie ein `Konstruktor`.

Blocking Queue - Producer

Diese Klasse ist der Producer der Blocking Queue, das bedeutet, dass in dieser Klasse die Objekte in die Blocking Queue hinzugefügt werden.

Es finden sich zwei Attribute im Producer: die Blocking Queue, in welche die Objekte später hinzugefügt werden und eine Boolean Variable, welche den Namen "run" trägt. Sie ist dafür verantwortlich, den Producer zu deaktivieren bzw. zu aktivieren. Unterhalb der Attribute befinden sich ein Konstruktor, um die Blocking-Queue zu übergeben, sowie ein Getter und ein Setter für die run-Variable.

Die Hauptmethode der Klasse ist die run-Methode. Hier wird ein neuer Datapoint-Command erstellt, in welchem die execute-Methode überschrieben wird. Innerhalb der execute-Methode wird eine counter-Variable initialisiert, die dafür verantwortlich ist, bestimmte Daten von Datenpunkten nur jedes zweite Mal in die Blocking Queue hinzuzufügen. Danach befindet sich ein if-Statement, welches überprüft, ob der Code im Consumer ausgeführt werden soll oder nicht. In diesem if-Statement befindet sich ein Switch für den specificDataType, welcher je nach DataType einen bestimmten Codeteil ausführt. In dem einen Codeteil wird die counter-Variable auf true oder false überprüft (bei einem false wird der Datenteil nicht in die Blocking-Queue hinzugefügt), in dem anderen wird dies ignoriert.

Allerdings kümmern sich beide Codeteile darum, die jeweiligen Daten als LogEntry zu erstellen und diesen anschließend in die Blocking Queue zu pushen. 28

Listing 28: LogEntry in BlockingQueue hinzufügen

```

1      try {
2          LogEntry logEntry = new LogEntry(datapointResult.getDpId(),
3              datapointResult.getValue(), "A", datapointResult.getTimestamp());
4          blockingQueue.put(logEntry);
5      } catch (InterruptedException e) {
6          throw new RuntimeException(e);
7      }

```

Mithilfe des Codes, welcher sich unterhalb des erstellten DataPointCommands befindet, wird über die Datenpunkte des jeweiligen Geräts iteriert und anschließend der oben liegende Codeteil bei einer Änderung ausgeführt. 29

Listing 29: Datenpunkte des jeweiligen Geräts iterieren

```

1      for (Device dev : StaticData.devices.getDevices()) {
2          for (Datapoint dp : StaticData.datapoints.getDatapoints(dev.getId())) {
3              if (!dp.getSpecificDataType().isEmpty()) {
4                  dp.setDatapointChangedCommand(dpCmd);
5              }
6          }
7      }

```

Blocking Queue - Consumer

In dieser Klasse geht es um den Consumer der Blocking Queue, der vom Consumer Objekte aus der Blocking Queue nimmt und diese weiterverarbeitet. Die Attribute sind so wie in der Producer Klasse eine Blocking-Queue und die run-Variable, um den Consumer zu aktivieren bzw. zu deaktivieren. Im Konstruktor wird wiederum die Blocking-Queue übergeben.

In der run-Methode der Klasse wird in einem while-true ein if-Statement ausgeführt, in welchem sich ein try-and-catch-Statement befindet. In diesem wird das benötigte Objekt aus der Blocking-Queue geholt und anschließend in einem StringBuilder als gültiges SQL-Statement hinzugefügt. 30

Listing 30: Daten aus BlockingQueue herausnehmen

```

1      try {
2          LogEntry logEntry = this.blockingQueue.take();
3          stringBuilder.append("(" + logEntry.getDpId() + ", " +
4              logEntry.getValue() + ", " + "'A', " + logEntry.getTimestamp() + "),");
5      } catch (InterruptedException e) {
6          e.printStackTrace();
7      }

```

Unterhalb befindet sich noch eine Getter- und Setter-Methode für den StringBuilder sowie die run-Variable.

4.3.3 Quarkus Backend

Das Backend setzt sich aus der Programmiersprache Java und dem Java-Framework Quarkus zusammen.

LogEntry Klasse

Hier werden die Attribute des LogEntries festgelegt. Diese beinhalten wie auch im Programm FlexTaskFsLogger die dp-id, den Wert, die Einheit und einen aktuellen Timestamp des Eintrags. Außerdem beinhaltet sind ein Konstruktor, Getter- und Setter-Methoden für die Attribute sowie eine toString-Methode, um die Attribute formatiert zurückgeben zu können.

LogEntry Ressource

Mithilfe dieser Klasse werden bestimmte Daten an vorher definierte Adressen geschickt. Der vorher definierte Path ‚/logEntry‘ wird dabei bei jeder Anfrage am Anfang der

Adresse verwendet. Um das davor erstellte LogEntry-Repository zu verwenden, wird es am Anfang der Methode mit dem Schlüsselwort `new` initialisiert.

In der Ressource befinden sich verschiedene GET-Methoden, welche je einen anderen Nutzen haben:

- `getAll()`: Hier wird durch die Übergabe der Parameter definiert, in welchem Zeitraum die benötigten Daten zurückgegeben werden. Diese Parameter werden mithilfe von `PathParam` übergeben, das heißt die Daten werden über die URL übergeben. Zusätzlich steht über der Methode ein `@Produces(MediaType.APPLICATION_JSON)`, um festzulegen, in welchem Format der Rückgabewert zurückgegeben wird. In diesem Fall ist es ein JSON-Format.
- `getByName()`: Diese Methode ist sehr ähnlich zur `getAll()`-Methode. Lediglich wird ein zusätzlicher Name übergeben und somit die `getByName`-Methode des Repositories verwendet.
- `getCSV()`: In dieser Methode wird im Pfad neben den Daten ein `FilePath` angegeben, in welchem die CSV-Datei gespeichert werden soll. Mithilfe der `getCSVAll`-Methode aus dem Repository wird die CSV-Datei anschließend im richtigen Pfad gespeichert.
- `getCSVByName()`: Die Methode hat eine ähnliche Funktion wie die `getCSV()`-Methode. Der entscheidende Punkt dabei ist, dass ein Name übergeben werden kann, welcher die Rückgabedaten beeinflusst, da so nur die Daten mit dem richtigen Namen als CSV-Datei erstellt werden.
- `insert()`: Mithilfe dieser Methode kann ein neuer LogEntry in die Datenbank eingefügt werden. Als Parameter in der `insertLogEntry`-Methode des Repositories wird dabei ein neu erstellter LogEntry übergeben.
- `downloadFile()`: Um das vorher erstellte CSV-File zu downloaden, wird diese Methode genutzt. In diesem Fall ist der Rückgabewert der Methode mit einem `@Produces({"text/csv"})` definiert, da es sich dabei um eine CSV-Datei handelt. Zuerst wird in der Methode ein File-Name, ein Pfad, sowie ein File erstellt. Der Pfad und der File-Name ist dabei jeweils vom Datentyp `String`, das File ist vom Datentyp `File` und wird mithilfe des Pfads als Parameter erstellt. Um zu überprüfen, dass der Pfad existiert, wird mithilfe eines If-Statements die Methode `exists()` beim zuvor erstellten File als Überprüfung herangezogen. Wenn dieses If-Statement feststellt, dass das File nicht existiert, wird eine `RuntimeException` geworfen. Diese enthält die Nachricht "File not found: und den zugehörigen File-Namen. Bei einem erfolgreichen Erstellen des Files wird ein `ResponseBuilder` namens `res` erstellt. Dieser enthält die

Response OK sowie das File. Zusätzlich wird bei dem ResponseBuilder ein Header gesetzt, in welchem sich unter anderem der FileName befindet. Schlussendlich wird der ResponseBuilder mit einem Build-Statement zurückgegeben. Somit wurde das vorher erstellte File erfolgreich heruntergeladen und kann nun mithilfe von einem passenden Programm geöffnet und gesichtet werden.

