

Bachelorarbeit
Informatik-Ingenieurwesen

Reverse Engineering eines Kaffeevollautomaten

von
Niklas Joachim Eberhard Krüger

Februar 2019

Betreut von
Florian Meyer
Institut für Telematik, Technische Universität Hamburg

Erstprüfer | **Prof. Dr. Volker Turau**
Institut für Telematik
Technische Universität Hamburg

Zweitprüfer | **Florian Meyer**
Institut für Telematik
Technische Universität Hamburg

Eidesstattliche Erklärung

Ich, NIKLAS JOACHIM EBERHARD KRÜGER (Student im Studiengang Informatik-Ingenieurwesen an der Technischen Universität Hamburg, Matr.-Nr. 21491319), versichere an Eides statt, dass ich die vorliegende Bachelorarbeit selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel verwendet habe. Die Arbeit wurde in dieser oder ähnlicher Form noch keiner Prüfungskommission vorgelegt.

Hamburg, 22. Februar 2019

Niklas Joachim Eberhard Krüger

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	iii
1 Einführung	1
1.1 Motivation	1
1.2 Aufgabenstellung	1
2 Grundlagen	3
2.1 Begrifflichkeiten	3
2.2 Stand der Technik	5
3 Hardware und Software	7
3.1 Der Kaffeevollautomat	7
3.1.1 Aufbau und Verkabelung	7
3.1.2 Serielle Kommunikation	8
3.1.3 Kommandos	9
3.2 Libraries und Frameworks	11
3.2.1 Serielle Kommunikation	11
3.2.2 Speicher- und Austauschformat	11
3.2.3 Webseite	12
4 Methodik und Implementierung	15
4.1 Vorgehen	15
4.1.1 Veränderungen zur Bestimmung der Speicherstellen	16
4.1.2 EEPROM gezielt beschreiben	18
4.2 Das C++ Programm „/JuraCoffeeMemory“	18
4.2.1 Makefile	18
4.2.2 Interaktives Menü	19
4.2.3 Die API nach außen	19
4.2.4 Zugrunde liegende Klassenstruktur	22
4.2.5	22
4.3 Weitere kleine Tools	22
4.3.1 Formatieren eines Speicherauszugs	22
4.3.2 Display	22
4.4 Die Webseite	23
4.4.1 Die technische Umsetzung	24
5 Ergebnisse	27
5.1 EEPROM	27
5.1.1 Kaffeezubereitung	27
5.1.2 Kaffee Einstellungen	29
5.1.3 (Tee-) Wasser- und Dampfportionen	30

INHALTSVERZEICHNIS

5.1.4	Weitere Maschinen Einstellungen	30
5.1.5	Filter	31
5.1.6	Spülung	31
5.1.7	Reinigung	31
5.2	RAM	32
5.2.1	Maschine an	32
5.2.2	Schale fehlt	32
5.2.3	Schale leeren	35
5.2.4	Trester leeren	35
5.2.5	Wasser füllen	35
5.2.6	Gerät reinigen	35
5.2.7	Maschine spült	35
5.2.8	Maschine vor dem Ausschalten spülen	35
5.2.9	Tassenbeleuchtung	36
5.2.10	Filter wechseln	36
5.2.11	Hahn offen & Teeportion	36
5.2.12	Dampfbezug & Wasserdampfportion	36
5.2.13	Pulver füllen	36
5.2.14	Bohnen füllen	37
5.2.15	Zubereitung	37
5.2.16	Geteilte Bits	37
5.2.17	Deutung und Zähler	38
5.3	Alleinstellungsmerkmal für die API und die Webseite	38
5.3.1	Display	38
6	Diskussion und Ausblick	43
6.1	Probleme	43
6.1.1	Kommunikation mit der Kaffeemaschine	43
6.1.2	Serielle Kommunikation	43
6.1.3	Unbekannte Speicherorte	44
6.2	Aussagekraft der Ergebnisse	44
6.3	Einordnung zur Terminologie des Reverse Engineerings	45
6.4	Zusammenfassung	46
6.5	Ausblick	46
Literaturverzeichnis		47
A Inhalt der CD		49

Abkürzungsverzeichnis

EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory	1
RAM	Ramdom-Access Memory	1
MCU	Microcontroller Unit	5
SPI	Serial Peripheral Interface	5
UART	Universal Asynchronous Receiver Transmitter	5
ASCII	American Standard Code for Information Interchange	8
IDE	Integrated Development Environment	9
API	Programmierschnittstelle (engl. Application Programming Interface).....	11
POSIX	Portable Operating System Interface	11
JSON	JavaScript Object Notation.....	11
HTML	Hypertext Markup Language.....	12
CSS	Cascading Style Sheets.....	12
JS	JavaScript.....	12
AJAX	Asynchronous JavaScript and XML	
CDN	Content Delivery Network	

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

Einführung

!!!ToDo!!! Einleitungssätze.

1.1 Motivation

Heutige Geräte versprechen viel Komfort und eine einfache Handhabung. Über das Internet werden die Geräte zunehmend vernetzt und smart. Diese Arbeit befasst sich mit einer Kaffeemaschine und in erster Linie mit ihrem Speicher. Dieser merkt sich nicht nur Betriebszustände, sondern auch Einstellungen, Zählstände und evtl. vieles mehr. Diese Informationen können nicht nur gelesen, sondern zum Teil auch verändert werden. Moderne Funktionen stecken ohne eine entsprechende graphische Schnittstelle aber bereits in älteren Maschinen, unter der Voraussetzung über das entsprechende Wissen zu verfügen.

!!!ToDo!!! Deutlich mehr ausholen: Was ist IoT? Warum braucht man das? Warum ist das relevant für diese Arbeit? Und dann zur Aufgabenstellung überleiten.

1.2 Aufgabenstellung

Anhand eines *Jura Impressa S9 Kaffeevollautomaten* soll der Speicher untersucht werden. Welches Wort / Byte / Bit speichert welche Information? Welche Bedeutung haben diese auf den Betrieb? Hierfür sollen Skripte erstellt werden und der Speicher systematisch untersucht werden.

Wenn die Denkweise der Kaffeemaschine bekannt ist, sollen Werte im Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory (**EEPROM**) abgefragt, aber auch gezielt verändert werden, sowie Statusinformationen aus dem Random-Access Memory (**RAM**) ausgelesen werden. Die erhaltenen Rohinformationen werden nach den gewonnenen Erkenntnissen aufbereitet und stehen so für weitere Projekte zur Verfügung.

1 EINFÜHRUNG

Als kleine Demonstrationen entsteht am Ende ein Programm, welches Profile anlegen kann, sodass jeder Nutzer auf Knopfdruck einen Kaffee nach seinen Lieblings Präferenzen zubereitet bekommt.

!!!ToDo!!! Aufbau der Arbeit beschreiben: In Kapitel 2 werden grundlegende Begriffe erklärt und ein Einblick in den Stand der Technik gegeben...

Grundlagen

Dieses Kapitel differenziert den Begriff des *Reverse Engineering* und zeigt weitere Arbeiten zu Kaffee Maschinen sowie intelligenten Geräten auf.

2.1 Begrifflichkeiten

Der Titel dieser Arbeit lautet Reverse Engineering eines Kaffeevollautomaten, aber hinter der Terminologie des Begriffs *Reverse Engineering* steckt ein ganzes Spektrum an Bedeutungen. E. J. Chikofsky und J. H. Cross differenzieren in ihrem Paper [CC90] die Begriffe *Forward Engineering*, *Reverse Engineering*, *Redocumentation*, *Design Recovery*, *Restructuring*, und *Reengineering*.

Zugrunde liegt ein Produkt, welches während seiner Entwicklung mehrere Lebenszyklen durchlaufen hat. Kassem A. Saleh beschreibt in seinem Buch [Sal09] ausführlicher Entwicklungsaktivitäten, wie die Anforderungsanalyse, das Design, die Implementation, die Tests, die Installation und den Einsatz. Während der Implementation nennt er Vorgehensmodelle der Softwareentwicklung, wie das Wasserfallmodell, den Prototypenbau, das Spiralmodell, den Objektorientierten Ansatz, das inkrementelle und iterative Modell, sowie das agile Modell. Jede (Hardware- und) Softwareentwicklung durchläuft dabei, unabhängig vom Modell, die verschiedenen Entwicklungsaktivitäten. Das voranschreiten zur nächsten Stufe, bis zur Fertigstellung des Produkts, stellt das *Forward Engineering* dar.

Der zweite Begriff des *Reverse Engineering* führt in die Gegenrichtung. Aus dem implementierten Produkt wird auf das Design, bzw. aus dem Design auf die Spezifikationen geschlossen. Dabei werden zum einen die Komponenten und ihr Zusammenspiel identifiziert, zum anderen wird aber immer eine höhere Abstraktionsebene, eine vorherige Stufe, rekonstruiert. Ein wichtiges Zitat, welches in Abschnitt 6.3 aufgegriffen wird, lautet: „Reverse engineering in and of itself does not involve changing the subject system or creating a new system based on the reverse-engineered subject system. It is a process of examination, not a process of change or replication.“[CC90]

2 GRUNDLAGEN

Redocumentation arbeitet auf einer Ebene und bringt primär eine andere Darstellung. Das Paper nennt „dataflow“, „data structure“ und „control flow“ als Beispiele, die über Werkzeuge wie Diagramm Generatoren, Syntaxhervorhebung und Querverweis Generatoren erzeugt werden können. Das Kernziel sei es die Zusammenhänge und Ablaufpfade hervorzuheben.

Breiter angelegt ist das *Design Recovery*, das für die Designwiederherstellung externe Informationen, Schlussfolgerungen, und Unschärfelogik mit einbezieht, um sinnvolle Abstraktionen auf höherer Ebene zu identifizieren, welche nicht aus dem System selbst hätten gewonnen werden können.

Restructuring umfasst das Nachbauen einer Darstellung innerhalb einer Ebene. Funktionalität und Semantik bleiben erhalten, während die Darstellung umgestaltet wird. Als Beispiel wird die Umstellung von unstrukturiertem Spaghetti Code zu strukturiertem „goto“ freien Code genannt. Der Begriff umfasst aber auch Datenmodelle, Entwurfsmuster und Anforderungsstrukturen. Dabei genügt das Wissen über die Struktur, ohne die Bedeutung dahinter zu verstehen, beispielsweise können „if“ und „case“ Ausdrücke ineinander überführt werden, ohne zu verstehen wann welcher Fall eintritt. Normalerweise werden daher ohne Anpassung der Spezifikation keine Veränderungen vorgenommen. *Restructuring* ist oft eine Form der präventiven Instandhaltung.

Zuletzt wird der Begriff *Reengineering* oder auch „Renovation and Reclamation“ als nachträgliche, neu erstellte Form beschrieben. Dafür geht *Reverse Engineering* zum abstrakten Verständnis dem *Forward Engineering* oder *Restructuring* voraus. Beim *Reengineering* sind Anpassung der Spezifikation und Veränderungen durchaus möglich. Ähnlich zum *Restructuring* verändert das *Reengineering* die unterliegende Struktur ohne die Funktionalität zu beeinträchtigen. Jedoch passiert es selten, dass beim *Reengineering* keine weiteren Funktionalitäten hinzugefügt werden. Damit ist der Begriff *Reengineering* allgemeiner gefasst als das *Restructuring*. Aber *Reengineering* ist kein Überbegriff für *Reverse Engineering* und *Forward Engineering*, nur weil es beides beinhaltet. Beide Disziplinen entwickeln sich unabhängig vom *Reengineering* weiter.

Auch K. A. Ingle [Ing94] grenzt das Reverse Engineering von anderen Konzepten ab. Das *Reengineering* wird, im Gegensatz zu dem *Reverse Engineering*, beschrieben als Neustrukturierung des Programmcodes ohne funktionale Änderungen am System. Diese Beschreibung passt zum dem Begriff des *Restructuring* aus dem Paper von E. J. Chikofsky und J. H. Cross [CC90].

Beim *Simultaneous Engineering* greifen während einer Produktentwicklung mehrere Arbeitsabläufe frühzeitig verzahnt ineinander, um einen Zeitgewinn gegenüber eines traditionellen Projektablaufs zu erzielen. Die schnelle und einfache Reproduzierbarkeit sei beispielsweise nicht das direkte Ziel des *Reverse Engineering*, sondern ein Ziel des *Simultaneous Engineering*, schreibt K. A. Ingle. Nichts desto trotz könne aber die Idee des *Simultaneous Engineering* in das *Reverse Engineering* aufgenommen werden.

Eine weitere Differenzierung findet zwischen dem *Hardware*- und dem *Software Reverse Engineering* statt. *Software Reverse Engineering* verfolgt das Ziel aus dem Programm Code ein übergeordnetes Design oder Spezifikationsangaben zu extrahieren. *Hardware Reverse Engineering* hingegen befasst sich mit dem Fertigungs- oder Produktionssystem. Das Buch von 1994 sah aber schon ein Zusammenwachsen beider Bereiche durch den Einsatz und die Einbettung von immer mehr Software in Hardwaresystemen kommen. Die Relevanz des Reverse Engineering würde hoffentlich weiter steigen um keine vorhandenen Softwaresysteme neu bauen zu müssen. K. A. Ingle schreibt: „The aim of reverse engineering is to increase productivity through improved documentation.“[[Ing94](#)]

Diese Arbeit greift den Gedanken auf und versucht den Einfluss und die Bedeutung einzelner Speicherstellen für weitere Arbeiten zu dokumentieren.

2.2 Stand der Technik

Eine Bachelorarbeit der Universität Magdeburg zum Thema „Reverse-engineering a De’Longhi Coffee Maker to precisely bill Coffee Consumption“[[Off18](#)] behandelt eine De’Longhi Caffee Maschine. Das Ziel ist es den Verbrauch exakt zu bestimmen und das System damit um ein Abrechnungssystem zu erweitern. Dafür wird eine Microcontroller Unit ([MCU](#)) über das Serial Peripheral Interface ([SPI](#)) zwischen Master und Slave Einheiten geschaltet und Informationen aus dem proritären De’Longhi Protokoll ausgelesen. Das Ergebnis der Arbeit ist unter anderem ein Verständnis über das interne Bus Protokoll der Maschine.

Ein Buch von Eldad Eilam [[Eil05](#)] stellt den Begriff des Reverse Engineering ähnlich wie zu Beginn in Abschnitt [2.1](#) dar, geht aber im Folgenden tiefer auf das Reverse Engineering von Low-Level Software ein. Ein Hauptaugenmerk des Buches liegt auf der sicherheitsrelevanten Seite, sowie die Vorgänge und Lücken im Low-Level Bereich.

