

## Bachelorarbeit

Entwurf und Implementierung einer  
hochperformanten, serverbasierten  
Kommunikationsplattform für Sensordaten  
im Umfeld des automatisierten Fahrens in Rust

**Michael Watzko**

Sommersemester 2018  
14.02.2018 - 22.06.2018

Erstprüfer: Prof. Dr. rer. nat. Dipl.-Inform. Manfred Dausmann  
Zweitprüfer: ... Hannes Todenhagen



Firma: IT Designers GmbH  
Betreuer: Dipl. Ing. (FH) Kevin Erath M.Sc.

# Sperrvermerk

U SHALL NOT PASS

# Ehrenwörtliche Erklärung

Hiermit versichere ich, die vorliegende Arbeit selbstständig und unter ausschließlicher Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel erstellt zu haben.

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

Esslingen, den 16. Februar 2018

\_\_\_\_\_  
Michael Watzko

# Danksagungen

*„Alle Zitate aus dem Internet sind wahr!“*

Albert Einstein

*„Rust is a vampire language, it does not reflect at all!“*

<https://www.youtube.com/watch?v=-Tj8Q12DaEQ>

# Inhaltsverzeichnis

|          |   |          |
|----------|---|----------|
| <b>1</b> | <b>Einleitung</b>   | <b>1</b> |
| 1.1      | Motivation . . . . .  | 1        |
| 1.2      | Projektkontext . . . . .  | 1        |
| 1.3      | Zielsetzung . . . . .   | 1        |
| 1.4      | Aufbau der Arbeit . . . . .                                       | 1        |
| <b>2</b> | <b>Die Programmiersprache Rust</b>                                | <b>3</b> |
| 2.1      | Geschichte . . . . .  | 3        |
| 2.2      | type safety language . . . . .                                    | 4        |
| 2.3      | no undefined behavior, oreilly . . . . .                          | 4        |
| 2.4      | Zero Cost Abstraction . . . . .                                   | 4        |
| 2.5      | Was ist Rust? . . . . .   | 4        |
| 2.6      | nichts wird dem Zufall überlassen . . . . .                       | 4        |
| 2.7      | Sprachfeatures . . . . .  | 4        |
| 2.7.1    | Option . . . . .  | 4        |
| 2.7.2    | Result . . . . .  | 4        |
| 2.8      | Warum Rust? . . . . .   | 4        |
| 2.9      | Kernfeatures . . . . .  | 5        |
| 2.10     | Schwächen . . . . .   | 5        |
| 2.11     | Performance Fallstricke . . . . .                                 | 6        |
| 2.12     | Beispiele von Verwendung von Rust . . . . .                       | 6        |
| <b>3</b> | <b>Stand der Technik (c++ Version)</b>                            | <b>7</b> |
| 3.1      | Hochperformant -> parallel? . . . . .                             | 7        |
| 3.2      | Serverbasierte Kommunikationsplattform . . . . .                  | 7        |
| 3.3      | Low-Latency + Entwurfsmuster + Patterns? + Algorithmen? . . . . . | 7        |
| 3.4      | ASN.1 . . . . .   | 7        |
| 3.5      | PER . . . . .   | 7        |
| 3.6      | MEC-View Server und Umgebung . . . . .                            | 7        |
| <b>4</b> | <b>Anforderungen</b>  | <b>8</b> |
| 4.1      | Funktionale Anforderungen . . . . .                               | 8        |
| 4.2      | Nichtfunktionale Anforderungen . . . . .                          | 8        |
| 4.3      | Kein Protobuf weil . . . . .                                      | 8        |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>5 Systemanalyse</b>                      | <b>9</b>  |
| 5.1 Systemkontextdiagramm . . . . .         | 9         |
| 5.2 Schnittstellenanalyse . . . . .         | 9         |
| 5.3 C++ Referenzsystem . . . . .            | 9         |
| <b>6 Systementwurf</b>                      | <b>10</b> |
| 6.1 Änderungen bedingt durch Rust . . . . . | 10        |
| <b>7 Implementierung</b>                    | <b>11</b> |
| <b>8 Auswertung</b>                         | <b>12</b> |
| <b>9 Zusammenfassung und Fazit</b>          | <b>I</b>  |
| Literatur . . . . .                         | II        |
| <b>Literatur</b>                            | <b>II</b> |
| List of abbreviations . . . . .             | III       |