LogEntry Repository

Das Repository des Backends ist dafür verantwortlich, eine Verbindung zur Datenbank herzustellen und die richtigen Daten an die Ressource weiterzugeben. Zuerst werden drei verschiedene Strings definiert, um einen Zugriff auf die Datenbank zu erlangen. Der erste ist dabei die URL, um sich zur Postgres-Datenbank zu verbinden. Der zweite und dritte String definiert den Usernamen sowie das Passwort des Users der Datenbank.

Die erste Methode in der Klasse trägt den Namen connect. Wie der Name schon sagt, wird in der Methode mithilfe eines DriverManager eine Verbindung auf die Datenbank aufgebaut und zurückgegeben, welche in den folgenden Methoden verwendet werden kann.

Listing 31: Connect to SQL Database

```
1  /**
2   * Connect to the PostgreSQL database
3   *
4   * @return a Connection object
5   */
6  public Connection connect() throws SQLException {
7      return DriverManager.getConnection(url, user, password);
8  }
```

Jede der nachfolgenden Methoden ist für eine bestimmte Aktion auf der Datenbank zuständig. Um alle vorhandenen LogEntries in einem bestimmten Datumsbereich zu erlangen, kann die getAll-Methode verwendet werden. Die übergebenen Parameter sind dabei das Anfangs- und das Enddatum, sowie die Anfangs- und die Endzeit. Anfangs wird ein Set von LogEntries erstellt, in welchem nachfolgend die Daten hinzugefügt werden. Um das Datum und die start- wie Endzeit in Millisekunden umwandeln zu können, da nur diese in einem SQL-Statement verwendet werden können, wird eine convertToMillis-Methode verwendet. Um die Daten, welche zwischen dem Start- und dem Enddatum liegen, zu bekommen, wird in einem SQL-Statement definiert, dass der Timestamp des jeweiligen LogEntries größer als die Startmillisekunden, und kleiner als die Endmillisekunden ist. Außerdem werden die Daten nach dem timestamp geordnet. Anschließend wird eine Verbindung zur Datenbank aufgebaut. Um das vorher

erstellte SQL-Statement nutzen zu können, wird ein `PreparedStatement` genutzt. In diesem werden die beiden Parameter `startMillis` und `endMillis` gesetzt. Aus diesem `PreparedStatement` wird nun ein `ResultSet` gewonnen, durch die Methode `executeQuery`. Um vollständige `LogEntries` zu erhalten, werden durch alle `ResultSets` mithilfe einer `while`-Schleife iteriert. Jeder der `LogEntries` wird zu dem Set namens `LogEntries` hinzugefügt. Um die richtigen Spalten der `LogEntries` zu bekommen, wird der Name der Spalte verwendet.

Bei einem Fehler in der Verbindung zur Datenbank wird eine Fehlermeldung ausgegeben. Bei einem Erfolg wird das Set von `LogEntries` zurückgegeben und kann somit in der Ressource verwendet werden.

Die `getByName`-Methode ist ähnlich zur `getAll`-Methode. Der einzige Unterschied besteht darin, dass als Parameter zusätzlich ein Name mitübergeben wird. Dieser wird im SQL-Statement gesetzt, somit werden alle `LogEntries`, welche einen anderen Namen tragen, aussortiert. Zurückgegeben wird erneut ein Set aus `LogEntries`.

In der `convertToMillis`-Methode wird das Datum und die Zeit als gemeinsamer String erstellt. Dieser String wird verwendet, um eine Variable des Typs `LocalDateTime` zu erstellen. Dieses wird nach dem richtigen formatieren bzw. umwandeln zurückgegeben.

Der nächste Abschnitt des Repositories ist für alle Methoden rund um das Erstellen von CSV-Dateien zuständig. Die ersten beiden Methoden unterteilen jeweils danach, ob ein Name mitübergeben wurde, oder nicht. Die Parameter sind dabei das Anfangs- und Enddatum, sowie die Anfangs- und Endzeit. Bei der zweiten Methode wird nun ein Name zusätzlich übergeben. Der meiste Teil der Methoden ist relativ ähnlich: Zuerst wird ein Set von `LogEntries` erstellt. Je nach Methode werden mithilfe der Parameter die richtigen `LogEntries` mit der `getByName`-Methode bzw. der `getAll`-Methode in dem Set gespeichert. Nachfolgend wird aus dem Set ein Stream erstellt und jedes `logEntry`-Objekt zu einem String umgewandelt. Anschließend wird jeweils die Methode `writeToCsvFile` aufgerufen. Übergeben wird dabei beide Male der zuvor erstellte Stream mit den Strings, sowie ein neu erstelltes File mit einem zuvor erstellen `FilePath`. 32

Listing 32: `LogEntrySet` zu CSV umwandeln

```
1 Set<LogEntry> logEntrySet = getAll(startDate, startTime, endDate, endTime);
2 Stream<String> stringSet = logEntrySet.stream().map(logEntry ->
    logEntry.toString());
3 writeToCsvFile(stringSet, new File(filePath));
```

Die erste Zeile in der `writeToCSVFile`-Methode 33 konvertiert das eben übergebene Set zu einer Liste. In diesem Prozess wird eine weitere Methode verwendet, welche den Namen `convertToCSVFormat` trägt. Mithilfe eines Map-Befehls wird die Methode auf jeder Zeile des Sets angewendet. Die `convertToCSVFormat`-Methode gibt dabei die übergebene Zeile als Stream zurück, wobei zwischen den einzelnen Werten in einer Zeile ein Semikolon eingefügt wird. Als nächstes wird ein `BufferedWriter` verwendet. Dieser wird als neue Instanz erstellt, mit dem Übergabeparameter eines neuen `FileWriters`, in welchem das am Kopf der Methode angeführte File übergeben wird. Der `BufferedWriter` ist von einem try-and-catch umgeben. Dies ist erforderlich, um bei einem eventuell auftretenden Fehler, wie etwa einem falschen Filepath oder fehlenden Berechtigungen, mit einer Fehlermeldung richtig reagieren zu können. In diesem try-and-catch wird nun jede Zeile der vorher erstellten Liste mithilfe einer for-Schleife durchgegangen. Mit den Methoden `write()` und `newLine()` wird die CSV-Datei Zeile für Zeile erstellt.

Listing 33: CSV-File herunterladen

```
1      List<String> collect = logEntrySet
2          .map(this::convertToCsvFormat)
3          .collect(Collectors.toList());
4
5      try (BufferedWriter bw = new BufferedWriter(new FileWriter(file))) {
6          for (String line : collect) {
7              bw.write(line);
8              bw.newLine();
9          }
10     } catch (Exception e){
11         e.printStackTrace();
12     }
```

Die letzte Methode im Repository ist die `insertLogEntry`-Methode. Sie ist dafür zuständig, neue `LogEntries` in der Datenbank zu speichern. Um einen neuen `LogEntry` zu speichern, wird zuallererst ein String erstellt, welcher ein Insert-Statement enthält. Danach wird eine Verbindung zur Datenbank mithilfe der `connect`-Methode hergestellt. Durch ein `PreparedStatement`, welches aus einem SQL-String geformt wird, können alle Parameter gesetzt werden. Diese beinhalten die `dpId` (der Name des Datenpunkts), die `value` (den Wert des Datenpunkts), die `unit` (die Einheit des Datenpunkts), sowie den `timestamp` (wann der Datenpunkt erstellt wurde). Nachdem die Parameter gesetzt wurden, wird ein `executeUpdate` durchgeführt, mithilfe dessen der neue `LogEntry` in die Datenbank geschrieben wird.



Abbildung 23: Formular Button

4.3.4 Angular Frontend

Die Website des Projekts wurde mithilfe von Angular umgesetzt. Die Hauptfunktion liegt dabei beim Anzeigen von Diagrammen mit den ausgewählten Daten, sowie dem Generieren einer CSV-Datei.

Website - User/Anwender Ansicht

Die erste Seite, welche zu sehen ist, ist die Hauptseite 27. Auf ihr ist ein großes Bild zu finden, gleich darunter kann die Schrift "Lassen Sie sich ihre gewünschten Diagramme anzeigen" erkannt werden. Durch drei verschiedene Formulare, welche sich direkt unter der großen Überschrift befinden, können verschiedenste Funktionen genutzt werden. Jedes dieser Formulare besitzt einen anderen Zweck.