Diese Arbeit hingegen nutzt als Ansatz eine gegebene serielle Schnittstelle des Jura Kaffeevollautomaten mit einem ebenfalls proprietären Universal Asynchronous Receiver Transmitter ([UART](#)) Protokoll. Dabei wird nicht die Hardware geöffnet und beispielsweise die Firmware disassembliert und analysiert.

!!!ToDo!!! Erweitern um smart appliances (s. 3x Paper)

2 GRUNDLAGEN

Hardware und Software

Dieses Kapitel führt die gegebenen und verwendeten Hard- und Software Komponenten in dieser Arbeit auf und schafft die Grundlage für die eigene Implementierung. Am Ende dieses Kapitels kann der Kaffeevollautomat bereits angesteuert werden.

3.1 Der Kaffeevollautomat

Der „Jura Impressa S9“, siehe Abbildung 3.1(a), ist ein Kaffeevollautomat mit fünf Kaffeebezugstasten: Spezialkaffee, 1 große Tasse Kaffee, 2 große Tassen Kaffee, 1 kleine Tasse Kaffee und 2 kleine Tassen Kaffee. Auf der rechten Seite befinden sich Bedienelemente für heißes (Tee-)Wasser und Wasserdampf zum Milch Aufschäumen. Der Kaffeevollautomat wird für seinen Betrieb direkt mit der Netzspannung versorgt.

3.1.1 Aufbau und Verkabelung

Hinter der linken Wartungsklappe an der Vorderseite des Kaffeevollautomaten befindet sich neben mehreren Menü-Tasten eine serielle Schnittstelle. Über ein eigenes **UART** Protokoll kann hierüber mit der Maschine kommuniziert werden.

Abbildung 3.1(b) illustriert die Pinbelegung. Die 5 Volt Leitung kann für ein autark laufendes Projekt genutzt werden. In dieser Arbeit bezieht der Arduino seine Versorgungsspannung über den am USB Kabel befindlichen Computer. Von TX nach RX werden Befehle an den Kaffeevollautomaten verschickt. Auf der Rückrichtung von RX nach TX werden Antworten des Kaffeevollautomaten gelesen. GND ist abschließend die gemeinsame Erdung und Bezugsleitung für die serielle Kommunikation. Auf der Abbildung kreuzen sich die Leitungen RXD und GND am Stecker auf Seiten des Kaffeevollautomaten. GND ist über eine schwarze Markierung gekennzeichnet.

Ein Arduino Uno übersetzt als „Man in the middle“ die bekannten Kommandos in das Format der Kaffeemaschine. Die serielle Kommunikation läuft über die Pins Nummer 12 und 13. Über eine weitere serielle Verbindung per USB lässt sich der Arduino ansteuern.

3 HARDWARE UND SOFTWARE



■ Abbildung 3.1: Jura Impressa S9

Aus Sicht des Computers ist der Arduino ein Gerätelaufwerk unter `/dev/ttyACM0` mit einer Baudrate von 9600. Diese Zahl findet sich zu Beginn des Arduino Uno Skripts wieder.

3.1.2 Serielle Kommunikation

Diese Arbeit baut auf das „CoffeeMachine“ Projekt [Kö18] auf und nutzt das Arduino Skript als Grundlage der Kommunikation weiter, ebenso werden Kommandos und erste Speicherstellen aus der Weboberfläche aufgegriffen. Das Arduino Skript kodiert die **UART** Kommandos von und zu dem Kaffeevollautomaten.

Die Kommandos werden zeichenweise American Standard Code for Information Interchange (**ASCII**) Zeichen für Zeichen übertragen. Dafür wird ein an den Kaffeevollautomaten adressiertes Byte (ein **ASCII**-Zeichen), bestehend aus acht Bits, in je vier Bytes aufgeteilt. Die dritte und sechste Stelle der neuen Bytes repräsentieren je zwei Bits des ursprünglichen Bytes. Bei der Übertragung an den Kaffeevollautomaten werden die restlichen Bits mit Nullen aufgefüllt. Abbildung 3.2 veranschaulicht dies an dem ersten Byte des Einschaltbefehls, die entsprechende **ASCII**-Kodierung ist in Abbildung 5.3 der zweiten und dritten Spalte zu entnehmen. Die Kodierung der, von dem Kaffeevollautomaten kommenden, Bytes erfolgt analog. Laut „Protocoljura“¹ bestehen die irrelevanten Bits der ankommenden Bytes aus einer Null und weiteren fünf Einsen pro Byte.

¹http://protocoljura.wiki-site.com/index.php/Protocol_to_coffeemaker

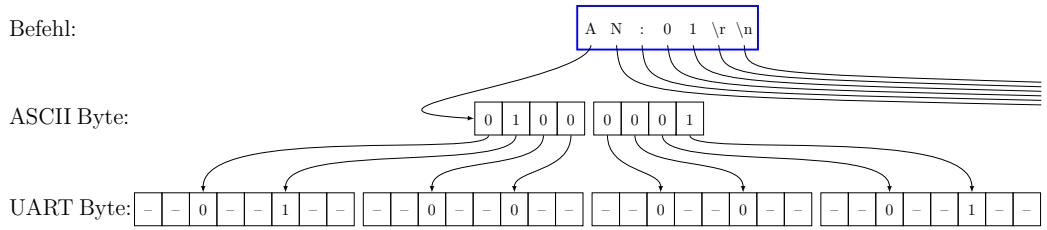


Abbildung 3.2: Umrechnung eines Befehls an den Kaffeevollautomaten

Vier Bytes kodieren auf diese Weise ein **ASCII** Zeichen und werden fortan als Gruppe bezeichnet. Zwischen jeder Gruppe gibt es eine Verzögerung von 8ms. Diese Verzögerung begrenzt hauptsächlich die Übertragungsgeschwindigkeit, was in Abschnitt 6.1.1 diskutiert wird.

3.1.3 Kommandos

Die Tabelle 3.1 zeigt die Befehlsgruppen, sowie ausgewählte Befehle, die der Kaffeevollautomat versteht. Diese Befehle stammen aus dem „CoffeeMachine“ Projekt [Kö18].

Befehle beginnen entweder mit zwei Großbuchstaben gefolgt von einem Doppelpunkt und i.d.R. einer zweistelligen Hexadezimalzahl, oder sie beginnen mit einem Fragezeichen gefolgt von i.d.R. zwei **ASCII**-Zeichen. Positionsnummern, egal ob Speicherposition, Betriebszustands-, Bezugstasten- oder Steuerungskomponenten-Nummer, werden durch zweistellige Hexadezimalzahlen repräsentiert und reichen von $0_{16} = 0_{10}$ bis $FF_{16} = 255_{10}$.

Zwei Ausnahmen des ersten Typs sind z.B. **TY** : zum Abfragen des Maschinen Typs und **WE:00,01FF** zum Schreiben des Wertes $01FF_{16} = 511_{10}$ an die Position 00. Eine Ausnahme des zweiten Typs ist z.B. **?D1DISPLAY_** und **?D2__TEST__**. Der volle Umfang möglicher Displayzeichen, sowie deren Benutzung wird in Abschnitt 5.3.1 ausgeführt.

Einige Befehle, die aus weiteren Projekten mit Maschinen der S-Reihe bekannt sind, sind in dieser „Jura Impressa S9“ leider nicht implementiert. Dazu zählen **I_C** : zum Auslesen aller Eingaben, **FA:0A** eine unbelegte Bezugstaste, **CM** : für weitere Status Informationen, **CS** : für Sensor Informationen und **PM**: ein Befehl um Musik abzuspielen. Weitere Befehlsgruppen werden in der **README.rst** eines Github Repositories aufgeführt².

Die jetzt vorhandene Umgebung kann bereits über den seriellen Monitor der Arduino Integrated Development Environment (**IDE**) genutzt werden.

²<https://github.com/PromyLOPh/juramote>

3 HARDWARE UND SOFTWARE

Kommando	Beschreibung	Rückgabewert
Betriebszustand (AN:<id>)		
AN:01	Einschalten	ok:
AN:02	Ausschalten	ok:
AN:03	Display Test	ok:
AN:<id>	u.v.m.	ok:
Bezugstaste (FA:<id>)		
FA:02	Gerät spülen	ok:
FA:0C	Spezialkaffee	ok:
FA:<id>	u.v.m.	ok:
Steuerungskomponenten (FN:<id>)		
FN:<id>	Pumpen, Heizung, u.v.m	ok:
Eingabestatus*		
IC:	Eingaben auslesen*	
Spiele Musik (easter egg)*		
PM:	Play music*	
Speicherzugriff		
RE:<address>	Liest 2 Byte EEPROM Speicher	re:[0000-FFFF]
WE:<address>,<value>	Schreibt 2 Byte in EEPROM	ok:
RT:<address>	Liest eine Zeile EEPROM	rt:[0-F 64x]
RR:<address>	Liest eine Zeile RAM	rr:[0-F 32x]
Sperrung		
?M3	Aktiviert den Inkassomodus	?ok
?M1	Deaktiviert den Inkassomodus	?ok
Display		
?D0	Standard Displaytext zurück setzen	?ok
?D1[A-Z 8-11x]	Displaytext Zeile 1	?ok
?D2[A-Z 8-11x]	Displaytext Zeile 2	?ok
Aktion an der Kaffeemaschine		
	1 kleiner Kaffee (Produkt 1)	?PAE
	2 kleine Kaffees (Produkt 2)	?PAF
	1 großer Kaffee (Produkt 3)	?PAA
	2 große Kaffees (Produkt 4)	?PAB
	Spezialkaffe (Produkt 7)	?PAG
	Dampf (Produkt 6)	?PAI
	1 Dampfportion (Produkt 5)	?PAJ
	1 Tasse Tee (Produkt 8)	?PAK

* Nicht alle Befehle sind in der Jura Impressa S9 implementiert, siehe weitere Geräte der S-Reihe

■ **Tabelle 3.1:** Befehlsübersicht der Jura Kaffeevollautomaten (S-Reihe)

3.2 Libraries und Frameworks

Diese Arbeit nutzt „libraries“ und „frameworks“. „libraries“ sind thematisch gebündelte Funktionen und Routinen. Sie bieten eine Programmierschnittstelle (engl. Application Programming Interface) ([API](#)), die das eigene Programm ansprechen kann.

„frameworks“ sind noch mehr und bieten ganze Programmiergerüste und Routinen. Sie rufen wenn nötig selbst vorgesehene Funktionen auf und folgen damit dem Paradigma des „Inversion of Control“.

In der aktuellen Version bieten beide nicht nur leicht zugängliche Aufrufe, sondern sind auch sicher und robust in ihrem Gebiet.

3.2.1 Serielle Kommunikation

Bei dem Versuch die Grätedatei direkt anzusprechen kam es zu Problemen, die in Abschnitt [6.1.2](#) erörtert werden. Für die zuverlässige serielle Kommunikation kommt daher eine geeignete Library zum Einsatz.

libserial

Das selbst entwickelte C++ Programm nutzt „libserial“³ um sicher und zuverlässig über das Gerätelaufwerk mit dem Arduino (und letztlich dem Kaffeevollautomaten) zu kommunizieren. Diese Bibliothek bietet eine objektorientierte Schnittstelle für alle Portable Operating System Interface ([POSIX](#)) Systeme und ist unter Linux über die Paketverwaltung installierbar.

3.2.2 Speicher- und Austauschformat

Sowohl bei der Untersuchung des Speichers, als auch am Ende für das aufbereitete Ergebnis, werden Informationen gesammelt, verglichen und öffentlich zugänglich gemacht. Als beliebtes und flexibles Speicherformat wird JavaScript Object Notation ([JSON](#)) verwendet. Es bietet viele Datenformate und ist unbegrenzt verschachtelbar. In dieser Arbeit werden hauptsächlich Zeichenketten, Zahlen, Unter-Objekte und -Arrays verwendet.

Darüber hinaus kann es leicht vom C++ Programm, der Webseite, oder auch für viele weitere Projekte genutzt werden.

libjsoncpp

Die „libjsoncpp“⁴ bietet dem C++ Programm eine Lese- und Syntaxanalyse-Funktion zum Aufnehmen eines [JSON](#) Ausdrucks, sowie eine Möglichkeit ein [JSON](#) Objekt kompakt zu-

³<https://github.com/crayzeewulf/libserial>

⁴<https://en.wikibooks.org/wiki/JsonCpp>

3 HARDWARE UND SOFTWARE

sammengefasst oder leserfreundlich aufgefächert in einen Ausgabestrom zu schreiben. Als Ausgabestrom sind reine **JSON** Dateien nach einer Speicherauszugs Aufnahme oder die Standardausgabe im Gebrauch als API vorstellbar.

3.2.3 Webseite

Eine kleine Webseite soll am Ende die ausgelesenen Werte visuell anschaulich präsentieren. Die JavaScript-Bibliothek **jQuery** und das Framework **Bootstrap** helfen dabei dies zügig und ansprechend umzusetzen.

Bootstrap

Bootstrap⁵ ist ein von den Twitter Entwicklern begonnenes Projekt um ursprünglich intern die Verwaltungswerkzeuge zu vereinheitlichen. Daraus ist aber ein ganzes System an Design Elementen geworden, welches heute sehr populär ist. Hypertext Markup Language (**HTML**), Cascading Style Sheets (**CSS**) und JavaScript (**JS**) werden zusammen eingesetzt und bieten Entwicklern eine Gitteranordnung für eine Mobile- und die Desktop-Ansicht, Inhaltselemente wie Tabellen und Abbildungen oder auch einzelne Komponenten wie Steckkarten, Prozentanzeigen und Knöpfe.

jQuery

jQuery⁶ ist eine freie JavaScript-Bibliothek, die in der „slim“-Variante bereits über Bootstrap eingebunden ist. Um später wirklich mit dem Kaffeevollautomaten interagieren zu können, wird unter anderem **AJAX** aus dem vollständigen jQuery Paket benötigt (auch wenn daraus später ein synchrones JavaScript mit **JSON** wird).

Über das **CDN** eingebundene Packet stehen ab jetzt einfache Programmierschnittstellen zum modifizieren der **HTML** Elemente, ein erweitertes Event-System, sowie **AJAX**-Funktionalitäten bereit.

JavaScript Cookie

JavaScript Cookie⁷ ist eine kleine JavaScript-**API**. Sie vereinfacht es Webbrowser-Kekse (Cookies), zum Ablegen persönlicher Einstellungen, zu erzeugen, zu bearbeiten und zu entfernen.