# 1 Einleitung

## 1.1 Motivation

Der Begriff „autonomes Fahren“ hat spätestens seit den Tesla Autos einen allgemeinen Bekanntheitsgrad erreicht. Um ein Auto selbstständig fahren lassen zu können, müssen erst viele Hürden gemeistert werden, u.a. die Spur halten bei fehlenden Fahrspurmarkierungen, interpretieren von Stoppschildern und komplexen Kreuzungen. **TODO: ref [tesla.com](https://tesla.com)?**

Bevor das Auto Entscheidungen treffen kann, muss es zuallererst ein Modell seines Umfelds erstellen oder zur Verfügung gestellt bekommen. Aber vielleicht kann ein Auto nicht immer selbstständig genügend Informationen zu seinem Umfeld sammeln? **TODO: (huhuhu Server implied huhuhu) TODO: fix 404**

## 1.2 Projektkontext

**TODO: [mec-view.de](https://mec-view.de)**

## 1.3 Zielsetzung

Das Ziel ist es, eine alternative Implementierung des MEC-View Servers in Rust zu schaffen. Durch die Garantien **TODO: ref** von Rust wird erhofft, dass der menschliche Faktor als Fehlerquelle gemindert wird und somit eine fehlertolerantere und sicherere Implementation geschaffen wird. **TODO: möglichst Beibehalt der Architektur?**

## 1.4 Aufbau der Arbeit

Diese Arbeit ist im wesentlichen in die folgenden Themengebiete aufgeteilt: Grundlagen, Anforderungs- und Systemanalyse, Systementwurf und Implementation und Auswertung.



Im Themengebiet Grundlagen sollen wesentliche Bestandteile dieser Arbeit erläutert und erklärt werden. Hierzu zählt zum einen die Programmiersprache Rust in ihrer Entstehungsgeschichte **TODO: ref**, Garantien **TODO: ref** und Sprachfeatures **TODO: ref**, zum anderen die hochperformante, serverbasierte Kommunikationsplattform mit ihren Protokollen **TODO: ref** und dem Systemkontext in dem diese betrieben wird.

In der Anforderungs- und Systemanalyse wird der Kontext in dem das System betrieben werden soll genauer betrachtet. Umzusetzende funktionale und nicht-funktionale Anforderungen werden aufgestellt sowie eine Übersicht von Systemen mit denen interagiert wird.

Das Themengebiet Systementwurf und Implementation befasst sich mit dem theoretischen und praktischen Lösen der im vorherigen Kapitel aufgestellten Anforderungen. Aufgrund der Tatsache, dass es sich hierbei um eine alternative Implementation handelt, wird zur bestehenden C++ Implementation Bezug genommen. Auf architektonische Unterschiede im Systementwurf, die sich aufgrund von Sprach- und Bibliotheksunterschiede, werden hier genauer beschrieben.

Zuletzt wird eine Auswertung der Implementation aufgezeigt. **TODO: michael.write\_more();**

## 2 Die Programmiersprache Rust

Rust ist eine Programmiersprache, die versucht performant – und daher durch Abstraktionen mit keinem zusätzlichen „Kosten“ **TODO: ref zero cost abstractions** – sichere Programmierung zu ermöglichen. Ziel ist eine **TODO: Systemprogrammiersprache**, die sowohl sicher **TODO: cite chapter** als auch performant ist und ohne eine Laufzeit ausgeführt werden kann. Verschiedene Fehlerquellen – wie „dangling pointers“, „double free“ oder „memory leaks“ **TODO: ref** – werden durch Abstraktionen und mit Hilfe des Compilers verhindert. Anders als Programmiersprachen, die dies mit Hilfe einer Laufzeit ermöglichen (zbsp. Java oder C#), wird dies in Rust durch eine statische Analyse und einem Eigentümerprinzip bei der Kompilation gewährleistet.