- Formular 'Alle Diagramme': Das erste ist dafür zuständig, alle Diagramme in einem bestimmten Zeitraum anzuzeigen. Wenn der Button 23 dieses Formulars betätigt wird, erfolgt eine Weiterleitung auf eine andere Seite. Auf dieser kann nun zwischen allen Diagrammen mithilfe von automatisch generierten Buttons gewechselt werden 28.
- Formular 'Diagramm per Name': Das zweite Formular hat eine ähnliche Funktion. Lediglich kann hier das Diagramm, welches angezeigt werden soll, im Formular mitübergeben werden. Durch den Button 23 erfolgt nun eine direkte Weiterleitung zum gewünschten Diagramm.
- Formular 'CSV File': Eine ganz andere Funktion hat das letzte Formular. In ihm wird zwar genauso der Wunschzeitraum angegeben, allerdings wird nach Betätigen des Buttons 23 ein CSV-File generiert und anschließend heruntergeladen. In diesem werden alle Daten übersichtlich angezeigt. 25

Die Formulare können nur genutzt werden, indem zuerst jeweils die richtigen Von-, Bis-Daten angegeben werden. 24 Wenn die Daten falsch eingegeben wurden (es wurde ein Datum eingegeben, welches hinter dem Anfangsdatum liegt bzw. bei einem gleichen Anfangs- und Enddatum muss die Endzeit hinter der Anfangszeit liegen), wird eine Fehlermeldung ausgegeben, um den User auf seine fehlerhafte Eingabe aufmerksam zu

The form is titled 'Formular Zeitraum'. It contains two main sections: 'Anfangs Zeitraum' (Start Period) and 'End Zeitraum' (End Period). Each section has a date input field and a time input field, both with a clear button (X) to the right. In the 'Anfangs Zeitraum' section, the date is '05.01.2023' and the time is '16:53'. In the 'End Zeitraum' section, the date is '05.01.2023' and the time is '17:53'.

Abbildung 24: Formular Zeitraum

1	REAL78	430	A	1,6603E+12
2	Shadow_EG_Eingangsbereich	430	A	1,6603E+12
3	Kompressor_Druck_IST	07.Mär	A	1,6603E+12
4	REAL1	07.Mär	A	1,6603E+12
5	REAL173	1300	A	1,6603E+12
6	REAL178	1900	A	1,6603E+12
7	REAL173	1200	A	1,6603E+12
8	REAL173	1300	A	1,6603E+12
9	REAL173	1200	A	1,6603E+12
10	REAL178	1800	A	1,6603E+12
11	REAL178	1900	A	1,6603E+12
12	REAL178	1800	A	1,6603E+12

Abbildung 25: CSV-Datei Beispiel Ausgabe

machen. Bei dem Formular 'Diagramm per Name' muss zusätzlich ein Name angegeben werden, sonst wird erneut eine Fehlermeldung angezeigt. Wenn allerdings das Formular 'CSV-File' betrachtet wird, gibt es eine zusätzliche Fehlerüberprüfung, welche direkt nach dem Betätigen des Buttons ausgeführt wird. Werden keine Daten aus der Datenbank für den eingegebenen Zeitraum gefunden, wird eine passende Fehlermeldung angezeigt.

26

Startdatum darf nicht hinter
Enddatum liegen!

Abbildung 26: Webseite Fehlermeldung

Lassen Sie sich ihre gewünschten Diagramme anzeigen
Wählen Sie ein Datum, um ein Diagramm anzeigen zu lassen

Alle Diagramme

Anfangs Zeitraum
05.01.2023

16:53

End Zeitraum
05.01.2023

17:53

DIAGRAMME ANZEIGEN

Diagramm per Name

Anfangs Zeitraum
05.01.2023

16:53

End Zeitraum
05.01.2023

17:53

Name

DIAGRAMM ANZEIGEN

CSV File

Anfangs Zeitraum
05.01.2023

16:53

End Zeitraum
05.01.2023

17:53

Name des Datenpunkts
nur bei Bedarf ausfüllen

CSV FILE GENERIEREN

Abbildung 27: Website Hauptseitenansicht

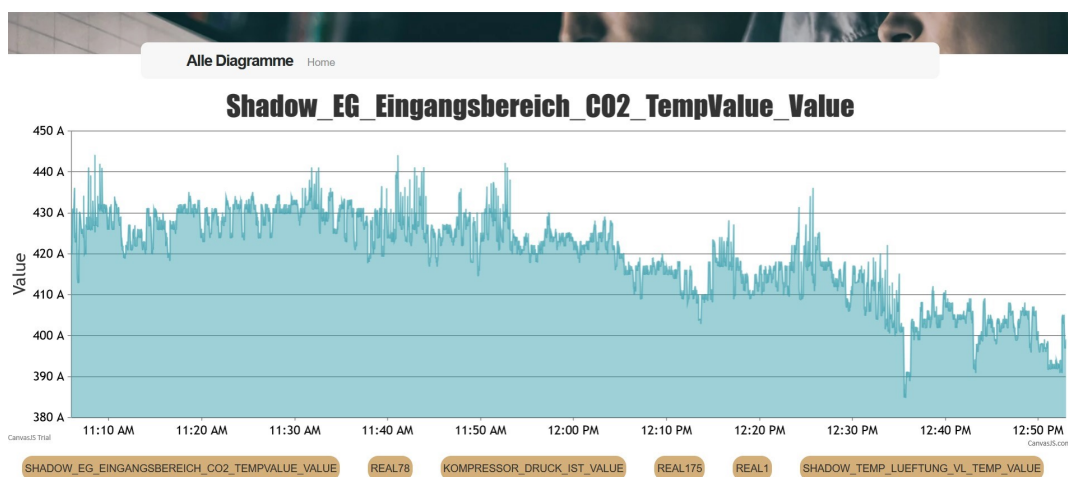


Abbildung 28: Website Diagrammansicht

App-Component

In der TypeScript Klasse der App-Komponente wird ein Titel definiert, dieser trägt in diesem Fall den Namen „flexloggerFE2“. Im HTML-File ist dabei ein Router-Outlet definiert. Durch dieses wird das Routing im Projekt ermöglicht. Das bedeutet, jede Komponente wird in der App-Komponente angezeigt. In der app-routing-module Klasse werden alle Pfade des Projekts definiert. Dabei wird jeweils ein String als Pfad angegeben sowie eine Komponente definiert, zu welcher der Pfad führen soll. Zusätzlich wird bei den Modulen des Projekts ein RouterModule hinzugefügt, welches die Methode forRoot verwendet, in welcher die vorher definierten Routen als Parameter übergeben werden. In der App-Module-Klasse werden noch weitere Module hinzugefügt:

- **BrowserModule:** Stellt einen Service zur Verfügung, mit welchem eine Browser-App gestartet, sowie laufen gelassen werden kann.
- **AppRoutingModule:** Ermöglicht das Navigieren zwischen verschiedenen Komponenten.
- **HttpClientModule:** Mithilfe dieses Moduls können Netzwerk Requests abgesetzt werden. Diese inkludieren GET, POST, PUT, PATCH und DELETE.
- **FormsModule:** Durch dieses Modul können template-driven Forms erstellt werden.
- **ReactiveFormsModule:** Durch dieses Modul können ReactiveForms verwendet werden.

Home-Component

Die Home-Component ist die Hauptkomponente des Programms. In ihr werden drei Formulare definiert, jedes davon hat eine andere Funktion. Im Konstruktor der Komponente werden verschiedene Parameter übergeben:

- **HttpService:** Dies ist der Service, mit dessen eine Server-Verbindung zum Backend aufgebaut werden kann.
- **Router:** Mithilfe dieses in Angular eingebauten Features kann auf der Website zwischen den Komponenten gewechselt werden.
- **ActivatedRoute:** Mithilfe dieses Parameters können Daten über Komponenten hinweg übergeben werden.
- **FormBuilder:** Durch diesen Parameter können reaktive Formulare erstellt werden
- **ValidatorService:** Wird verwendet, um die Richtigkeit der Eingabe bei den Formularen zu garantieren.