⁵<https://getbootstrap.com/>

⁶<https://jquery.com/>

⁷<https://github.com/js-cookie/js-cookie/>

Intro.js

Zu guter Letzt folgt mit Intro.js⁸ noch eine Schritt-für-Schritt-Anleitung, die dem Seitenbenutzer eine kurze Einführung in den Aufbau und die Bedienung der Webseite geben soll.

⁸<https://introjs.com/>

3 HARDWARE UND SOFTWARE

Methodik und Implementierung

Dieses Kapitel führt das Vorgehen und die Implementierung eines C++ Programms aus, die es ermöglichen Aussagen über den Speicher des Kaffeevollautomaten zu treffen. Immer wiederkehrende Arbeitsabläufe werden von diesem Programm übernommen und auf den unteren Ebenen automatisiert.

4.1 Vorgehen

Die Speicher des Kaffeevollautomaten, der **EEPROM** und der **RAM**, können Zeilenweise ausgelesen werden. Der nötige Zugriff zum Auslesen kann auf zwei Arten erfolgen: direkt am Speicherstein auf der Hauptplatine oder seriell über die vorhandene **UART** Schnittstelle, siehe Abschnitt 6.1.1. Im Folgenden erfolgt die Kommunikation über die **UART** Schnittstelle und mithilfe der *libserial*-Library.

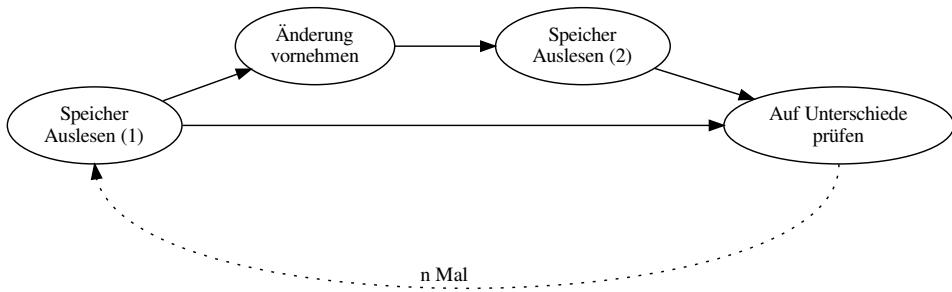
Unabhängig voneinander wurden beide Speicher untersucht. Ein eigens entwickeltes C++ Programm setzt die sechzehn Zeilen einer Speicherabfrage zu einem gesamten Speicherauszug zusammen. Intern werden dabei je zwei Hexadezimalzahlen in eine ganzzahlige Dezimalzahl umgerechnet und in einem Vektor abgelegt. Dadurch sind Position und Wert bekannt.

Abbildung 4.1 visualisiert den Arbeitsablauf der zur Bestimmung der Speicherstellen in dieser Arbeit angewandt wurde. Nach dem ersten Schritt ganz links wird nun von Hand eine möglichst elementare Veränderung an dem Kaffeevollautomaten vorgenommen, um gezielten Aktionen die Werteänderungen bestimmter Speicherzellen zuordnen zu können. Die angewandten Veränderungen werden in Abschnitt 4.1.1 beschrieben.

Nach einer erneuten Aufnahme eines Speicherauszugs können diese beiden nun verglichen werden. Das Programm iteriert durch den Vektor und vergleicht die Speicherwerte an der gleichen Position. Bei Ungleichheit existiert ein Unterschied der festgehalten wird. Dieser Ablauf wurde auf alle Einstellmöglichkeiten und Funktionen des Kaffeevollautomaten angewandt.

Bei dem **RAM**, im Gegensatz zum **EEPROM**, fiel jedoch auf, dass sich mehrere Speicherwerte auch ohne eine vorgenommene Veränderung änderten. Deshalb wurden viele Speicheraus-

4 METHODIK UND IMPLEMENTIERUNG



■ Abbildung 4.1: Arbeitsablauf

züge im Ruhezustand aufgenommen und die sich regelmäßig ändernden Bytes ausgeschlossen. Zu Beginn der Ergebnisse über den **RAM** in Abschnitt 5.2 sind diese aufgeführt. Dennoch gab es gelegentliche Unregelmäßigkeiten, sodass das Vorgehen für den **RAM** um eine geschlossene Rückrichtung ergänzt wurde. In der Regel wurden pro **RAM** Funktion $n = 3$ Durchläufe vorgenommen und die gemeinsame Schnittmenge der Veränderungen bestimmt.

Ganz am Ende gab es noch ein zweites Vorgehen, bei dem gezielt der **EEPROM** an bekannten Speicherstellen beschrieben wurde. Hintergrund war die unbekannte Position bzw. später die Zusammensetzung des Bezug-Zählers im Einstellungsmenü des Kaffeevollautomaten. Abschnitt 4.1.2 führt dies im Folgenden aus.

4.1.1 Veränderungen zur Bestimmung der Speicherstellen

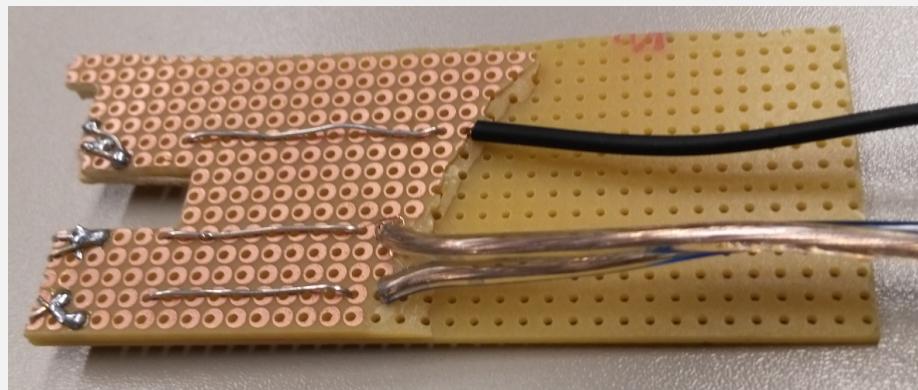
Für den **EEPROM** war es hilfreich einmal das Handbuch der Maschine systematisch durch zugehen und zum Beispiel immer eine Menüoption zu variieren. Bei einer Skala (wie z.B. beim Kaffeepulver) hat es ausgereicht den niedrigsten, den höchsten und den Standard-Wert im Speicher zu bestimmen; deckte sich die einstellbare Anzahl an Abstufungen mit der Werte Differenz im Speicher, ließ sich auf die verbleibenden Werte schließen. Auch im normalen Gebrauch fiel somit u.a. ein Einschaltzähler im **EEPROM** auf.

Für den **RAM** ging es mit den gezielt auslösbar Statusmeldungen los. Das Anheben des Wassertanks oder das Abziehen der unteren Schale löste eine Warnmeldung auf dem Display aus und wurde auch im **RAM** vermerkt. Ein zu hoher Wasserstand in der Schale konnte ohne Wasser mit einer eigenen Platine vorgegaukelt werden. Abbildung 4.2(a) zeigt die Fassung an der Rückwand innerhalb des Kaffeevollautomaten für die Schale. Abbildung 4.2(b) und 4.2(c) visualisieren die Platine, an der leicht von außen mittels Krokodilklemmen die Kontakte im Inneren kurzgeschlossen werden konnten. Am schwierigsten sind komplexe Abläufe, wie die Zubereitung eines Kaffees. Hier konnte nur mehrfach zu gezielt gleichen

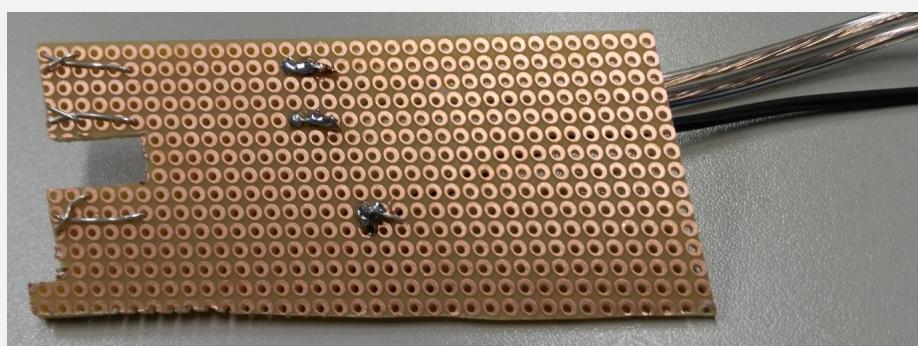
4.1 VORGEHEN



(a) Fassung im Kaffeevollautomaten



(b) Oberseite des Schalen Ersatzes



(c) Unterseite des Schalen Ersatzes

■ **Abbildung 4.2:** Ersatz der Schale des Kaffeevollautomaten

4 METHODIK UND IMPLEMENTIERUNG

oder ungleichen Zeitabständen der zweite Speicherauszug angestoßen werden. Hier sei schon einmal der Verweis auf Abschnitt 6.2 zur Aussagekraft dieser Ergebnisse genannt worden.

Abschließend war auch für das Display ein kleines Programm nötig um die volle Funktionsvielfalt festzustellen. Abschnitt 4.3 führt dies später aus.

4.1.2 EEPROM gezielt beschreiben

Ziel war es die unbekannte Position bzw. später die Zusammensetzung des Bezüge-Zählers im Einstellungsmenü des Kaffeevollautomaten zu entziffern. Dafür wurde die angezeigt Zahl in eine Hexadezimalzahl umgerechnet und im Speicherauszug des EEPROM des Kaffeevollautomaten gesucht. Da die Zahl eine Stromunterbrechung überstand und eine Änderung des einzigen übereinstimmenden Wertependants in Wort 15₁₆ keine Änderung der Ausgabe hervorrief, begann die Suche an weiteren bekannten Speicherstellen im EEPROM.

Der Bezüge-Zähler setzt sich aus mehreren Zählern zusammen. Der Treter Füllstand in der Schale wird nicht gemessen, sondern im Betrieb gezählt um den Füllstand zu erfassen. Auch die Reinigungsankündigung beruht auf Zählständen über Kaffee Bezüge und Spülungen. Die Wasser Durchflussmenge des Filters wird ebenfalls erfasst und ab einem festen Wert eine Warnmeldung zum Wechseln ausgegeben.

Das gezielte eingreifen in die Zählstände ließ es zu diese Grenzwerte zu bestimmen. Die Ergebnisse befinden sich in Abschnitt 5.1.1.

4.2 Das C++ Programm „./JuraCoffeeMemory“

Für diese Arbeit wurde ein C++ Programm entwickelt, das die Kommunikation und die Aufschlüsselung der Antworten übernommen hat.

4.2.1 Makefile

In dem Projekt Ordner befinden sich auf der Hauptebene mehrere CPP- und HPP-, eine H- sowie eine Makefile-Datei. Sind die in der Readme.md genannten Abhängigkeiten und Voraussetzungen erfüllt, kann das Projekt mit dem Befehl make, ohne Zusatzangaben gebaut werden. Am Ende sollte dann auf der Hauptebene eine ausführbare Datei namens ./JuraCoffeeMemory herauskommen. Es werden neben Objekt-Dateien auch noch einige weitere Tools im Unterordner ./tools/ gebaut, auf die später in Abschnitt 4.3 eingegangen wird.

Der Befehl make clean entfernt die Objekt-Dateien, mittels make dist-clean werden ebenfalls die ausführbaren Programme entfernt und der Projekt Ordner in seinen Ursprungszustand zurück versetzt.

4.2.2 Interaktives Menü

Startet man in einem Terminal das Hauptprogramm ./JuraCoffeeMemory wird das Hauptmenü angezeigt. Abbildung 4.3(a) visualisiert diesen Zustand. Das Listing 4.1 zeigt einmal schematisch all Menüoptionen.

```
Main Menu
|-- 1: EEPROM Skript
|-- 2: Ram Skript
|-- 4: Send a command
|-- 6: Dump EEPROM
|-- 7: Dump RAM
|-- 9: Options
|   |-- 1: Device path (/dev/ttyACM0)
|   |-- 2: EEPROM log file path (data/eeprom.json)
|   |-- 3: Ram log file path (data/ram.json)
|   '-- 4: Back
|-- 0: Analyse existing dumps
|   |-- Analyse Dumps Menu
|   |   |-- data/xxx.json
|   |   |   '-- Dumps
|   |   |-- C: Clear window
|   |   '-- Q: Quit
|   '-- Q: Quit
`-- Q / q / quit / exit: To leave
```

■ Listing 4.1: Menü-Baum ./JuraCoffeeMemory

!!!ToDo!!! Abbildung 4.3(b) Abbildung 4.3(c) Abbildung 4.3(d) Abbildung 4.3(e) Abbildung 4.3(f) !!!ToDo!!! ...

Farbcodierungen

Normale Ausgaben sowie Benutzer Eingaben erscheinen in weißer Schrift. Weiße Schrift auf blauem Grund stellt Menü Überschriften dar. In blauer Schrift sind Menüs dargestellt. Grüne Schrift vor der blinkenden Eingabemarke fordert zur Eingabe auf. Der Text beschreibt valide Eingaben. Abschließend beschreibt roter Text einen Fehler. Die aufgetretene Position wird in weißer Schrift auf rotem Grund hervorgehoben.

4.2.3 Die API nach außen

Das Hauptprogramm kann aber auch über vier Parameter aufgerufen werden. Die Ausgaben sind dann im fehlerfreien Fall farblose JSON Zeichenketten oder einfacher Text in die Standardausgabe.