### 2.1 Geschichte

In 2006 [10] begann Graydon Hoare die Programmiersprache Rust in seiner Freizeit als Hobbyprojekt zu entwickeln. Als Grund nannte er seine Unzufriedenheit mit der Programmiersprache C++, in der es sehr schwierig sei, fehlerfreien, speichersicheren und nebenläufigen Code zu schreiben. Zudem beschrieb er C++ als „ziemlich fehlerträchtig“. [9]

**TODO: hobbyprojekt, mozilla, open-source, Entwicklung auf GitHub - jeder kann sich beteiligen, test(coverage), automatisierte builds, stable/beta/nightly**

## 2.2 type safety language

## 2.3 no undefined behavior, oreilly

## 2.4 Zero Cost Abstraction

## 2.5 Was ist Rust?

## 2.6 nichts wird dem Zufall überlassen

TODO: no undefined behavior  
TODO: official format/naming convention

TODO: functional programming -> no global state, no exceptions, find literature

Rust ist...

TODO: Rust -> MIR -> assembler

TODO: MIR/assemblerbeispiele?

[5]

```
1 fn main() {  
2     println!("Hello World");  
3 }
```

Abbildung 2.1: „Hello World“ in Rust

## 2.7 Sprachfeatures

### 2.7.1 Option

### 2.7.2 Result

## 2.8 Warum Rust?

*„[...] Leute, die [...] sichere Programmierung haben wollen, [...] können das bei Rust haben, ohne die [von D] undeterministischen Laufzeiten oder Abstraktionskosten schlucken zu müssen.“ [6]*

*„It’s not bad programmers, it’s that C is a hostile language“ (Seite 54, [8])*

*„I’m thinking that C is actively hostile to writing and maintaining reliable code“ (Seite 129, [8])*

*„[...] Rust makes it safe, and provides nice tools“ (Seite 130, [8])*

„Rust hilft beim Fehlervermeiden“ [4]

„Rust is [...] a language that cares about very tight control“ [3]

TODO: unused only rust [1]

## 2.9 Kernfeatures

<https://www.youtube.com/watch?v=d1uraoHM8Gg>

TODO: no dangling pointers

TODO: no need for a runtime, all static analytics

TODO: memory safety

TODO: data-race freedom

TODO: active community

TODO: concurrency: no undefined behavior

TODO: ffi binding [Foreign Function Interface](#)<sup>1</sup>

TODO: zero cost abstraction

TODO: package manager: cargo

<https://www.youtube.com/watch?v=-Tj8Q12DaEQ>

TODO: static type system with local type inference

TODO: explicit notion of mutability

TODO: zero-cost abstraction \*(do not introduce new cost through implementation of abstraction)

TODO: errors are values not exceptions TODO: no null

TODO: static automatic memory management no garbage collection

TODO: often compared to GO and D ( 44min)

## 2.10 Schwächen

<https://www.youtube.com/watch?v=-Tj8Q12DaEQ>

TODO: compile-times

TODO: Rust is a vampire language, it does not reflect at all!

TODO: depending on the field -> majority of libraries?