Im Konstruktor wird automatisch das heutige Datum sowie das heutige Datum plus einer Stunde gesetzt. Um die Komponente zu initialisieren, wird in der `ngOnInit()`-Methode die `initForms`-Methode aufgerufen. Diese initialisiert alle 3 Formulare, indem sie die Variablen in den Formularen, sowie Validatoren setzt. Dabei wird bei den Variablen jeweils ein Standardwert gesetzt. Die gesetzten Validatoren überprüfen dabei, ob die Daten korrekte Eingaben in den Formularen sind.

Weiters finden sich in der Komponente zwei Methoden, welche sich um das Routing kümmern. Diese kommen beim Klicken der Buttons der Formulare zum Einsatz, um die Komponente, welche angezeigt wird, zu wechseln. Die benötigten Daten werden dabei in der URL übergeben.

Die nachfolgende Methode ist für das Generieren sowie das Downloaden einer CSV-Datei zuständig. Zuerst wird die `checkCSV`-Methode aufgerufen, in welcher überprüft wird, ob in dem ausgewählten Zeitraum Daten verfügbar sind. 34

Wenn die `checkCSV`-Variable auf `true` gesetzt wurde, wird überprüft, ob der Namensparameter im Formular nicht leer ist. Trifft dies ein, wird mithilfe eines Timers und des `Http-Service` eine CSV-Datei generiert, welche alle Datenpunkte in dem richtigen Datumsbereich generiert. Nachdem das Generieren erfolgreich abgeschlossen wurde, wird der Download der Datei gestartet. Dieser Download wird mithilfe der `window.open()` Methode verwirklicht. Wenn der Namensparameter in dem Formular einen Namen enthält, so wird ein CSV-File generiert, welches nur die Daten eines Datenpunkts beinhaltet.

Für den Fall, dass die `checkCSV`-Variable auf `false` gesetzt wurde, werden die Errors des Namensparameters auf `true` gesetzt. Dadurch wird unter dem Formular eine Fehlermeldung ausgegeben, um dem User eine Rückmeldung seiner Formulareingabe zu geben.

Listing 34: CSV-File generieren

```

1      generateCSV() {
2          if (this.csvForm.value.dataName3 == "") {
3              this.csvForm.setErrors(null);
4              timer(100).subscribe(x => {
5                  this.http.createCSV(this.csvForm.value.dateBegin3,
40                     this.csvForm.value.dateEnd3, this.csvForm.value.timeBegin3,
41                     this.csvForm.value.timeEnd3,
42                     "C:/angular1/monitor.csv").subscribe(value => {
43                       window.open("http://localhost:8081/logEntry/download/");
44                     }, error => console.log(error));
6              })
7          }
8          } else {
9              ...
10             ...
11         }

```

Canvas-Chart-Component

In dieser Komponente wird ein Diagramm erstellt, in welchem anschließend mithilfe von verschiedenen Buttons die gewünschten Daten angezeigt werden.

Der erste Teil der Komponente ist das Erstellen der Diagrammoptionen. In diesen kann man verschiedenste Attribute eines Diagramms definieren:

- `animationEnabled`: Definiert, ob beim ersten Anzeigen eines Diagramms jeder Punkt des Diagramms flüssig geladen wird, um ein dynamischeres Ergebnis zu erhalten.
- `title`: Legt den Titel fest, welcher als Überschrift über dem Diagramm stehen soll.
- `axisY`, `axisX`: Legt den Titel der Y/X-Achse fest.
- `data`: Diese Einstellung legt den Typ des Diagramms fest (in diesem Fall ist es ein Liniendiagramm), die Farbe des Diagramms und bestimmt die Datenpunkte. Beim ersten Laden der Seite werden die Datenpunkte der X- und Y-Achse auf 0 bzw. den 01.01.1970 gesetzt.

Beim Laden der Seite wird im Konstruktor der Komponente eine Funktion namens `onload()` ausgeführt. Diese ist dafür zuständig, die erforderlichen Daten mithilfe des `http-Service` aus dem Backend zu holen. Zuerst werden hierfür die übergebenen Werte aus dem Formular mithilfe von `Route-Snapshots` übergeben. Anschließend wird durch den `http-Service` eine `getLogEntries-Methode` aufgerufen. Diese gibt die Werte zurück, welche das erforderliche Datum besitzen und werden in einem Array gespeichert, für eine mögliche Weiterverwendung.

In der nächsten Zeile des Konstruktors befindet sich ein Timer, welcher nach einer Sekunde den darauffolgenden Code durchführt. In diesem Code wird zuerst eine `getFiles-Methode` ausgeführt, diese gibt das vorher erstellte Array zurück. Das `If-Statement` eine Zeile darunter garantiert, dass die Länge des Arrays nicht 0 beträgt, ansonsten wird die Fehlermeldung `SZu Ihrem ausgewählten Zeitpunkt wurden keine Daten gefunden.ä` ausgegeben. Bei einem positiven Ergebnis des `If-Statements` werden nachfolgend vier Methoden aufgerufen:

- `getListOfDatapointNames()`: Diese Methode kümmert sich darum, eine Liste der Namen für die Buttons zu erstellen. Diese Buttons sind dafür zuständig, zwischen den angezeigten Daten zu wechseln. Um zu verhindern, dass der Name eines Datenpunkts mehrmals in der Liste vorkommt, wird am Beginn eine Boolean-Variable namens `nameInList` erstellt. Diese wird vorerst auf `false` gesetzt. Anschließend wird ein vorher initialisiertes Array auf ein leeres Array gesetzt, in welches die Namen

eingefügt werden. Um alle Namen aus den Daten zu erlangen, wird eine for-Schleife verwendet, welche alle vorher erhaltenen Daten durchgeht. Der erste Name wird immer hinzugefügt, daher wird, wenn die Länge des leeren Arrays 0 ist, der erste Name hinzugefügt. Sonst wird eine weitere for-Schleife betreten, welche alle Elemente der Liste der Namen durchgeht. Wenn ein Element bereits vorhanden ist, wird die `nameInList` Variable auf `true` gesetzt. Danach wird in einem weiteren If-Statement überprüft, ob diese Variable auf `true` oder `false` gesetzt ist. Bei einem `False` wird dabei der Name in die Liste hinzugefügt. Durch dieses Verfahren wird sichergestellt, dass kein Name doppelt in der Liste vorkommt und somit Buttons nicht doppelt angezeigt werden.

- `changeData()` Hier werden die geänderten Daten in den Diagrammoptionen gespeichert. Um dies umzusetzen, wird als Parameter ein String namens `filterString` übergeben. Mithilfe dessen und einer For-Schleife werden alle Datenpunkte herausgefiltert, welche nicht den gewünschten Namen besitzen. Die richtigen Daten werden nun im Array `dynamicLogLines` gespeichert. Nach dem Aussortieren der Daten wird mit einem If-Statement überprüft, ob die erste Stelle des `dynamicLogLines`-Arrays nicht undefiniert ist. Wenn dies der Fall ist, werden der erste Datenpunkt, sowie der Titel in den Diagrammoptionen gesetzt. Danach werden die restlichen Datenpunkte mithilfe einer for-Schleife in den Diagrammoptionen gespeichert.
- `setChartOptions()` Beim Aufrufen dieser Methode werden die Diagrammoptionen neu gesetzt. In diesem Fall werden der Titel, die Einheit und die Datenpunkte des Diagramms erneuert.

Anschließend wird eine Boolean-Variable namens `showChart` auf `true` gesetzt und auf der Website ein Diagramm angezeigt.

Canvas-Chart-Single-Component

Die Komponente ist vom Aufbau her sehr ähnlich wie die Canvas-Chart-Komponente. Genau wie in der anderen Komponente werden zuerst einige Methoden im Konstruktor aufgerufen. Der größte Unterschied dabei ist, dass keine Button-Namen erstellt bzw. auch keine Buttons angezeigt werden.