4 METHODIK UND IMPLEMENTIERUNG

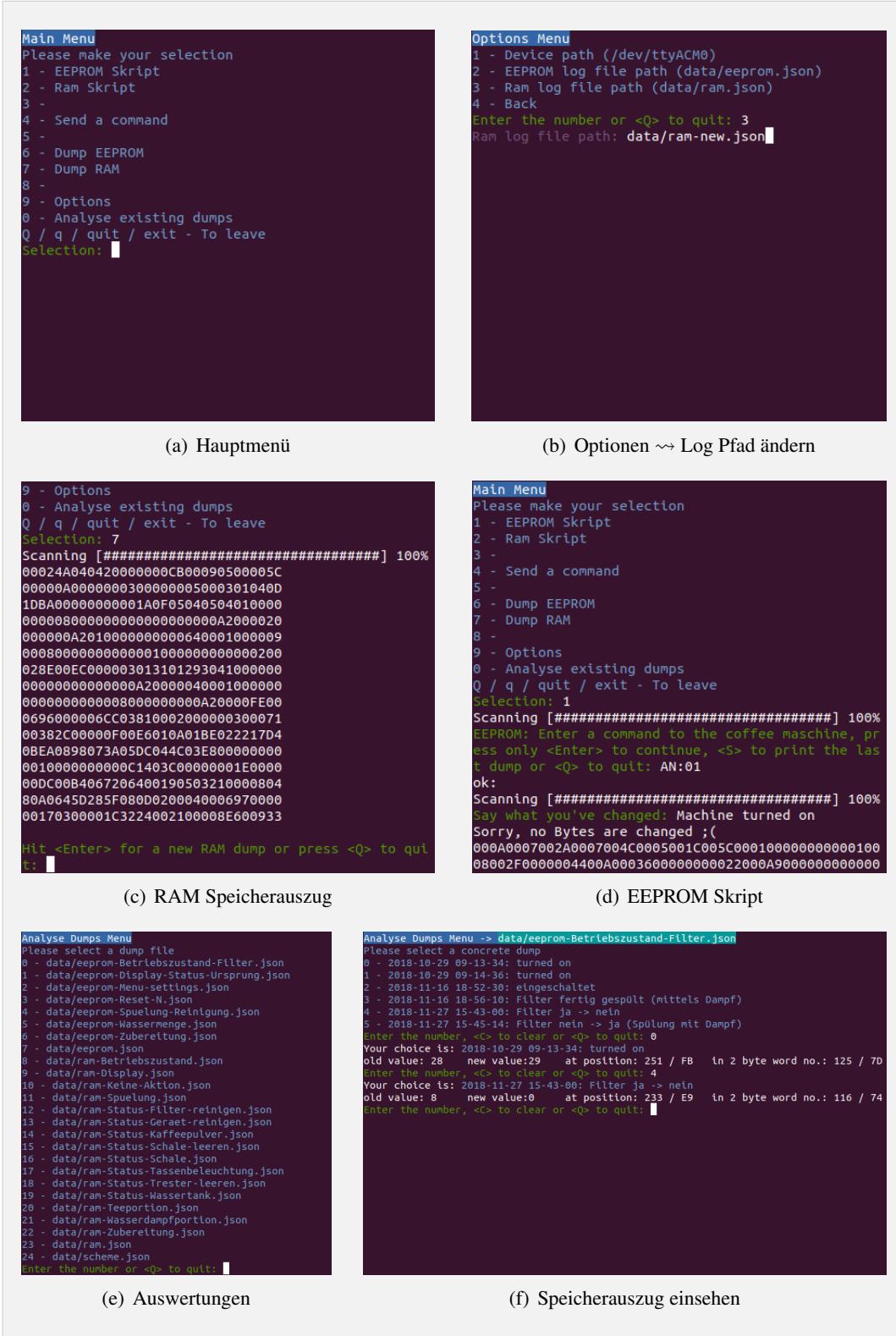


Abbildung 4.3: Interaktives Menü des C++ Programms „JuraCoffeeMemory“

4.2 DAS C++ PROGRAMM „./JURACOFFEEMEMORY“

Mögliche Fehlermeldungen sind für Entwickler in der `Readme.md` dokumentiert. Die Fehler Ausgabe erfolgt wie im interaktiven Menü mit Farben. Für Entwickler bietet sich daher der Rückgabewert des Programms an.

./JuraCoffeeMemory command Von der Standardeingabe wird eine Zeichenkette erwartet, die an den Kaffeevollautomaten weiter gegeben wird. Mögliche Eingaben sind die Befehle aus der Tabelle 3.1. Die Antwort des Kaffeevollautomaten erscheint als einfacher Text.

./JuraCoffeeMemory eepromWrite Bei diesem Aufruf wird von der Standardeingabe ein **JSON** Objekt erwartet. Alle dort genannten Bezeichnungen werden abgearbeitet und die neuen Werte im Speicher des Kaffeevollautomaten hinterlegt. Auf der obersten Ebene müssen sich aus `EEPROM_Status::getEntriesEEPROM()` bekannte Bezeichnungen befinden, die ein Unterobjekt mit der Bezeichnung `value` sowie je einem ganzzahligen Wert beinhalten. Listing 4.2 veranschaulicht dies an einem Beispiel.

Treffen die Bedingungen zu, wird ein Schreib-Befehl an den Kaffeevollautomaten gesandt. Die Antworten werden in einer Zeichenkette mit der verwendeten Bezeichnung und dem Text „###“ als Abstandshalter festgehalten und auf der Standardausgabe ausgegeben. Die Antwort auf das Beispiel Listing 4.2 steht in Listing 4.3.

```
{  
    "powder_quantity_special_coffee": {  
        "value": 11  
    },  
    "water_quantity_special_coffee": {  
        "value": 380  
    }  
}
```

■ **Listing 4.2:** Beispiel einer JSON Eingabe für./JuraCoffeeMemory eepromWrite

```
ok: powder_quantity_special_coffee###ok: water_quantity_special_coffee###
```

■ **Listing 4.3:** Antwort auf das Beispiel der JSON Eingabe

./JuraCoffeeMemory eeprom Nach ungefähr fünf Sekunden erhält man die aktuellen Einstellungen und Zählstände des **EEPROM** in einem kompakten **JSON** Objekt. Im Gegensatz zum EEPROM Skript werden nur die nötigen Speicherstellen abgefragt. Die Bezeichnung der Speicherstellen, die auch der Name eines **JSON** Eintrags ist, befindet sich mit der zugehörigen Adresse in `EEPROM_Status::getEntriesEEPROM()`. Eine Adresse besteht aus der Position eines Wortes sowie einer oder beider Bytes. Von Hand sind dort zum Teil weitere

4 METHODIK UND IMPLEMENTIERUNG

Hintergrundinformationen, wie Standardwerte über die [N]-Taste des Kaffeevollautomaten, minimale und maximale Schranken, der Wert für einen deaktivierten Zustand oder überhaupt ausschließlich zugelassene Werte hinterlegt.

./JuraCoffeeMemory ram Ähnlich zum Abfragen des **EEPROM** wird hier aber der **RAM** in ungefähr drei Sekunden an den entscheidenden Stellen ausgelesen. Die Assoziation einer Bezeichnung mit ihrer Speicherposition geschieht in `RAM_Status::getEntriesRAM()`. Hier wird ein Byte und ggf. mehrere zusammenhängende Bits als ein Eintrag abgelegt. Als Ausgabe erfolgt ein kompaktes **JSON** Objekt.

4.2.4 Zugrunde liegende Klassenstruktur

4.2.5 ...

!!!ToDo!!!

!!!ToDo!!!

4.3 Weitere kleine Tools

Im Unterordner `./tools/` befinden sich nach dem Aufruf von `make` drei kleine Programme.

4.3.1 Formatieren eines Speicherauszugs

Ruf man `./tools/format-dump` auf, kann man dem Programm eine Zeichenkette aus 1024 oder 512 Hexadezimalzeichen übergeben. Das Programm erkennt an der Größe **EEPROM** und **RAM** Eingaben und wertet den Speicherauszug um Angaben wie die Speicherposition und Dezimal-/Hexadezimalzahlen Formate auf.

4.3.2 Display

Um den verfügbaren Zeichensatz des Displays in der oberen linken Ecke an der Front des Kaffeevollautomaten zu bestimmen, wurde ein kleines Extraprogramm entwickelt. Anlass waren Sonderzeichen und die deutschen Umlaute, die sich über die gegebenen Befehle (`?D0`, `?D1xxx`, `?D2xxx`) nicht einfach auf das Display bringen ließen. Das Programm `./tools/display` iterierte einmal systematisch über die Zahlen von 0 bis ungefähr 260 und gab einen Befehl zum Anzeigen der Dezimalzahl sowie des dazugehörigen **ASCII**-Zeichens an den Kaffeevollautomaten. Dies umfasst das einfache und erweiterte **ASCII** Alphabet sowie einige weitere Zahlen bzw. Zeichen. Dabei stellte sich nur ein mittlerer Block des einfachen **ASCII**-Alphabets als interessant heraus, der jetzt eingegrenzt von eben diesem Programm durchlaufen wird. Ein weiteres Programm namens

`./tools/display-screen-saver` veranschaulicht die damit verbundenen Möglichkeiten.

Die gegebenen Befehle über die serielle Verbindung ?D0, ?D1xxx und ?D2xxx verändern nur den Standardtext „Kaffee bereit“. Andere Texte, wie das Programmnenü oder Warnmeldungen, überlagern den Standardtext mit den einprogrammierten Texten aus den vorhandenen Sprachen.

Möchte man die Ausgaben des ersten Programms nachstellen ist zu beachten, dass der Kaffeevollautomat eingeschaltet sein muss und auch an die erste Displayzeile ein Ausgabebefehl gegangen ist, damit die Ausgabe auch sichtbar wird. Das Programm verändert dann die zweite Zeile. Folgende Befehlseingaben werden empfohlen:

1. `cd JuraCoffeeMemory/`
2. `make`
3. `./JuraCoffeeMemory`
4. 4 (Senden eines Kommandos)
5. AN:01 (Maschine einschalten)
6. ?D1xxx (Etwas Text an die erste Displayzeile)
7. <Strg>+D (Verlassen des Programms)
8. `./tools/display`

4.4 Die Webseite

Die Webseite ist zu sehen in Abbildung 4.4. Nach ein paar Hinweisen kann im oberen Bereich der einzelne Kaffee sowie die gesamte Maschine konfiguriert werden. Für jede Kaffeeart ist es möglich sich seine eigene Konfiguration in einem lokalen Webbrowser-Keks (Cookie) abzuspeichern und komfortabel in den Speicher des Kaffeevollautomaten zu schreiben um sich anschließend einen Kaffee zubereiten zu lassen. Der Keks kann auch wieder entfernt werden oder sich auf die Standardwerte zurücksetzen lassen. Prinzipiell kann hierüber der ganze bekannte EEPROM überschrieben werden.

Im nächsten Absatz sind Statusinformationen aus dem RAM einsehbar. Einige Meldungen werden am Bild des Kaffeevollautomaten visualisiert. Der Status kann über Refresh aktualisiert werden. Einfache „ja“ oder „nein“ Meldungen werden durch eine grünes „on“ oder rotes „off“ präsentiert. Informationen, die sich über mehrere Bits erstrecken werden mit ihrem entsprechenden Zahlenwert dargestellt.

4 METHODIK UND IMPLEMENTIERUNG

Im letzten Abschnitt befinden sich Zählstände und Prozent-Anzeigen, die verdeutlichen wie weit es noch bis zur nächsten Warnmeldung, wie Trester leeren, Maschine reinigen oder Filter wechseln, ist.

Wenn am Computer der Mauszeiger auf einer Zahl oder Einstellung zum Finger wird, öffnet sich mit einem Klick ein Fenster, in dem der Wert verändert werden kann. Nach Möglichkeit werden der Standardwert, der Wert zum Deaktivieren und weitere Hinweis Texte angeboten.

Unten rechts auf der Seite kann über `Command` ein Kommando aus der Tabelle 3.1 an den Kaffeevollautomaten abgesetzt werden. Eine Liste bietet viele Vorschläge mit dazugehörigen Bezeichnungen. Recht daneben aktualisiert ein Klick auf `Refresh` die Statusinformationen aus dem `RAM`. Ganz rechts in der Ecke kann eine Tour durch die Bedienung der Seite gestartet werden.

4.4.1 Die technische Umsetzung

Die Webseite befindet sich im Projektunterordner `./website/`. Die Datei `data.php` nimmt Parameter entgegen und ruft damit das C++ Programm mit evtl. Datenübergaben auf. Die Antwort des C++ Programms wird in einem `JSON`-Objekt verpackt und der Webseite zurück gegeben. Bei Problemen wird aber auch die Fehlernummer (der Rückgabewert des Programms) einschließlich der Meldung leicht zugänglich in einem `JSON`-Objekt zurück gegeben.

Die für den Benutzer ersichtliche Webseite besteht primär aus den Dateien `index.html`, `script.js` für die Interaktion und `style.css` für das individuelle Layout. Weitere eingebundene Dateien sind das Favicon im Unterordner `favicon/`, Bilder im Unterordner `img/`, `intro.min.js` und `intro.min.css` für die Tour durch die Webseite, `offline_eeprom.json` und `offline_ram.json` für die Offline-Funktion, in der die Webseite ersichtlich ist, ohne eine Verbindung zu dem Kaffeevollautomaten zu haben.

Das `HTML` Dokument der Webseite besteht aus vielen leeren Inhaltselementen, die im Attribut `id="..."` Einträge haben, die mit den Bezeichnungen der `JSON` Elemente der Ausgabe von der API des C++ Programms übereinstimmen. Beim Seitenaufbau wird der `EEPROM` abgefragt. Wenn die Antwort nach ungefähr 5 Sekunden vorliegt wird der `RAM` abgefragt und anschließend nach ungefähr weiteren 3 Sekunden für jeden `JSON` Eintrag der Wert in das gleichnamige `HTML` Inhaltselement eingetragen.

Eine Ausnahme bildet die Temperatur, die für alle drei Kaffeegrößen gilt, aber im Dokument drei verschiedene ID-Bezeichnungen besitzen muss. Ebenso ist etwas Handarbeit bei der Ausgabe der Prozent-Anzeigen von Nöten.

Das bei einem Klick aufgehende Fenster zum Bearbeiten von Werten aus dem `EEPROM` arbeitet ebenfalls über die ID-Bezeichnung und entnimmt weitere Informationen aus dem `JSON` Objekt welches zuletzt abgefragt und abgespeichert wurde.

4.4 DIE WEBSEITE

Coffee Manager
JURA IMPRESSA S9 - TELEMATIK

Warning

This website is not yet designed for multi-user operation, but should not crash.