---

<sup>1</sup> Beschreibt den Mechanismus wie ein Programm das in einer Programmiersprache geschrieben ist, Funktionen aufrufen kann, die einer anderen Programmiersprache geschrieben wurden. [2]

## 2.11 Performance Fallstricke

TODO: [7]

## 2.12 Beispiele von Verwendung von Rust

TODO: firefox

<https://www.youtube.com/watch?v=-Tj8Q12DaEQ>

TODO: GTK binding heavily to rust

## 3 Stand der Technik (c++ Version)

3.1 Hochperformant -> parallel?

3.2 Serverbasierte Kommunikationsplattform

3.3 Low-Latency + Entwurfsmuster + Patterns? + Algorithmen?

3.4 ASN.1

3.5 PER

3.6 MEC-View Server und Umgebung

## 4 Anforderungen

### 4.1 Funktionale Anforderungen

### 4.2 Nichtfunktionale Anforderungen

### 4.3 Kein Protobuf weil

# 5 Systemanalyse

## 5.1 Systemkontextdiagramm

## 5.2 Schnittstellenanalyse

## 5.3 C++ Referenzsystem



# 6 Systementwurf

## 6.1 Änderungen bedingt durch Rust

# 7 Implementierung

## 8 Auswertung

## 9 Zusammenfassung und Fazit

# Literatur

- [1] Jim Blandy. Why Rust? Trustworthy, Concurrent System Programming. Englisch. 2015. URL: <http://www.oreilly.com/programming/free/files/why-rust.pdf> (besucht am 01.06.2017).
- [2] Wikipedia contributors. Foreign function interface — Wikipedia, The Free Encyclopedia. [Online; accessed 14-February-2018]. 2018. URL: [https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Foreign\\_function\\_interface&oldid=825105351](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Foreign_function_interface&oldid=825105351).
- [3] fgilcher. Subreddit Rust. fgilcher kommentiert. Englisch. 3. Nov. 2017. URL: [https://www.reddit.com/r/rust/comments/7amv58/just\\_started\\_learning\\_rust\\_and\\_was\\_wondering\\_does/dpb9qew/](https://www.reddit.com/r/rust/comments/7amv58/just_started_learning_rust_and_was_wondering_does/dpb9qew/) (besucht am 14.02.2018).
- [4] Sebastian Grüner. „C ist eine feindselige Sprache“. Der Mitbegründer des Gnome-Projekts Federico Mena Quintero. Deutsch. 22. Juni 2017. URL: <https://www.golem.de/news/rust-c-ist-eine-feindselige-sprache-1707-129196.html> (besucht am 14.02.2018).
- [5] Jason Orendorff Jim Blandy. Programming Rust. Fast, Safe Systems Development. O'Reilly Media, Dez. 2017. ISBN: 1491927283.
- [6] Felix von Leitner. Fefes Blog. D soll Teil von gcc werden. Deutsch. 22. Juni 2017. URL: <https://blog.fefe.de/?ts=a7b51cac> (besucht am 14.02.2018).
- [7] Llogiq. Llogiq on stuff. Rust Performance Pitfalls. Englisch. URL: <https://llogiq.github.io/2017/06/01/perf-pitfalls.html> (besucht am 14.02.2018).
- [8] Federico Mena Quintero. Replacing C library code with Rust. What I learned with libsvg. Englisch. URL: <https://people.gnome.org/~federico/blog/docs/fmq-porting-c-to-rust.pdf> (besucht am 14.02.2018).
- [9] Julia Schmidt. Graydon Hoare im Interview zur Programmiersprache Rust. Deutsch. 12. Juli 2013. URL: <https://www.heise.de/-1916345> (besucht am 16.02.2018).
- [10] The Rust Programming Language. Frequently Asked Questions. Englisch. URL: <https://www.rust-lang.org/en-US/faq.html> (besucht am 16.02.2018).

# Glossar

**Foreign Function Interface** Beschreibt den Mechanismus wie ein Programm das in einer Programmiersprache geschrieben ist, Funktionen aufrufen kann, die einer einer anderen Programmiersprache geschrieben wurden. [\[2\]](#) . [5](#)

# Abbildungsverzeichnis

|                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| 2.1 „Hello World“ in Rust . . . . . | 4 |
|-------------------------------------|---|