HttpService

Der Service ist dafür zuständig, die jeweiligen Daten aus dem Backend zu holen. Zuerst wird ein String definiert, in welchem die URL des Backends gespeichert ist. Im

Konstruktor wird der sogenannte `HttpClient` als Parameter übergeben, dieser ist der Hauptakteur in der Klasse. Mithilfe dessen kann eine Verbindung zum Server hergestellt werden.

In dem Service befinden sich mehrere Methoden. Allgemein kann gesagt werden, dass mit dem `HttpClient` jeweils einen GET-Request abgesetzt wird, welcher ein anderes Ergebnis liefert, je nachdem, welche URL als Parameter übergeben wird.

Die ersten zwei haben als Rückgabe-Parameter jeweils ein `LogEntry` Array. Beide geben die gesuchten Daten in einem bestimmten Zeitraum zurück, lediglich kann bei der zweiten Methode noch einen Namen hinzugefügt werden. Die Daten, welche die Zeiträume definieren, werden als Parameter in den Methoden übergeben.

Die nächsten Methoden sind allesamt für das Downloaden eines CSV-Files verantwortlich. Dabei kümmern sich zwei um das Erstellen der CSV-Datei, die dritte ist für den eigentlichen Download verantwortlich. Um die CSV-Datei zu erstellen, werden wiederum die gewünschten Daten übergeben und anschließend wird daraus eine URL gebaut und ein GET-Request abgesetzt. Der einzige Unterschied zwischen den Methoden ist abermals ein zusätzlicher Name-Parameter. Die `downloadCSV`-Methode verwendet wie die anderen Methoden einen GET-Request, allerdings hat sie den weiteren Parameter `responseType`. Dieser ist notwendig, da innerhalb des Requests eine CSV-Datei heruntergeladen wird und somit der Response-Type Array-Buffer definiert werden muss.

ValidatorService

Der `ValidatorService` ist dafür zuständig, die Richtigkeit der Eingabe im Formular zu überprüfen. Wenn diese als nicht akzeptabel erkannt wurden, werden die Errors der Parameter auf `true` gesetzt, und somit eine Fehlermeldung ausgegeben.

Die `match`-Methode überprüft, ob jedes eingegebene Datum als valide Eingabe akzeptiert werden kann. Dabei werden zuerst alle Controls des Formulars übergeben. Bei der ersten Überprüfung wird begutachtet, ob das Startdatum hinter dem Enddatum liegt. Bei Bestätigung dieser Überprüfung werden die Errors mit dem Namen `dateMustBeBigger` aktiviert. Anschließend wird der Fall überprüft, in welchem die beiden Daten gleich sind, die Zeiten sich allerdings unterscheiden, wenn sich also der Zeitraum am gleichen Tag befindet. Dies ist grundsätzlich erlaubt, allerdings nur, wenn die Startzeit kleiner

ist als die Endzeit. Wenn dies nicht der Fall ist, wird der Error timeMustBeBigger aktiviert.

LogEntry Model

Hier wird ein Model erstellt, welches den Namen LogEntry trägt, in diesem werden die Parameter dpId, value, unit und timeStamp definiert. Das Model wird dazu verwendet, die vorher geloggten Daten aus der Datenbank weiterzuverwenden.

4.3.5 CanvasJS

Mithilfe von CanvasJS, welche eine HTML5- und Javascript-Charting-Library ist, wird das Anzeigen der Daten in Diagrammen ermöglicht.

4.4 Logging

Data Logging kann dazu verwendet werden, Code zu debuggen oder große Datenmengen zu speichern, um diese später auszuwerten. Im Allgemeinen ist ein Datalogger ein Instrument, welches Veränderungen unter bestimmten Bedingungen während einer gewissen Zeitspanne aufzeichnet. Ein Datenlogger verwendet häufig Sensoren, um Daten zu sammeln. Anschließend können die Daten ausgelesen, visuell dargestellt und/oder ausgewertet werden. Die Daten, welche von Datenloggern ausgelesen werden, sind meist Druck, Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Spannung oder Stromstärke. [37]

Die gespeicherten (geloggten) Daten können zum Beispiel dazu verwendet werden,

- um die Temperatur und die Luftfeuchtigkeit in einem Gebäude zu überprüfen
- Information zur Gebäudewartung zur Verfügung zu stellen, dies betrifft das Heizen, die Belüftung, wie die Klimatisierung. Diese ständige Überprüfung der Daten kann den Energieverbrauch reduzieren
- die Wachs-Bedingungen von Pflanzen in der Landwirtschaft zu beobachten
- die Impfstoff-Lagerung in medizinischen Einrichtungen zu überwachen
- die Temperatur von Lebensmittel zu überprüfen

[37]

Logging bieten eine große Flexibilität und eignet sich sehr gut, um große Datenmengen zu erfassen und auszuwerten. [38]

4.4.1 Herkunft der Daten (Datenpunkte)

Um die Daten zu loggen, also abzuspeichern, werden diese aus sogenannten Datenpunkten ausgelesen. Diese werden angesprochen und aus ihnen kann dann der aktuelle Wert des Datenpunkts ausgelesen werden. Beispiele für Datenpunkte der Firma FlexSolution, die ausgelesen werden:

- Daten der Photovoltaik-Anlage am Dach
- die Temperatur in den Firmengebäuden
- Kompressor-Druck von Maschinen
- weitere Maschinendaten

4.4.2 Log4J

Log4J ist ein Framework, um Anwendungsmeldungen von Java zu loggen. Das Design von Log4J konzentriert sich vor allem darauf, schnell, flexibel und leicht verständlich zu sein. Da Logging eine Applikation verlangsamen kann, wird vor allem ein Wert auf die Schnelligkeit gelegt. [39]

Es ist ein populäres Logging-Package für Java. Logging liefert präzise Informationen über den Ablauf einer Applikation. [40]

Anwendungen, welche Log4j verwenden, fordern vom LogManager einen Logger mit einem bestimmten Namen an. Der LogManager sucht den entsprechenden LoggerContext und ruft dann dessen Logger ab. Wenn erst ein Logger erstellt werden muss, wird er mit der LoggerConfig verknüpft, die entweder a) den gleichen Namen wie der Logger, b) den Namen eines übergeordneten Pakets oder c) die Stamm-LoggerConfig enthält. LoggerConfig-Objekte werden aus Logger-Deklarationen in der Konfiguration erstellt. Die LoggerConfig ist mit den Appendern verbunden, welche die LogEvents tatsächlich liefern. 29 [40]

4.5 Threads

Thread steht als Abkürzung für Thread of Control, das bedeutet, der Thread ist unabhängig von anderen Threads innerhalb eines einzelnen Programms. Anders gesagt,

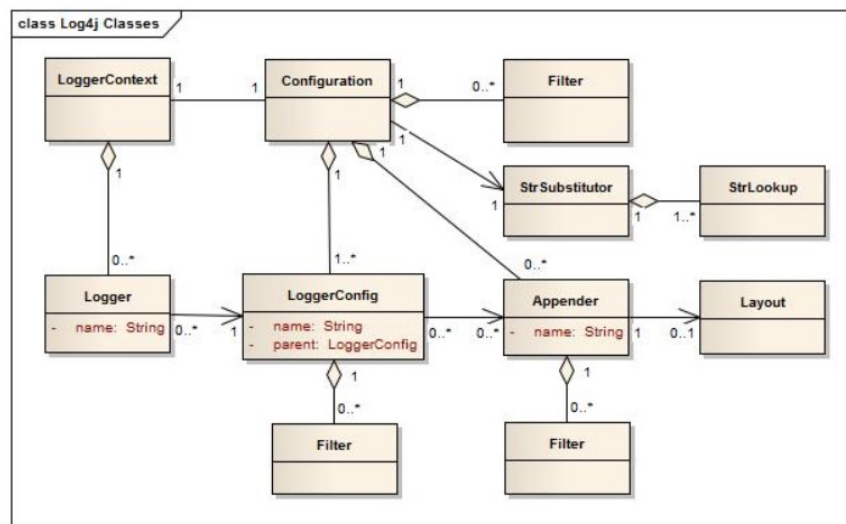


Abbildung 29: log4J Architektur [40]

ein Thread ist ein Teil eines Prozesses, er ist mit anderen Threads für die Abarbeitung eines Programms zuständig. [41]