ToDo

- Units to the numbers
- Icon to multi bit messages: [Cup illumination](#), [Rinsing before switching off](#)

<p> Small Coffee</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr><td>Powder quantity</td><td>2</td></tr> <tr><td>Water quantity</td><td>1</td></tr> <tr><td>Temperature (+1)</td><td>7</td></tr> <tr><td colspan="2" style="text-align: center;">Cookie <input type="button" value="Brew 1"/> <input type="button" value="Brew 2"/></td></tr> </tbody> </table>	Powder quantity	2	Water quantity	1	Temperature (+1)	7	Cookie <input type="button" value="Brew 1"/> <input type="button" value="Brew 2"/>		<p> Big Coffee</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr><td>Powder quantity</td><td>0</td></tr> <tr><td>Water quantity</td><td>1</td></tr> <tr><td>Temperature (+2)</td><td>7</td></tr> <tr><td colspan="2" style="text-align: center;">Cookie <input type="button" value="Brew 1"/> <input type="button" value="Brew 2"/></td></tr> </tbody> </table>	Powder quantity	0	Water quantity	1	Temperature (+2)	7	Cookie <input type="button" value="Brew 1"/> <input type="button" value="Brew 2"/>		<p> Special Coffee</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr><td>Powder quantity</td><td>0</td></tr> <tr><td>Water quantity</td><td>1</td></tr> <tr><td>Temperature (+4)</td><td>7</td></tr> <tr><td colspan="2" style="text-align: center;">Cookie <input type="button" value="Brew"/></td></tr> </tbody> </table>	Powder quantity	0	Water quantity	1	Temperature (+4)	7	Cookie <input type="button" value="Brew"/>															
Powder quantity	2																																							
Water quantity	1																																							
Temperature (+1)	7																																							
Cookie <input type="button" value="Brew 1"/> <input type="button" value="Brew 2"/>																																								
Powder quantity	0																																							
Water quantity	1																																							
Temperature (+2)	7																																							
Cookie <input type="button" value="Brew 1"/> <input type="button" value="Brew 2"/>																																								
Powder quantity	0																																							
Water quantity	1																																							
Temperature (+4)	7																																							
Cookie <input type="button" value="Brew"/>																																								
<p> Water and Steam</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr><td>Water hardness</td><td>4</td></tr> <tr><td>Filter</td><td>8</td></tr> <tr><td>Steam portion</td><td>20</td></tr> <tr><td>Tea portion</td><td>450</td></tr> </tbody> </table>	Water hardness	4	Filter	8	Steam portion	20	Tea portion	450	<p> Machine</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr><td>Machine type</td><td>1</td></tr> <tr><td>Language</td><td>0</td></tr> <tr><td>Economy mode</td><td>1</td></tr> <tr><td>Incasso mode</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>	Machine type	1	Language	0	Economy mode	1	Incasso mode	0	<p> Time switches</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr><td>Autom. off in [h]</td><td>10</td></tr> <tr><td>Autom. on at [h]</td><td>128</td></tr> <tr><td>Autom. on at [m]</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>	Autom. off in [h]	10	Autom. on at [h]	128	Autom. on at [m]	0																
Water hardness	4																																							
Filter	8																																							
Steam portion	20																																							
Tea portion	450																																							
Machine type	1																																							
Language	0																																							
Economy mode	1																																							
Incasso mode	0																																							
Autom. off in [h]	10																																							
Autom. on at [h]	128																																							
Autom. on at [m]	0																																							
<p>Messages</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr><td>Clean machine</td><td></td></tr> <tr><td>Cup illumination</td><td></td></tr> <tr><td>Empty drip tray</td><td></td></tr> <tr><td>Empty grounds</td><td></td></tr> <tr><td>Fill beans</td><td></td></tr> <tr><td>Fill powder</td><td></td></tr> <tr><td>Fill water</td><td></td></tr> <tr><td>On</td><td></td></tr> <tr><td>Replacing filter</td><td></td></tr> <tr><td>Rinsing before switching off</td><td></td></tr> <tr><td>Tap closed</td><td></td></tr> <tr><td>Tray missing</td><td></td></tr> </tbody> </table> <p>Working</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr><td>Coffee is made</td><td></td></tr> <tr><td>Brew coffee type</td><td></td></tr> <tr><td>Brew step1: grinder</td><td></td></tr> <tr><td>Brew step2: pumping coffee</td><td></td></tr> <tr><td>Rinsing unit</td><td></td></tr> <tr><td>Steam portion</td><td></td></tr> <tr><td>Tea portion</td><td></td></tr> </tbody> </table>			Clean machine		Cup illumination		Empty drip tray		Empty grounds		Fill beans		Fill powder		Fill water		On		Replacing filter		Rinsing before switching off		Tap closed		Tray missing		Coffee is made		Brew coffee type		Brew step1: grinder		Brew step2: pumping coffee		Rinsing unit		Steam portion		Tea portion	
Clean machine																																								
Cup illumination																																								
Empty drip tray																																								
Empty grounds																																								
Fill beans																																								
Fill powder																																								
Fill water																																								
On																																								
Replacing filter																																								
Rinsing before switching off																																								
Tap closed																																								
Tray missing																																								
Coffee is made																																								
Brew coffee type																																								
Brew step1: grinder																																								
Brew step2: pumping coffee																																								
Rinsing unit																																								
Steam portion																																								
Tea portion																																								
<p>Counting states</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 80%;">Coffee</th> <th style="width: 20%; text-align: right;">#</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1 small coffee </td><td style="text-align: right;">42</td></tr> <tr><td>2 small coffees </td><td style="text-align: right;">7</td></tr> <tr><td>1 big coffee </td><td style="text-align: right;">9</td></tr> <tr><td>2 big coffees </td><td style="text-align: right;">7</td></tr> <tr><td>1 special coffee </td><td style="text-align: right;">75</td></tr> <tr><td>pulver coffees </td><td style="text-align: right;">28</td></tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 80%;">Machine</th> <th style="width: 20%; text-align: right;">#</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Starts</td><td style="text-align: right;">153</td></tr> <tr><td>Filter replacements</td><td style="text-align: right;">5</td></tr> <tr><td>Rinsings</td><td style="text-align: right;">83</td></tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 80%;">Using</th> <th style="width: 20%; text-align: right;">%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Amount of ground</td><td style="text-align: right;">67% </td></tr> <tr><td>Coffee preparations until next cleaning</td><td style="text-align: right;">99% </td></tr> <tr><td>Rinsings until next cleaning</td><td style="text-align: right;">122% </td></tr> <tr><td>Water consumption until the next filter change</td><td style="text-align: right;">25% </td></tr> </tbody> </table>			Coffee	#	1 small coffee	42	2 small coffees	7	1 big coffee	9	2 big coffees	7	1 special coffee	75	pulver coffees	28	Machine	#	Starts	153	Filter replacements	5	Rinsings	83	Using	%	Amount of ground	67%	Coffee preparations until next cleaning	99%	Rinsings until next cleaning	122%	Water consumption until the next filter change	25%						
Coffee	#																																							
1 small coffee	42																																							
2 small coffees	7																																							
1 big coffee	9																																							
2 big coffees	7																																							
1 special coffee	75																																							
pulver coffees	28																																							
Machine	#																																							
Starts	153																																							
Filter replacements	5																																							
Rinsings	83																																							
Using	%																																							
Amount of ground	67%																																							
Coffee preparations until next cleaning	99%																																							
Rinsings until next cleaning	122%																																							
Water consumption until the next filter change	25%																																							
<input type="text" value="AN:01"/> <input type="button" value="On"/> <input type="button" value="Send"/> <input type="button" value="Refresh"/> <input type="button" value="Help"/>																																								

■ Abbildung 4.4: Die Webseite

4 METHODIK UND IMPLEMENTIERUNG

Ergebnisse

Um den Speicher zu verstehen, klären wir vorab das RückgabefORMAT der SpeicherausZUGS Befehle, sowie den Aufbau des Speichers der „Jura Impressa S9“. Dieser Kaffeevollautomat besitzt einen **RAM** für die Status, Messwerte und Zwischenberechnungen im Betrieb und einen **EEPROM** für Einstellungen und Zählstände, die auch nach einer Stromunterbrechung erhalten bleiben.

5.1 EEPROM

Der Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory (**EEPROM**) umfasst 512 Bytes. Über den Befehl **RT : <address>**, siehe Tabelle 3.1, lässt sich eine Zeile **EEPROM** Speicher abfragen. Die Adresse reicht von 0x00 bis 0xF0 in Sechzehner Sprüngen. Als Antwort erhält man hinter dem kleingeschriebenen Kommando eine Zeichenkette bestehend aus 64 Hexadezimalzeichen. Da immer zwei Hexadezimalzahlen ein Byte (8 Bit mit Werten von 0-255) repräsentieren umfasst eine **EEPROM** Zeile 32 Bytes. Über den Befehl **RE : <address>** können direkt Wörter im **EEPROM** abgefragt werden. Die Adresse reicht von 0x00 bis 0xFF. Die kleinste adressierbare Einheit, das Wort, besteht daher aus zwei Bytes, also vier Hexadezimalzeichen.

Im Folgenden wird vom „Wort“, bzw. dessen ersten (XX) und zweiten (YY) Byte gesprochen. Dabei gilt: „Wort“ = $256 \times$ „erstes Byte“ + „zweites Byte“ oder auch eine Antwort des Kaffeevollautomaten in der Form **re : YYXX**.

Abbildung 5.1(a) zeigt das Speicherschema des **EEPROM**.

5.1.1 Kaffeezubereitung

Der Kaffeevollautomat unterscheidet bei der Zubereitung zwischen einem einmaligen Pulver-Kaffee und der normalen Zubereitung über das Bohnenfach. Nur im Falle eines Pulver-Kaffees zählt die Maschine den Zähler in Wort **06₁₆** um einen hoch. 1 großer Kaffee, 2 große Kaffees, 1 kleiner Kaffee, 2 kleine Kaffees und ein Spezialkaffee werden bei einer Zubereitung über

5 ERGEBNISSE



Abbildung 5.1: Speicherschema der Jura Impressa S9

Adresse	DEC	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	HEX	0x00	0x01	0x02	0x03	0x04	0x05	0x06	0x07	0x08	0x09	0x0A	0x0B	0x0C	0x0D	0x0E	0x0F
0	0x00																
16	0x10																
32	0x20																
48	0x30																
64	0x40																
80	0x50																
96	0x60																
112	0x70																
128	0x80																
144	0x90																
160	0xA0																
176	0xB0																
192	0xC0																
208	0xD0																
224	0xE0																
240	0xF0																

WE:00,0001 (Schreibe an Adresse, den Wert)

ok:

Σ 512 Byte

(a) EEPROM

Adresse	DEC	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	HEX	0x00	0x01	0x02	0x03	0x04	0x05	0x06	0x07	0x08	0x09	0x0A	0x0B	0x0C	0x0D	0x0E	0x0F
0	0x00																
16	0x10																
32	0x20																
48	0x30																
64	0x40																
80	0x50																
96	0x60																
112	0x70																
128	0x80																
144	0x90																
160	0xA0																
176	0xB0																
192	0xC0																
208	0xD0																
224	0xE0																
240	0xF0																

RR:00 (eine Reihe = 16 Byte lesen, 0x00-0xFF)
rr:00204000000000006A000102000058 (32 HEX Antwort)

1 Kästchen ≡ 1 Byte
je 0x00-0xFF = 00-255

Σ 256 Byte

(b) RAM

das Bohnenfach einzeln in den Zählern der Wörter 00_{16} bis 04_{16} in eben dieser Reihenfolge erfasst. Der in den Einstellungen des Kaffeevollautomaten angezeigte Bezüge Zähler gibt die Summe der bis hier genannten **sechs Zähler** aus.

Die Zähler in den Worten $0F_{16}$ und 15_{16} werden bei jeder Zubereitung jeweils um **einen inkrementiert**, egal ob ein einfacher oder ein doppelter Bezug erfolgt, ebenso egal ob als Pulver-Kaffee oder über das Bohnenfach. Erreicht der Wert in $0F_{16}$ eine Anzahl von **220** Bezügen erscheint eine Reinigungsankündigung.

Darüber hinaus gibt es zwei partielle Zähler in den Worten $0D_{16}$ und 10_{16} , die ungefähr bei jeder dritten Zubereitung oder Spülung um **einen inkrementiert** werden. Der genaue Grund dafür ist bisher unbekannt.

Der Trester Stand in der Schale dieses Kaffeevollautomaten wird nicht gemessen, sondern bei jeder Zubereitung in zwei Zählern vermerkt. In Wort $0E_{16}$ ist nicht genau bekannt, wann um einen inkrementiert wird. Ab einem Wert von **16** folgt dann aber die Meldung „Trester leeren“.

Ein zweiter Trester Zähler befindet sich hinter Wort 34_{16} . Je nach eingestellter Pulvermenge wird der Zähler um mehrere Einheiten erhöht. Ab einem Wert von **960** folgt ebenfalls die Meldung „Trester leeren“.

Beide Werte werden bei der Entnahme der Schale für mindestens 8 Sekunden automatisch auf **0** zurück gesetzt. Dies geschieht auch bei einer Reinigung.

5.1.2 Kaffee Einstellungen

Die Pulvermenge kann in 29 Stufen auf einer Skala von **0** bis **28**, für einen kleinen Kaffee in Wort 82_{16} , für einen großen Kaffee in Wort 83_{16} und für einen Spezialkaffee in Wort 84_{16} , jeweils im zweiten Byte eingestellt werden. Der Standardwert, über die [N]-Taste am Kaffeevollautomaten, beträgt **5** für einen kleinen Kaffee, **8** für einen großen Kaffee und **11** für einen Spezialkaffee. Die Menge wird automatisch für zwei kleine Kaffees und zwei große Kaffees hochgerechnet.

Die Wassermenge eines kleinen Kaffees wird in Wort 86_{16} , eines großen Kaffees in Wort 87_{16} und eines Spezialkaffees in Wort 88_{16} über beide Bytes hinweg gespeichert. Der Standardwert, über die [N]-Taste am Kaffeevollautomaten, beträgt **180** für einen kleinen Kaffee, **340** für einen großen Kaffee und **380** für einen Spezialkaffee. Auch hier wird die Menge automatisch auf zwei kleine Kaffees und zwei große Kaffees hochgerechnet.

Die Temperatur kann für einen kleinen Kaffee, für einen großen Kaffee und für einen Spezialkaffee jeweils normal oder hoch eingestellt werden. Der Standardwert liegt bei **0** im zweiten Byte von Wort 85_{16} und bedeutet eine normale Temperatur für alle Sorten. Möchte man einen kleinen Kaffee auf heiß stellen addiert man **1**, für einen großen Kaffee addiert

5 ERGEBNISSE

man **2** und für einen Spezialkaffee addiert man **4** auf den alten Wert. Der Wert **7** ist somit das Maximum und bedeutet eine heiße Temperatur für alle Sorten.

5.1.3 (Tee-) Wasser- und Dampfportionen

In Wort **BB₁₆** wird die Größe einer Dampfportion in Sekunden abgespeichert. Nach der eingestellten Zeit endet automatisch die Dampfausgabe am Kaffeevollautomaten beim Bezug einer Dampfportion.

In Wort **BC₁₆** wird die Größe einer Teeportion abgespeichert. Die Einheit ist hier nicht bekannte, es könnte sich aber um die Größenordnung von 0,1 Sekunden handeln. Wird das Drehrad von der Position „Kaffeetasse“ auf „Teeauslass“ gestellt wird eine Teeportion an heißem Wasser ausgegeben und automatisch beendet.

5.1.4 Weitere Maschinen Einstellungen

Wort **24₁₆** speichert im ersten Byte die Information der Wasserhärte. Der Wert **0** deaktiviert die Wasserhärte-Funktion. Die Werte **1** bis **4** repräsentieren die vier Stufen, die im Benutzerhandbuch zur Maschine ausgeführt werden. In dem zweiten Byte wird der Economy Mode gesteuert. **1** aktiviert diesen und **0** deaktiviert diesen.

In Wort **25₁₆** wird die automatische Einschaltzeit des Kaffeevollautomaten bei eingestellter Uhrzeit gespeichert. Das erste Byte speichert die Stunde in einem Wertebereich von **0** bis **23** und das zweite Byte die Minute in einem Wertebereich von **0** bis **59**. Der deaktivierte Zustand ist gegeben, wenn die Stunde auf **0** und die Minute auf **128** steht.

In Wort **26₁₆** steht im zweiten Byte die automatische Ausschaltzeit. Möglich sind die Werte **0, 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16** und **18**. Wert **0** bedeutet deaktiviert, die übrigen Werte geben ein Intervall in halben Stunden an, nach dem sich der Kaffeevollautomat automatisch abschaltet. Das bedeutet, dass 0,5 Stunden das Minimum und 9 Stunden das Maximum ist.

In Wort **31₁₆** befindet sich nach [Kö18] der Maschinen Typ. Dieser kann mittels **RE : 31** gelesen und mittels **WE : 31, xxxx** überschrieben werden.

In Wort **7D₁₆** befindet sich ein Zähler, der bei jedem Einschaltvorgang inkrementiert wird und somit die totale Anzahl an Einschaltvorgängen erfasst. Ausschaltvorgänge werden nicht vermerkt.

In Wort **81₁₆** befindet sich im zweiten Byte die Spracheinstellung. Die folgenden Werte repräsentieren folgende Sprachen: **0** Deutsch, **16** Italienisch, **32** Niederländisch, **48** Spanisch, **64** Englisch, **80** Französisch und **96** Portugiesisch.

In Wort **B0₁₆** wird im zweiten Byte mit einem Wert von **16** der Inkasso Modus aktiviert und mit einem Wert von **0** deaktiviert. Bei eingeschaltetem Inkasso Modus erfolgt kein Bezug mehr über die Bezugstasten an der Vorderseite des Gehäuses, jedoch wird die gedrückte Taste über die UART Schnittstelle weitergeleitet. Mit dem entsprechenden Befehl kann über die

serielle Schnittstelle dann aber die Zubereitung angestoßen werden.

Man erhält von dem Kaffeevollautomaten auf Knopfdruck ?PAE für einen kleinen Kaffe, ?PAF für zwei kleine Kaffees, ?PAA für einen großen Kaffee, ?PAB für zwei große Kaffees, ?PAG für einen Spezialkaffee, ?PAJ für eine Dampfportion, ?PAI für Wasserdampf und ?PAK für heißes Teewasser.

5.1.5 Filter

In Wort $7D_{16}$ wird im zweiten Byte gespeichert, ob ein Filter eingelegt ist. Der Wert **0** steht für „nein“, **8** bedeutet „ja“. Dieser Wert hat Einfluss auf Zähler an anderen Speicherstellen, die zum Teil nur im Falle eines „ja“ weiter gezählt werden.

In Wort 05_{16} befindet sich ein Filter-Zähler, der für jeden neu eingesetzten Filter inkrementiert wird.

Bei einem Filterwechsel werden die Werte in den Worten $B1_{16}$, $B3_{16}$ und $C1_{16}$ (Bedeutung unbekannt) auf **0** zurück gesetzt. Erreicht der Wert in Wort $B3_{16}$ einen Stand von **500** sind 50 Liter Wasserdurchfluss erreicht und der Filter muss gewechselt werden. Laut Handbuch sollte ebenso spätestens nach zwei Monaten der Filter gewechselt werden.

5.1.6 Spülung

In Wort 07_{16} befindet sich ein Gesamtzähler für die Anzahl an Spülungen.

Die partiellen Zähler hinter den Worten $0D_{16}$ und 10_{16} werden auch bei einer Spülung angestoßen. Der Wert in den Worten 11_{16} , bei eingelegtem Filter auch $B1_{16}$ und $B3_{16}$, werden bei einer Spülung um **1** inkrementiert. Erreicht der Wert in Wort $B3_{16}$ den Wert **500** sind 50 Liter Wasserdurchfluss erreicht und der Filter muss gewechselt werden.

5.1.7 Reinigung

Die Meldung wird ausgelöst, wenn der Wert in Wort $0F_{16}$ einen Wert von **220** erreicht hat oder der Wert in Wort 11_{16} einen Wert von **180** erreicht hat. Im ersten Fall sind 220 Beziege erfolgt, im zweiten Fall waren es 180 Spülungen.

In den Worten 07_{16} (Anzahl an Spülungen), 08_{16} (Bedeutung unbekannt), $7C_{16}$ (Bedeutung unbekannt) und am Ende nach der abschließenden Spülung bei eingelegtem Filter in $B1_{16}$ und $B3_{16}$ wird der Wert um **1** inkrementiert. In den Worten 10_{16} und $B3_{16}$ wird der Wert um **10** inkrementiert. Die Werte in den Worten $0E_{16}$, $0F_{16}$, 11_{16} und 34_{16} werden zurück auf **0** gesetzt. Wort 11_{16} wird jedoch anschließend an die abschließende Spülung gleich wieder um **1** inkrementiert.

Wort 29_{16} Byte eins wird zu Beginn einer Reinigung auf **65** gesetzt und am Ende auf **0** zurück gesetzt.

5 ERGEBNISSE

5.2 RAM

Der Random-Access Memory (**RAM**) umfasst 256 Bytes. Der Lesebefehl für eine **RAM** Zeile lautet: RR : <address>. Die Adresse reicht hier von 0x00 bis 0xFF, sodass hier die kleinste Einheit ein Byte, bestehend aus zwei Hexadezimalzeichen, ist. Jedes Byte besitzt acht Bits, die im Folgenden mit den Nummern 0 (= 1×2^0) bis 7 (= 1×2^7) bezeichnet werden.

Abbildung 5.1(b) zeigt das Speicherschema des **RAM**.

Aufgrund starker, aber zum Teil regelmäßiger Schwankungen, wurden die folgenden Bytes über mehrere Speicherauszüge ohne zwischenzeitliche Veränderungen ermittelt und für diese Arbeit ausgeblendet: 02_{16} , 09_{16} , $0C_{16}$, $1C_{16}$ bis 21_{16} , 27_{16} , 28_{16} , $2A_{16}$, $2C_{16}$, $2E_{16}$, 41_{16} , 66_{16} , 67_{16} , $6A_{16}$, $6C_{16}$, 70_{16} , $7C_{16}$, 94_{16} , 95_{16} , 97_{16} , $9C_{16}$, $9D_{16}$, $A2_{16}$, $F1_{16}$ und FC_{16} bis FF_{16} .

Die Aufschlüsselung und der Bezugspunkt für die im Folgenden genannten Rubriken sind die Spalten der Tabelle 5.1 und der Tabelle 5.2.

Unterstrichene und hervorgehobene Zellen sind „immer“ abfragbar. Die einzige Voraussetzung ist die in Abschnitt 3.1.1 beschriebene Verkabelung, sowie eine angelegte Netzspannung an den Kaffeevollautomaten. Der Kaffeevollautomat muss sich dann nicht im eingeschalteten Zustand befinden.

Eingeklammerte Zellen haben sind nicht exklusiv für die genannte Rubrik, sie teilen sich den Wert mit weiteren Funktionen.

5.2.1 Maschine an

Sobald der Kaffeevollautomat eingeschaltet wird ändern sich die Werte mehrerer Speicherstellen im **RAM**. Tabelle 5.1 zeigt die regelmäßigen Änderungen beim Einschalten in der ersten Spalte „Maschine an“. Der Umschwung der sieben Bits erfolgt sofort nach der Betätigung des „Ein“-Schalters, selbst wenn sich der Kaffeevollautomat noch aufwärm und „Bitte warten“ anzeigt. Eine Änderung nach der Aufwärmphase konnte nicht festgestellt werden.

Beim Ausschalten geschehen die Änderungen vice versa.

5.2.2 Schale fehlt

Die beiden linken Kontakte, die eine eingesetzte Schale verbindet, sind voneinander getrennt. Ohne eine eingesetzte Schale schaltet der Kaffeevollautomat sicherheitshalber alle Tätigkeiten ab. Dies wird auch im ausgeschalteten Zustand vermerkt.

Die Änderungen sind in Tabelle 5.1 in der zweiten Spalte dargestellt. In Byte 16_{16} an Bit 0 und in Byte 69_{16} an Bit 0 steht nur eine 0, wenn der Kaffeevollautomat eingeschaltet ist. Die an anderen beiden Bits enthalten zu jeder Zeit den aktuellen Status.

Funktion	Adresslinie an	Schaltfetth	Schaltleeren	Träger leeran	Wasserfüllen	Gefüllt reiigen	Maschine spürn	Abschließend spülen	Assambeleuchthus
Byte	03 ₁₆	0E ₁₆	04 ₁₆	04 ₁₆	10 ₁₆	03 ₁₆	0D ₁₆	0F ₁₆	
Bit	<u>2:0 → 1</u>	<u>2:0 → 1</u>	(3: 0 → 1)	<u>5: 0 → 1</u>	(3: 0 → 1)	<u>7: 0 → 1</u>	(6,3,1: 0 → 1)	3 oder 2: 0 → 1	2 oder 1: 0 → 1
Byte	05 ₁₆	16 ₁₆	0E ₁₆	0E ₁₆	0E ₁₆	22 ₁₆	13 ₁₆		
Bit	<u>5:0 → 1</u>	0: 1 → 0	<u>4: 0 → 1</u>	<u>5: 0 → 1</u>	<u>6: 0 → 1</u>	<u>4: 0 → 1</u>	3,1: 0 → 1		
Byte	16 ₁₆	29 ₁₆	1B ₁₆	80 ₁₆	0F ₁₆	17 ₁₆			
Bit	<u>1: 0 → 1</u>	<u>2: 1 → 0</u>	<u>1: 0 → 1</u>	<u>1,0: 0 → 1</u>	<u>4: 1 → 0</u>		1: 0 → 1		
Byte	44 ₁₆	69 ₁₆	29 ₁₆		4C ₁₆	62 ₁₆			
Bit	<u>0: 0 → 1</u>	0: 1 → 0	<u>6-3: 0 → 1</u>		(0: 1 → 0)		(1: 0 → 1)		
Byte				2B ₁₆	91 ₁₆				
Bit			<u>6-3: 0 → 1</u>		(1: 1 → 0)				
Byte		1A ₁₆				68 ₁₆			
Bit		<u>2: 1 → 0</u>				(6: 0 → 1)			
Bit		<u>1,0: 0 → 1</u>				(5,4: 1 → 0)			

■ Tabelle 5.1: Speicherpositionen im RAM (1)

5 ERGEBNISSE

Funktion	Filter wechseln	Hahn offen	Teeportion	Dampfbezug	Wasserdampfportion	Pulver füllen	Bohnen füllen	Zubereitung	immer	1. Schritt	2. Schritt
Byte	10_{16}	04_{16}	03_{16}	04_{16}	03_{16}	04_{16}	$0E_{16}$			03_{16}	$1; 0 \rightarrow 1$
Bit	$5; 0 \rightarrow 1$	$(3; 0 \rightarrow 1)$	$(6; 0 \rightarrow 1)$	$(3; 0 \rightarrow 1)$	$(3; 0 \rightarrow 1)$	$0; 0 \rightarrow 1$	$7; 0 \rightarrow 1$				$1; 0 \rightarrow 1$
Byte	22_{16}		$0F_{16}$	$0B_{16}$	$0B_{16}$		$0B_{16}$			$0B_{16}$	$(3; 1 \rightarrow 0)$
Bit	$3; 0 \rightarrow 1$	$\underline{6; 1 \rightarrow 0}$	$(3; 1 \rightarrow 0)$	$(3; 1 \rightarrow 0)$	$(3; 1 \rightarrow 0)$						
Byte	$F8_{16}$		$4C_{16}$	$0F_{16}$	13_{16}		13_{16}			17_{16}	
Bit	$\underline{0; 0 \rightarrow 1}$	$(0; 1 \rightarrow 0)$	$\underline{5; 0 \rightarrow 1}$	$2; 0; 0 \rightarrow 1$	$2; 0; 0 \rightarrow 1$						$3; 0 \rightarrow 1$
Byte		$4D_{16}$	$4C_{16}$	49_{16}	49_{16}					62_{16}	
Bit		$3; 1; 0 \rightarrow 1$	$(0; 1 \rightarrow 0)$	$(0; 0 \rightarrow 1)$	$(0; 0 \rightarrow 1)$						$(1; 0 \rightarrow 1)$
Byte			68_{16}	$4C_{16}$	$4C_{16}$					68_{16}	
Bit			$(6; 0 \rightarrow 1)$	$(0; 1 \rightarrow 0)$	$(0; 1 \rightarrow 0)$						$(5; 1 \rightarrow 0)$
Byte	$F9_{16}$		$4D_{16}$			$0A_{16}$	03_{16}				
Bit	$7; 6, 5, 4, 2; 0 \rightarrow 1$			$3; 1; 1 \rightarrow 0$		$6; 0 \rightarrow 1$	$7; 4; 0 \rightarrow 1$				
	$(0_{10} \rightarrow 244_{10})$			$0; 0 \rightarrow 1$		$(2; 0; „Kaffee“)$	$(7 \text{ nicht manuell})$				

■ Tabelle 5.2: Speicherpositionen im RAM (2)

5.2.3 Schale leeren

Die linken beiden und der rechte Kontakt sind kurzgeschlossen. Der Wasserstand in der Auffangschale ist dann gefährlich hoch und der Kaffeevollautomat schaltet sicherheitshalber alle Tätigkeiten ab. Dies wird auch im ausgeschalteten Zustand vermerkt.

Die Änderungen sind in Tabelle 5.1 in der dritten Spalte dargestellt.

5.2.4 Trester leeren

Hat einer der beiden Trester Zähler seine Grenze erreicht, erfolgt die Aufforderung den Trester zu leeren. Indem die Schale für mindestens acht Sekunden entnommen wird, werden beide Zähler auf 0 zurück gesetzt.