4.5.1 Serialisierung - Nebenläufigkeit und Parallelität

Wenn in Java über Nebenläufigkeit gesprochen wird, sind dabei Threads gemeint. Sie sorgen für eine gleichzeitige Abarbeitung von Programmen bzw. der Ressourcen. Dies kann umgesetzt werden, indem die Hardware mehrere Prozessoren oder Kerne besitzt und somit parallel Prozesse abgearbeitet werden können. 30

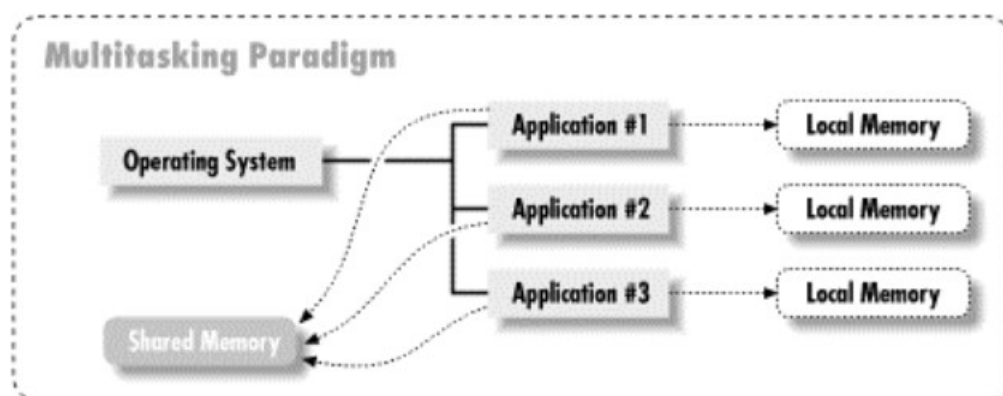


Abbildung 30: Java Thread Multitasking Umgebung [41]

Bei einem modernen Ein-Prozessor-Betriebssystem wirkt es auf den/die Nutzer/in oft, als würden die Prozesse parallel laufen, doch dies wird ihm/ihr nur vorgespielt, indem der Prozessor alle paar Sekunden auf einen anderen Prozess wechselt. Bei einem Betriebssystem mit mehreren Kernen werden die Prozesse parallel bearbeitet. [10]

Nebenläufigkeit von Programmen steigert Geschwindigkeit

Wie nebenläufige Abarbeitung die Performance bei einem Einprozessorsystem beschleunigt, kann an folgendem Beispiel-Programm betrachtet werden:

- Programm führt eine Reihe von Befehlen aus
- Programm soll Datenbank-Report erstellen/visualisieren
- Dabei können einige Prozesse nebenläufig abgearbeitet werden
- Diese Prozesse sind zum Beispiel: Öffnen der Datenbank, Lesen neuer Datensätze gleichzeitig mit dem Analysieren alter Daten, alte Daten können in eine Report-Datei geschrieben werden während neue Daten analysiert werden

Wenn diese Prozesse parallel ausgeführt werden, kann viel Zeit eingespart werden beziehungsweise die Performance sehr erhöht werden. Dieses Beispiel zeigt allerdings auch, dass Nebenläufigkeit gut geplant werden muss. [10]

4.5.2 Concurrency/Gleichzeitigkeit

Die Ausführung des Programmcodes wird bei einem modernen Betriebssystem von Prozessen, welche jeweils mindestens einen Thread beherbergen, ausgeführt. Das Interessante daran ist, dass nicht etwa die Prozesse nebenläufig ausgeführt werden, sondern die Threads. Dabei können die Threads auf den gleichen Adressraum zugreifen. [10]

Zustände eines Threads

Ein Thread kann zu einem gewissen Zeitpunkt einen der folgenden Zustände haben:

- Noch nicht erzeugt: Lebenslauf beginnt mit Schlüsselwort **new**
- Running (Laufend) und Not Running (Nicht laufend); Thread kommt in den Zustand Running, wenn die Methode `run()` aufgerufen wird. Wenn ein anderer Thread den Prozessor des aktuellen Threads übernimmt, kommt der Thread in den Zustand Not Running.
- Waiting (Wartend): Thread befindet sich in einem Wartezustand
- Beendet: Aktivität des Threads wurde beendet

[10]

4.5.3 Aufbau eines Threads

Ein wichtiger Bestandteil eines Threads ist das Runnable Interface. Dem Thread muss ein Befehlsobjekt des Typs Runnable übergeben werden ³⁵, damit er weiß, welcher Code ausgeführt werden soll. Wenn der Thread gestartet wird, werden die Codezeilen im Befehlsobjekt nebenläufig zum anderen Code in dem Programm ab. ^[10]

Listing 35: Java Runnable

```
1 interface java.lang.Runnable
```

Durch dieses Interface kann nun die run()-Methode verwendet werden. ³⁶

Listing 36: Einfaches Thread Beispiel

```
1 public class CommandThread implements Runnable {
2     @Override public void run() {
3         ...
4     }
5 }
```

Dieser Thread kann nun in einer anderen Klasse verwendet werden, indem er zum Beispiel gestartet (`thread.start()`) oder gestoppt (`thread.stop()`) wird. ³⁷

Listing 37: Thread erstellen/starten

```
1 Thread t1 = new Thread( new CommandThread() );
2 t1.start();
```

Zusätzlich ist es auch noch möglich, den Thread mit (`thread.sleep(ms)`) zu pausieren. ^[10]

4.5.4 BlockingQueue

Eine BlockingQueue hat im Regelfall einen Thread, welcher Objekte produziert und einen anderen, welcher die Objekte konsumiert. ³¹

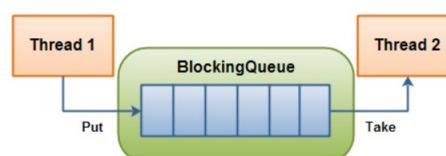


Abbildung 31: Blocking Queue ^[42]

Der produzierende Thread wird weiterhin Objekte produzieren und sie zur BlockingQueue hinzufügen, bis das Limit der Queue erreicht wird. Wenn dieses Limit erreicht

wird, wird der Producer-Thread blockiert, wenn er versucht, ein neues Objekt hinzuzufügen. Der Producer Thread bleibt dabei blockiert, bis ein Consumer Thread ein Objekt aus der Queue nimmt.

Auf der anderen Seite nimmt der Consumer Thread Objekte aus der Queue, um sie weiter zu verarbeiten. Wenn der Thread versucht, ein Objekt aus einer leeren Queue zu nehmen, wird er blockiert, bis der Producer-Thread ein Objekt in die Queue hinzufügt. [42]

BlockingQueue Methoden

Um die Blocking Queue mit Daten zu bespielen, gibt es spezielle Methoden: 6

put(o)	fügt Objekte in die BlockingQueue hinzu
take()	nimmt Objekte aus der BlockingQueue

Tabelle 6: Blocking Queue Methoden [42]

Wenn die Operation bei einer der Methoden erfolglos war, blockiert die Methode, bis die Operation erfolgreich war. [42]

Java Blocking Queue Beispiel

Das unten angeführte Beispiel verwendet eine ArrayBlockingQueue als Implementation.