Eine wichtige Ergänzung zur Tabelle 5.1 ist, dass nur der Trester Zähler im EEPROM in Wort 34_{16} die Änderung im RAM in Byte 80_{16} an den Bits 1 und 0 auslöst. Um allgemein diese Meldung ausschließen zu können muss sich der Kaffeevollautomat im eingeschalteten Zustand befinden.

5.2.5 Wasser füllen

Bei dieser Meldung schließt der magnetische Schwimmer im Wassertank nicht den Kontakt und die Meldung leuchtet auf. Der Wasserspiegel kann hierbei zu niedrig sein oder der Wassertank wurde zum Auffüllen oder Wasser Wechseln entnommen. Dies wird auch im ausgeschalteten Zustand vermerkt.

Die Änderungen sind in Tabelle 5.1 in der fünften Spalte dargestellt.

5.2.6 Gerät reinigen

Sind 220 Beziege oder 180 Spülungen erreicht, wird eine Reinigung gefordert. In Byte 10_{16} an Bit 7 und in Byte 22_{16} an Bit 4 steht dann je eine 1, siehe Tabelle 5.1 Spalte sechs.

5.2.7 Maschine spült

Wenn der Kaffeevollautomat eine Spülung vornimmt wird dies in mehreren Bits vermerkt. Die Änderungen sind in Tabelle 5.1 in der siebten Spalte dargestellt.

5.2.8 Maschine vor dem Ausschalten spülen

Der Kaffeevollautomat erzwingt eine Spülung vor dem Ausschalten, wenn während der Betriebszeit ein Kaffeebezug erfolgte, ohne eine abschließende Spülung vorgenommen zu haben. In Byte $0D_{16}$ an den Bits 3 und 2 steht in diesem Fall mal an dem einen und mal an

5 ERGEBNISSE

dem anderen Bit eine **1**. Dieser Merker befindet sich sehr wahrscheinlich hier, auch wenn die genau Bedeutung der einzelnen Bits nicht sicher bekannt ist.

5.2.9 Tassenbeleuchtung

Bei einer Zubereitung oder laut Benutzerhandbuch auch durch das Drücken einer beliebigen Taste im ausgeschalteten Zustand wird die Tassenbeleuchtung eingeschaltet. Nach drei Minuten schaltet die Tassenbeleuchtung dann wieder automatisch ab.

In Byte **0F₁₆** an den Bits **2 bis 1** steht bei eingeschalteter Tassenbeleuchtung „immer“ mindestens eine **1**. Beim Betreten des Menüs oder auch beim Ausschalten wird mindestens eine **1** gesetzt. Eine genaue Aufschlüsselung oder Zuordnung der beiden Bits zu bestimmten Rahmenbedingungen konnte nicht hergestellt werden.

5.2.10 Filter wechseln

Ist ein Durchfluss von 50 Litern erfolgt, erscheint diese Meldung mit der Aufforderung den Wasserfilter auszuwechseln. Die Änderungen sind in Tabelle 5.2 in der ersten Spalte dargestellt. Diese Meldungen kann im ausgeschalteten Zustand des Kaffeevollautomaten abgefragt werden.

5.2.11 Hahn offen & Teeportion

Wird der Drehknauf von der „Kaffeetasse“ weg gedreht, wird der Hahn geöffnet. Erreicht der Regler darüber hinaus die Stellung des „hinplätschernden Wasserhahns“, ist eine Teeportion aktiv.

Die Änderungen sind in Tabelle 5.2 in der zweiten und dritten Spalte dargestellt. Auch diese Meldungen können im ausgeschalteten Zustand des Kaffeevollautomaten abgefragt werden.

5.2.12 Dampfbezug & Wasserdampfportion

Beim Dampfbezug wird bis zur erneuten Betätigung der Taste heißer Wasserdampf aus dem rechten Rohr ausgegeben. Eine Wasserdampfportion ist zeitlich begrenzt und kann in den Einstellungen dimensioniert werden.

Die Änderungen sind in Tabelle 5.2 in der vierten und fünften Spalte dargestellt. Die einzige Position für eine sichere Unterscheidung ist in Byte **13₁₆** an Bit **1**, wo nur bei dem Dampfbezug eine **1** steht.

5.2.13 Pulver füllen

Hinter der Wartungsklappe befindet sich die Wahltaste für vorgemahlenes Kaffeepulver. Wird diese betätigt, wird der nächste Kaffeebezug einmalig über das Pulverfach zubereitet und

es werden keine Bohnen gemahlen. Dieser Modus kann ebenfalls über die serielle **UART** Schnittstelle mit dem Befehl FA:03 ausgelöst werden.

In Byte 04_{16} an Bit 0 befindet sich dann eine 1, die nach dem nächsten Bezug automatisch wieder auf 0 zurück gesetzt wird.

5.2.14 Bohnen füllen

In Byte $0E_{16}$ an Bit 7 steht eine 1 im Falle fehlender oder verklemmter Bohnen. Die Meldung verschwindet mit ausreichend Bohnen im Steinchen losen Bohnenfach beim nächsten Bezug.

5.2.15 Zubereitung

Für eine Kaffeezubereitung werden im ersten Schritt die Bohnen gemahlen. In Byte 03_{16} an den Bits 7 und 4 steht dann je eine 1. In Byte 03_{16} an Bit 7 steht nur während einer Kaffeezubereitung eine 1 und nicht im Falle des manuellen Starts des Mahlwerks mit dem Befehl FN:07 oder FN:09.

Im zweiten Schritt wird er Kaffee Aufgebrüht und Ausgeschenkt. Die Änderungen sind in Tabelle 5.2 in der letzten Spalte dargestellt.

Über die gesamte Zeit steht in Byte $0A_{16}$ an Bit 6 eine 1. Darüber hinaus steht in Byte $0A_{16}$ an den Bits 2 bis 0 die gewählte Portion kodiert. 1 steht für einen kleinen Kaffee, 2 steht für 2 kleine Kaffees, 3 steht für einen großen Kaffee, 4 steht für 2 große Kaffees und 5 steht für einen Spezialkaffee.

5.2.16 Geteilte Bits

In Tabelle 5.1 und Tabelle 5.2 sind mehrere Einträge eingeklammerte. Im Folgenden sollen einige Zusammenhänge gegenüber gestellt werden:

In Byte 03_{16} an den Bits 6 und 1 steht der Wert auf 1, wenn der Kaffeevollautomat eine Spülung vornimmt, eine Teeportion ausschenkt oder sich manchmal in der Zubereitung eines Kaffees befindet. In Byte 03_{16} an Bit 6 war gerade die Zubereitung unregelmäßig, während sich Byte 03_{16} an Bit 1 reproduzierbar verhielt. Auch in Byte 62_{16} an Bit 1 steht eine 1 und in Byte 68_{16} an Bit 5 steht eine 0 wenn die Maschine spült oder sich im zweiten Schritt der Zubereitung befindet. In Byte 68_{16} an Bit 6 steht eine 1, wenn eine Teeportion ausgegeben wird oder die Maschine spült.

In Byte 03_{16} an den Bits 3 und kommen eine Wasserdampfportion sowie das Einschalten direkt nach dem Ausschalten mit abschließender Spülung zusammen.

In Byte 04_{16} an Bit 3 steht eine 1, wenn die Schale fehlt, der Wassertank fehlt oder die Schale voll ist, aber auch beim offenen Hahn oder dem Dampfbezug.

5 ERGEBNISSE

In Byte 04_{16} an Bit 3 steht eine 0 bei einer Teeportion, beim Dampfbezug, bei einer Wasserdampfportion oder auch bei der Zubereitung eines Kaffees. In Byte $4C_{16}$ an Bit 0 steht eine 0 beim Wasser füllen oder offenem Hahn. Auch in Byte 91_{16} an Bit 0 steht eine 0 beim Wasser füllen aber wechselhaft bei der Zubereitung eines Kaffees.

In Byte 16_{16} an Bit 0 und Byte 69_{16} an Bit 0 steht eine 0, wenn die Schale fehlt oder die Maschine aus ist, andernfalls befindet sich der Kaffeevollautomat hier in einem betriebsbereiten Zustand.

5.2.17 Deutung und Zähler

Im **RAM** könnte Byte 13_{16} an den Bits 2 bis 0 für eine interne Wasserschaltung stehen.

In den Bytes 37_{16} bis $3C_{16}$, in Byte 43_{16} , sowie in den Bytes 71_{16} bis 75_{16} befinden sich sehr wahrscheinlich interne Zählstände, die während einer Kaffeezubereitung oder allgemeiner beim Pumpen von Wasser rauh zählen. In dem Byte $8B_{16}$ sowie bis in das davor liegende Byte $8A_{16}$ reicht eine Zähler für primär den Dampfbezug oder eine Wasserdampfportion, aber auch bei einer Kaffeezubereitung oder Spülung bewegt sich der Zähler.

5.3 Alleinstellungsmerkmal für die API und die Webseite

!!!ToDo!!! Oben gab es mehrere Überlappungen von verschiedenen Funktionen an den gleichen Speicherpositionen im **RAM**. Für die **API** wurde der exklusive Anteil heraus gefiltert und Doppelungen auf die nötigsten Speicherstellen zusammengefasst, um möglichst schnell möglichst wenig Speicher für alle nach außen relevanten Informationen (keine internen Zähler und ungenutzter Speicher etc.) abfragen zu müssen.

!!!ToDo!!! Abgefragte Speicherstellen für die **API** im **EEPROM**: Abbildung 5.2

Abgefragte Speicherstellen für die **API** im **RAM**: Abbildung 5.3 **!!!ToDo!!!**

5.3.1 Display

Das Display der „Jura Impressa S9“ umfasst zwei Zeilen mit je acht Zeichen, die wiederum mit je 5×5 Lichtpunkten dargestellt werden. Tabelle 5.3 zeigt die verfügbaren Schriftzeichen auf. Es handelt sich um arabische Zahlen, große lateinische Buchstaben sowie ein paar Sonderzeichen, die unter anderem eine Skala darstellen können.

0₁₀ bis 31₁₀ und alle **ASCII**-Zeichen über 97₁₀, auch aus der erweiterten **ASCII**-Tabelle von 128₁₀ bis 255₁₀ und darüber, stellt der Kaffeevollautomat nicht mehr als eindeutig bekannte **ASCII**-Zeichen dar. Es handelt sich höchstens um verpixeltes Kanji und wurde in der Tabelle ausgelassen.

5.3 ALLEINSTELLUNGSMERKMAL FÜR DIE API UND DIE WEBSITE

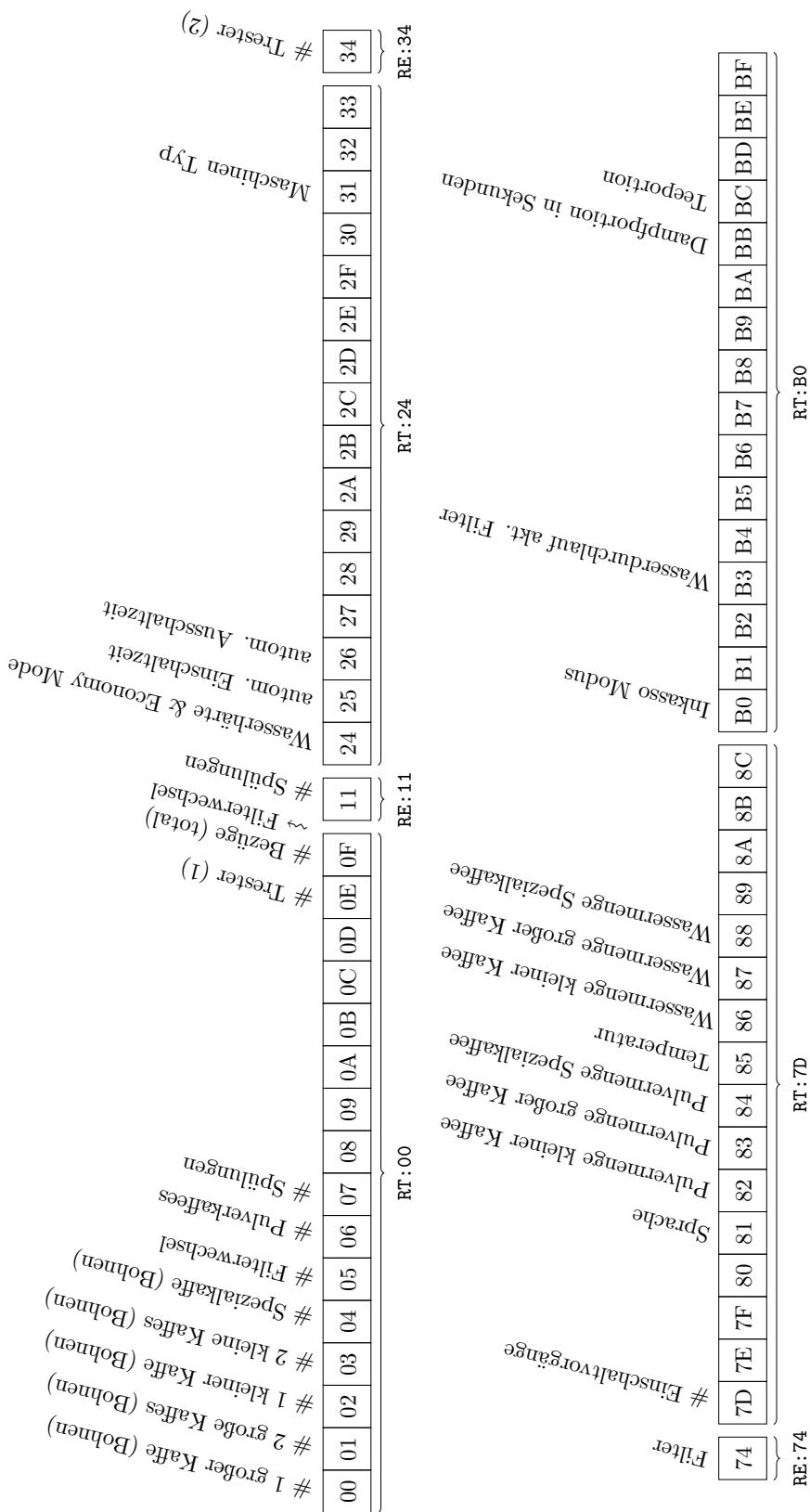


Abbildung 5.2: Abgefragte Speicherstellen für die API im EEPROM (1 Kästchen \equiv 1 Wort)