Listing 38: Java BlockingQueue Beispiel

```

1  public class BlockingQueueClass {
2  public static void main(String[] args) throws Exception {
3      BlockingQueue blockingQueue = new ArrayBlockingQueue(2048);
4      Producer producer = new Producer(queue);
5      Consumer consumer = new Consumer(queue);
6      new Thread(producer).start();
7      new Thread(consumer).start();
8      Thread.sleep(4000);
9  }
10 #####
11
12 public class Producer implements Runnable{
13     protected BlockingQueue queue = null;
14     public Producer(BlockingQueue queue) {
15         this.queue = queue;
16     }
17     public void run() {
18         try {
19             queue.put("object1");
20             Thread.sleep(1000);
21             queue.put("2");
22         } catch (InterruptedException e) { e.printStackTrace();}
23     }}
24 #####
25 public class Consumer implements Runnable{
26     protected BlockingQueue queue = null;
27     public Consumer(BlockingQueue queue) {
28         this.queue = queue;

```

```
29         }
30         public void run() {
31             try {
32                 System.out.println(queue.take());
33                 System.out.println(queue.take());
34             } catch (InterruptedException e) { e.printStackTrace();}
35         }}
36     }
```

[42]

4.5.5 Service Executer

Der Service Executer hilft dabei, den eigentlichen arbeitenden Thread von dem Runnable zu trennen. Wenn ein Thread erzeugt wird, muss das Runnable-Objekt im Konstruktor übergeben werden. Dies kann zu Problemen führen, da das Thread-Objekt nicht vorher erstellt bzw. aufgebaut werden kann. Ein weiterer Grund, das Runnable und den Thread zu teilen, ist, dass ein Thread kein anderes Runnable bearbeiten kann, da dieses vorher schon zugewiesen wurde. [10]

4.6 Abspeicherung von Daten

Besonders wichtig, wenn große Datenmengen abgespeichert werden sollen, ist es, das richtige Datenformat auszuwählen. In diesem Abschnitt wird CSV, JSON, und eine herkömmliche Datenbank verglichen.

4.6.1 Vergleich Vor- und Nachteile JSON vs CSV vs Datenbank

Daten können intern oder extern generiert werden. Dabei gibt es verschiedene Möglichkeiten, die Daten passend abzuspeichern. Es ist wichtig, das richtige Format auszuwählen, da davon einige Faktoren abhängen, wie die Verarbeitungsgeschwindigkeit, die Speichergröße und andere. Außerdem kann das Format die Skalierbarkeit, die Kompatibilität, die Cloud-Speicherkosten und die Performance-Geschwindigkeit beeinflussen.

Konkrete Beispiele, warum bestimmte Dateiformate ausgewählt werden sollten, sind: Um Geld zu sparen, indem zu einem CSV-Dateiformat gewechselt wird, wenn große Datensets im Cloud-Speicher verarbeitet werden.

JSON ist eine bessere Wahl, wenn es darum geht, kleinere Datensets mit einer komplexen Hierarchie zu speichern. Im Allgemeinen bedeutet dies, dass das richtige Datenformat Geld und Zeit spart. [5] 7

Ein genauerer Vergleich			
Features	CSV	JSON	Datenbank
Speicheranforderung	sehr kompakt	benötigt mehr Platz	benötigt am meisten Platz
Verarbeitungs- geschwindigkeit Daten auslesen	sehr schnell	langsamer	langsamer
Besser für große oder komplexe Datensets	große Datensets	komplexe Datensets	Beides

Tabelle 7: Csv, Json und Datenbanken im genaueren Vergleich [5]

4.6.2 CSV

CSV ist ein Text-Dateiformat, mit der Besonderheit, dass die Werte durch Semikolons unterteilt werden. Dadurch eignet es sich für eine Speicherung von vielen Daten. Jede Reihe der CSV-Datei repräsentiert dabei eine Zeile von Daten, die Spalten werden von den Strichpunkten unterteilt. Das CSV-Format kann die Nutzung von Speicherplatz, sowie das Austauschen von Daten maximieren. Strukturierte CSV-Files können außerdem einen Header enthalten, welcher jede Spalte einordnet. CSV-Dateien können außerdem nicht nur durch Semikolons, sondern auch durch Kommas, Tabs und Abstände unterteilt werden. CSV wird am meisten in Entwicklungseinrichtungen und technischen Konsumenten-Anwendungen verwendet. Ein weiterer Vorteil von dem CSV-Dateiformat ist, dass es von den meisten Datenverarbeitungs-Softwares importiert, konvertiert und exportiert werden kann. Mithilfe dieser Softwares kann die CSV-Dateien auch serialisiert oder deserialisiert werden. CSV ist ein einfach aufgebautes Format und kann somit von fast jedem Datenanalysator ausgewertet werden. Als Nachteile von CSV kann aufgezählt werden, dass es im Rohformat schwer zu lesen ist, und es anfällig für menschliche Fehler ist. Der größte Nachteil gegenüber den anderen zwei Datenformaten sind auf jeden Fall die limitierten Möglichkeiten, die Daten komplex aufzubereiten. [5]

4.6.3 JSON

JSON ist im Vergleich zu CSV leichter verständlich für Menschen. Die Daten werden als semi-strukturiert angezeigt. JSON ist weit kompatibel und wird somit von vielen Software-Entwicklern verwendet, um configs und APIs zu designen. Da JSON von JavaScript entwickelt wurde, kann es einfach in eine Java-basierte Umgebung integriert werden. Somit wird JSON sehr oft für die Datenverarbeitung von Front- und Backend

verwendet. Mithilfe von JSON kann auf neue Daten zugegriffen werden. Gerade wenn es um rationales und hierarchisches Datenmanagement geht, eignet sich JSON, da es dies unterstützt wird. JSON-Dateien sind selbsterklärend und es ist für Systeme einfach möglich, eine JSON-Datei zu erkennen und zu verarbeiten. [5]

Listing 39: JSON Beispiel

```
1      {    "pupil": {  
2          "id":      "1"  
3          "name":    "Margaret"  
4      }  
5  }
```

4.6.4 Datenbanken

Eine Datenbank ist eine organisierte Sammlung von Daten, die elektronisch gespeichert und abgerufen werden. Genauerer zu Datenbanken in diesem Sachzusammenhang kann in Kapitel 2.5 gefunden werden.

5 Zusammenfassung

Literaturverzeichnis

- [1] „Webstorm Offizielle Seite.” Online verfügbar: <https://www.jetbrains.com/de-de/webstorm/>
- [2] „OneDrive.” Online verfügbar: <https://one.google.com/about>
- [3] „Visual Studio Code Offizielle Seite.” Online verfügbar: <https://code.visualstudio.com/docs>
- [4] „GitHub.” Online verfügbar: <https://github.com/features>
- [5] „CSV or JSON which format is better for your AI training data.” Online verfügbar: <https://www.analyticsinsight.net/csv-or-json-which-format-is-better-for-your-ai-training-data/>
- [6] M. Pilgrim, *Durchstarten mit HTML5*, 2011.
- [7] „TypeScript - JavaScript,” 2023. Online verfügbar: <https://www.typescriptlang.org/docs/handbook/typescript-from-scratch.html>
- [8] O. Zeigermann, *JavaScript für Java-Entwickler*, 2015.
- [9] „TypeScript Overview,” 2023. Online verfügbar: <https://www.typescriptlang.org/>
- [10] C. Ullenboom, *Java ist auch eine Insel - Einführung, Ausbildung, Praxis*, 2018.
- [11] „Database Performance Comparison.” Online verfügbar: <http://www.h2database.com/html/performance.html>
- [12] „SQLite Offizielle Seite,” 2022. Online verfügbar: <https://www.sqlite.org/index.html>
- [13] „PostgreSQL Offizielle Seite.” Online verfügbar: <https://www.postgresql.org/>
- [14] „Apache Derby Offizielle Seite,” 2022. Online verfügbar: <https://db.apache.org/derby/#What+is+Apache+Derby%3F>
- [15] „Angular Offizielle Seite,” 2023. Online verfügbar: <https://angular.io/>
- [16] C. Höller, *Angular - Das umfassende Handbuch*, 2019.
- [17] „Bootstrap Offizielle Seite.” Online verfügbar: <https://getbootstrap.com/>
- [18] „CanvasJS Offizielle Seite.” Online verfügbar: <https://canvasjs.com/>
- [19] „Quarkus Offizielle Seite.” Online verfügbar: <https://quarkus.io>
- [20] F. Marchioni, *Hands-On Cloud-Native Applications with Java and Quarkus*, 2019. Online verfügbar: https://books.google.at/books?hl=de&lr=&id=AH_EDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=quarkus&ots=ZJfLHasMm9&sig=K7__BsdmoksvoLfJSrqqGOPac1Y&redir_esc=y#v=onepage&q=quarkus&f=false

- [21] S. Schlothauer, „Micronout/Quarkus Benchmark.” Online verfügbar: SarahSchlothauer
- [22] G. Rocher, „Micronaut vs Quarkus vs Spring Boot,” 2020. Online verfügbar: GraemeRocher
- [23] „Quarkus Rest JSON.” Online verfügbar: <https://quarkus.io/guides/rest-json>
- [24] „Quarkus Hibernate ORM.” Online verfügbar: <https://quarkus.io/guides/hibernate-orm>
- [25] A. Beaulieu, *Einführung in SQL- Daten erzeugen, bearbeiten und abfragen*, 2021.
- [26] T. Stütz, „Grundlagen Oracle - PL/SQL,” 2003.
- [27] M. Mertens, „Wie ist eine MAC Adresse aufgebaut?” Online verfügbar: <https://www.placetel.de/ratgeber/mac-adresse>
- [28] „What is a Private IP Address?” Online verfügbar: <https://whatismyipaddress.com/private-ip>
- [29] F. Becher und J. Steitz, „ISO/OSI-Referenzmodell,” S. 10–15, 1 2007. Online verfügbar: https://lernarchiv.bildung.hessen.de/sek/informatik/technisch/rechnernetz/allgemein/OSI_Ausarbeitung.pdf
- [30] B. Grossmann, „ISO/OSI Schichtenmodell,” 2 2022. Online verfügbar: <https://tech-tip.de/iso-osi-schichtenmodell/>
- [31] K. GmbH., „Modbus RTU Grundlagen.” Online verfügbar: <https://www.kunbus.de/modbus-rtu-grundlagen>
- [32] —, „Modbus.” Online verfügbar: <https://www.kunbus.de/modbus>
- [33] „MODBUS over Serial Line Specification and Implementation Guide,” 12 2006. Online verfügbar: https://modbus.org/docs/Modbus_over_serial_line_V1_02.pdf
- [34] „Modbus – Wikipedia.” Online verfügbar: <https://de.wikipedia.org/wiki/Modbus>
- [35] O. Weis, „RS232 und RS485 Unterschiede | Serielle Protokolle im Vergleich,” 10 2020. Online verfügbar: <https://www.virtual-serial-port.org/de/article/what-is-serial-port/rs232-vs-rs485.html#RS232>
- [36] „Modbus Illustration.” Online verfügbar: <https://www.janitza.de/files/topics/wissen/Wissensdatenbank-Technischer-Anhang-Bilder/RS485-Schnittstelle-11.png>
- [37] „Data-logging,” 2023. Online verfügbar: <https://www.omega.com/en-us/resources/data-loggers>
- [38] J. Freiknecht und S. Papp, *Big Data in der Praxis - Lösungen mit Hadoop, Spark, HBase und Hive. Daten speichern, aufbereiten, visualisieren. 2. erweiterte Auflage*, 2018.
- [39] C. Gülcü, *The Complete Log4j Manual*, 2003. Online verfügbar: https://books.google.at/books?hl=de&lr=&id=hZBimlxiyAcC&oi=fnd&pg=PA9&dq=log4j&ots=QiOna081Z6&sig=9h3lwPqN-rm07kAHln-tLSUfgJY&redir_esc=y#v=onepage&q=log4j&f=false

- [40] „Log4j Offizielle Seite,” 2023. Online verfügbar: <https://logging.apache.org/log4j/2.x/>
- [41] S. Oaks und H. Wong, *Java Threads, 2nd Edition*, 1999. Online verfügbar: [http://box.cs.istu.ru/public/docs/other/_New/Books/Lang/Java/Java%20Threads,%202Ed%20\(O'Reilly\).pdf](http://box.cs.istu.ru/public/docs/other/_New/Books/Lang/Java/Java%20Threads,%202Ed%20(O'Reilly).pdf)
- [42] J. Jenkov, „Java Blocking Queue,” 2021. Online verfügbar: <https://jenkov.com/tutorials/java-util-concurrent/blockingqueue.html#java-blockingqueue-tutorial-video>

Abbildungsverzeichnis

1	Erste Planung auf einem Whiteboard	1
2	So sieht der Maven-Tap in IntelliJ aus	5
3	Ansicht von einem IntelliJ Projekt	5
4	WebStorm	6
5	Ansicht Visual Studio Code	8
6	Beispiel eines GitHub Repo	9
7	Quarkus Architektur [20]	21
8	Quarkus Benchmark Test [22]	22
9	So sieht die Twincat Übersicht aus	26
10	Abschnitt der Wallboxen in Twincat	27
11	Aufbau eines Raspberry Pis	28
12	Darstellung des Aufbaues	30
13	Übersicht über die fünf Wallboxen auf der HMI:	39
14	Detailansicht der Oberfläche für die Einzelnen Wallboxen	40
15	Darstellung des Aufbaues	42
16	Das 7 Schichten OSI/ISO Modell	51
17	Aufbau eines Modbus-Netzwerkes	55
18	Overview von QModMaster	56
19	Einstellungen für Modbus RTU	57
20	Einstellungen für Modbus RTU	58
21	Einstellungen für Modbus RTU	59
22	Aufbau des Flexloggers visuell dargestellt	63
23	Formular Button	73
24	Formular Zeitraum	74
25	CSV-Datei Beispiel Ausgabe	74
26	Webseite Fehlermeldung	74
27	Website Hauptseitenansicht	75
28	Website Diagrammansicht	75
29	log4J Architektur [40]	83
30	Java Thread Multitasking Umgebung [41]	83
31	Blocking Queue [42]	85

Tabellenverzeichnis

1	Grundlagen SQL [26]	24
2	SQL-Select-Statements [25]	25
3	Die verschiedenen Functions von Modbus	53
4	Der Aufbau eines Modbus RTU Paketes	54
5	Der Aufbau eines Modbus TCP Paketes	54
6	Blocking Queue Methoden [42]	86
7	Csv, Json und Datenbanken im genaueren Vergleich [5]	88

Quellcodeverzeichnis

1	Hello World	10
2	CSS Einbettung	12
3	HTML mit eingebettetem JavaScript	12
4	TypeScript automatische Zuweisung	13
5	Beispiel für eine minimierte Angular Komponente	17
6	Beispiel für einen GET-Request	17
7	Beispiel für FormGroup eines Angular Formulars	18
8	Beispiel für ein reaktives Formular	18
9	CanvasJS HTML	19
10	CanvasJS chartOptiones	19
11	Quarkus POST-Request	23
12	JDBC Dependency	24
13	CREATE table	24
14	INSERT INTO table	24
15	SQL-String	25
16	SQL-Statement ausführen	26
17	Example Element	38
18	Erweiterung einer Java-Klasse mit einem 'Flextask'	42
19	Aufruf eines neuen Objektes der Klasse FlexTaskModbusWallbox	43
20	Log4J File	43
21	SQL Example	46
22	Alengen eines Datenpunktes	46
23	Example datapoint usage	47
24	Example multible datapoint usage	47
25	Eintrag in die datapoint_map Tabelle	48
26	Dependency in Pom.xml	58
27	TimerTask	65
28	LogEntry in BlockingQueue hinzufügen	67
29	Datenpunkte des jeweiligen Geräts iterieren	67
30	Daten aus BlockingQueue herausnehmen	68
31	Connect to SQL Database	70
32	LogEntrySet zu CSV umwandeln	71
33	CSV-File herunterladen	72
34	CSV-File generieren	77
35	Java Runnable	85
36	Einfaches Thread Beispiel	85
37	Thread erstellen/starten	85
38	Java BlockingQueue Beispiel	86
39	JSON Beispiel	89

Anhang