5 ERGEBNISSE

44	45	46	47	48	49	4A	4B	4C	4D	4E	4F	50	51	52	53	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	8A	8B	8C	8D	8E	8F
RR:44																RR:80															
Dampfbezug; Wasserdampfportion																RR:01															
Trester leeren (nur wegen EEPROM 34 ₁₆)																RR:16															
Zubereitung Schritt 1; Maschine an Pulver füllen																Bezug eines Kaffees; Kaffee Typ															
Maschine vor dem Ausschalten spülen Bohnen, Wasser füllen; Schale fehlt; Trester, Schale leeren Hahn geschlossen; Teeportion; Tassenbeleuchtung Gerät reinigen; Filter wechseln																Zubereitung Schritt 2; Maschine spült															

■ Abbildung 5.3: Abgefragte Speicherstellen für die API im RAM (1 Kästchen ≡ 1 Byte)

5.3 ALLEINSTELLUNGSMERKMAL FÜR DIE API UND DIE WEBSEITE

ASCII		Kaffeevollautomat		ASCII		Kaffeevollautomat	
hex	dez	Zeichen	Display	hex	dez	Zeichen	Display
0 – 31		
0x20	32	Leerzeichen	Leerzeichen	0x41	65	A	A
0x21	33	!	-	0x42	66	B	B
0x22	34	"	█	0x43	67	C	C
0x23	35	#	¤	0x44	68	D	D
0x24	36	\$	¤	0x45	69	E	E
0x25	37	%	¤	0x46	70	F	F
0x26	38	&	⌘	0x47	71	G	G
0x27	39	,	:	0x48	72	H	H
0x28	40	(:	0x49	73	I	I
0x29	41)	:	0x4A	74	J	J
0x2A	42	*	⊛	0x4B	75	K	K
0x2B	43	+	+	0x4C	76	L	L
0x2C	44	,	,	0x4D	77	M	M
0x2D	45	-	-	0x4E	78	N	N
0x2E	46	.	.	0x4F	79	O	O
0x2F	47	/	/	0x50	80	P	P
0x30	48	0	0	0x51	81	Q	Q
0x31	49	1	1	0x52	82	R	R
0x32	50	2	2	0x53	83	S	S
0x33	51	3	3	0x54	84	T	T
0x34	52	4	4	0x55	85	U	U
0x35	53	5	5	0x56	86	V	V
0x36	54	6	6	0x57	87	W	W
0x37	55	7	7	0x58	88	X	X
0x38	56	8	8	0x59	89	Y	Y
0x39	57	9	9	0x5A	90	Z	Z
0x3A	58	:	:	0x5B	91	[〔
0x3B	59	;	;	0x5C	92	\	＼
0x3C	60	<	<	0x5D	93]	〕
0x3D	61	=	=	0x5E	94	^	⌁
0x3E	62	>	>	0x5F	95	_	⌁
0x3F	63	?	?	0x60	96	‘	⌁
0x40	64	@	✉	97-127		a-z { } ~	...

Tabelle 5.3: Verfügbarer Zeichensatz des Displays

5 ERGEBNISSE

Diskussion und Ausblick

!!!ToDo!!! Für den Schluss ACHTUNG: während einer Übertragung ist das interne Bus System gehemmt (Display vollzieht keine Änderung), aber auch Gegenrichtung: wechselnde Displaytexte sorgen für Verzögerungen bei der Übertragung **!!!ToDo!!!**

6.1 Probleme

6.1.1 Kommunikation mit der Kaffeemaschine

Der direkte Zugang ist wahrscheinlich am schnellsten, im laufenden Betrieb aber schlecht möglich, da die Speicheradressen aktiv abgefragt werden müssten und damit Kurzschlüsse in der Elektronik produziert werden. Die serielle **UART** Schnittstelle ermöglicht das Abfragen im laufenden Betrieb, also auch im **RAM**. Jedoch benötigt das Auslesen seine Zeit (7-9 Sekunden für den **RAM** und 10-15 Sekunden für den **EEPROM**). Gerade im **RAM** gibt es viele Veränderungen im Ruhezustand, sodass man auf diesem Weg nie einen zusammenhängenden Speicherauszug zu einem festen Zeitpunkt auslesen kann.

6.1.2 Serielle Kommunikation

Gerätedatei direkt ansprechen Um aufbauend Skripte ausführen zu können war der erste Versuch den Dateideskriptor `/dev/ttyACM0` sowohl lesend als auch schreibend zu nutzen. Zunächst funktionierte dies sehr gut, bis nach wenigen Tagen kaum reproduzierbares Fehlverhalten auftrat. Gerade Antworten der Kaffeemaschine kamen nur noch in Bruchstücken an. Dies wurde bei der Einrichtung bereits im Projekt „CoffeeMachine“[Kö18] in der Readme .md für die Ausführung auf einem Raspberry Pi beschrieben.

Versuche dies direkt zu lösen, in dem eine funktionierende Umgebung nachgebaut wurde, schlügen fehl. Dabei konnte über `screen /dev/ttyACM0 9600` und `exit` die serielle Verbindung initiiert werden. Die Einstellungen können dann über `stty -F`

6 DISKUSSION UND AUSBLICK

/dev/ttyACM0 eingesehen werden, jedoch war es nicht das selbe nur diese Einstellungen über den Befehl

```
stty -F /dev/ttyACM0 9600 raw \
ignbrk -brkint -icrnl -imaxbel \
-opost -onlcr \
-isig -icanon -iexten -echo -echoe -echok -echoctl -echoke
```

■ Listing 6.1: stty zum setzen der Verbindungseinstellungen

nachzubauen.

C++ und die libserial-Library Für eine sichere Verbindung wird in dem C++ Programm auf die im Linux Repository erhältliche Library *libserial* zurückgegriffen. Beim Verbindungsauftakt über die *connect()* Methode der *SerialConnection* Klasse wird die Schnittstelle initialisiert. Hier werden der Gerätepfad, die Baudrate und eine erwartete Mindestlänge festgelegt.

Kommandos gehen zuverlässig an den Arduino raus und ausgelesene Antworten kommen nun im Ganzen an. Der *read* Befehl ist ein blockierender Aufruf, der das Programm anhält bis eine Antwort vorliegt. Dies stellt für die Speicherauslesung kein Problem da, da die ordnungsgemäßigen Befehle immer ein *ok :* oder *xx : 0-F* Speicherauszug zurück geben.

6.1.3 Unbekannte Speicherorte

Bis auf den Speicherort des veränderbaren Standardtextes konnten alle Einstellungen und Grenzwerte sowie ein paar Funktionsabläufe festen Speicherstellen zugeordnet werden. Da der Standardtext eine Stromunterbrechung nicht übersteht, liegt er sehr wahrscheinlich im **RAM** oder einem weiteren flüchtigen Speicher der Maschine. Selbst unter der Annahme, dass die Maschine vielleicht nur die halbe **ASCII**-Tabelle pro Zeichen benutzt und dadurch zwei Displayzeichen pro Byte kodiert, konnten einfache und monotone Texte wie **AAAAAAA** nicht in einem Speicherauszug wiedergefunden werden.

Um dies weiter zu ergründen muss künftig ein Blick in die Maschine erfolgen um die vorhandenen Speicher und deren Größen zu bestimmen. Nach dem Datenblatt des Mikrocontrollers [Hol17] gibt es vier Ausführungen, von der aber keine den 256 Byte **RAM** und 512 Byte (256 Wörter) **EEPROM**, die über die seriellen Befehle adressierbar sind, entspricht.

6.2 Aussagekraft der Ergebnisse

EEPROM Menüeinstellungen recht sicher, einige partielle Zubereitungszähler aber weniger (Firmware unbekannt)

6.3 EINORDNUNG ZUR TERMINOLOGIE DES REVERSE ENGINEERINGS

RAM mehrere Status Bits einigermaßen sicher (vor allem die im ausgeschalteten Betriebszustand); durch viele unregelmäßige Veränderungen wurden aber mehrere Bytes außer acht gelassen, die an bestimmten Bit Positionen wichtige Flags enthalten könnten!

Unsicherheit durch mehrere Speicherpositionen für ein und die selbe Funktion: ggf. verbirgt sich hinter einzelnen Positionen noch eine andere Bedeutung oder eine bisher unbekannte Abhängigkeit für weitere Funktionen

Es fehlen (wichtige?!), im Benutzerhandbuch dokumentierte, Meldungen wie: Gerät verkalkt, Störung 2, Störung 8, sowie etliche Menümeldungen während der internen Programmabläufe.

6.3 Einordnung zur Terminologie des Reverse Engineerings

Diese Arbeit besteht im wesentlichen aus den zwei Teilen, den Speicher zu analysieren und zu verstehen, bzw. das Wissen darüber in einer neuen Oberfläche einfach zur Verfügung zu stellen. Ein kurzer Rückblick in Abschnitt 2.1 erinnert an die Begriffe *Forward Engineering*, *Reverse Engineering*, *Redocumentation*, *Design Recovery*, *Restructuring*, und *Reengineering*.

Für den ersten Teil wurden eine gegebene serielle Schnittstelle, sowie bereits implementierte Befehle ausgenutzt, um den Speicher auszulesen. Viele Aufnahmen, mit kleinen Veränderungen zwischendurch, ließen Rückschlüsse auf die Bedeutung der Werte an bestimmten Speicherstellen zu. Gerade mit den Überlegungen, was während einer Aktion am Kaffeevollautomaten alles im Speicher passiert, lässt sich diese Tätigkeit dem Begriff *Reverse Engineering* zuordnen. Aus dem fertig implementierten und gegebenen System werden Rückschlüsse auf das Design der Maschine gezogen. *Redocumentation* trifft aufgrund fehlender Spezifikationen und Quellcodeauszügen wenig zu. Betrachtet man aber das Benutzerhandbuch und Interneteinträge über Erfahrungen mit der Maschine als externe Informationen, sowie Schlussfolgerungen und Unschärfe logik über den **RAM**, kann dieser Part auch als *Design Recovery* über den Speicher angesehen werden.

Mit diesem Wissen des ersten Teils wurde dann im zweiten Teil etwas Neues geschaffen. Das Abfragen der aktuellen Einstellungen und Zustände bietet eine neue Oberfläche, die als *Redocumentation* oder *Restructuring* angesehen werden kann. Für die *Redocumentation* spricht das neue Ausgabeformat auf der Ebene der Implementierung. Ein eigenes Gerät ist zur Alternative (Ausnahmen siehe 6.2) für das kleine Display des Geräts geworden und gibt den aktuellen Zustand in ausführlicherer Weise aus. Ohne eine präventive Instandhaltung beabsichtigt zu haben ist *Restructuring* aber auch zutreffend, da Wissen aus dem ersten Teil hier eingeflossen ist. Wenn die Bedeutung bestimmter Speicherstellen nicht bekannt gewesen wäre, hätten die eingestellten Werte keine Bedeutung gehabt, was für den Begriff *Restructuring* spricht.

6 DISKUSSION UND AUSBLICK

Für eine individuelle Zubereitung, wird nur die Datengrundlage kurz zuvor mit einem Impuls von außen verändert, der Kaffee wird dabei nach wie vor von den Standard Abläufen der Kaffeemaschine zubereitet. Die neue Oberfläche kann man als *Restructuring* oder dem allgemeineren *Reengineering* angesehen werden. Da die neue Oberfläche, über die serielle Schnittstelle in Verbindung mit einem eigenen Endgerät, aber sehr von den Bordmitteln der Maschine abweicht passt vielleicht das *Reengineering* etwas besser. Die Funktionalitäten der Maschine sind aber immer noch die Gleichen, das Programmnenü muss nun jedoch nicht mehr betreten werden, um die allgemeinen Geräte Einstellungen für den eigenen Kaffee anzupassen.

Im Detail ist die genau Zuordnung der Begrifflichkeiten immer eine persönliche Auslegung dieser Begriffe. Sehr zutreffend ist das Zitat aus Abschnitt 2.1, denn diese Arbeit hat den Speicher intensiv betrachtet und mittels der Ergebnisse aus dem zweiten Teil um neue Perspektiven bereichert, ohne das Ziel verfolgt zu haben die Maschine zu klonen oder umzubauen.

6.4 Zusammenfassung

!!!ToDo!!! Conclusion !!!ToDo!!! An einer großen Aufgabe, wie der Zubereitung eines Kaffees, sieht man wie **EEPROM** und **RAM** zusammen arbeiten. Eine feste Programmroutine startet und der **RAM** speichert alle Zustände. Freiheiten werden durch eingestellte Werte im **EEPROM** gefüllt. Zählstände und Statusinformationen sämtlicher Komponenten kommen im **RAM** zusammen. Die in Abschnitt 5.2.15 genannten Schritte werden durchlaufen. Und abschließend werden Zählstände im **EEPROM** inkrementiert und dokumentiert.

Ebenso hat auch das Reinigungsprogramm einen festen Ablauf, in dem **EEPROM** und **RAM** zusammen arbeiten, und wo am Ende noch ein weiteres Programm, das der Spülung, angestoßen wird.

6.5 Ausblick

!!!ToDo!!! Mit unendlicher Zeit und unendlich vielem Geld wäre folgendes noch möglich: evtl. !!!ToDo!!! Firmware aus ROM auslesen und disassemblieren -> Vorgänge wirklich verstehen Für folgendes hat die Zeit gefehlt / der Schwerpunkt ging nicht in diese Richtung: Display Texte und Menü-Zählerstand wurden im RAM nicht wiedergefunden, ...

Siehe Abschnitt 6.1.3

C++ Autobahn (crossbar.io) für Mehrbenutzer Betrieb der Webseite, wo sich die Statusinformationen bei einer Abfrage bei allen Nutzern automatisch aktualisieren. Webseite (2): Einheiten, wie Sprachen zu den Werten bei den Spracheinstellungen; zum Teil aber auch gar nicht bekannt, wie beim Trester Zähler (xxx Gramm?)

Literaturverzeichnis

- [CC90] CHIKOFSKY, E. J. ; CROSS, J. H.: Reverse engineering and design recovery: a taxonomy. In: *IEEE Software* 7 (1990), Jan, Nr. 1, S. 13–17. <http://dx.doi.org/10.1109/52.43044>. – DOI 10.1109/52.43044. – ISSN 0740–7459 3, 4
- [Eil05] EILAM, Eldad: *Reversing : secrets of reverse engineering*. Indianapolis, Ind. : Wiley, 2005 <http://www.gbv.de/dms/ilmenau/toc/480966761eilam.PDF>. – ISBN 0764574817 9780764574818 5
- [Hol17] HOLTEK SEMICONDUCTOR INC. (Hrsg.): *HT46F46E/HT46F47E/HT46F48E/HT46F49E Cost-Effective A/D Flash MCU with EEPROM*. Rev. 1.50. Hsinchu, Taiwan: Holtek Semiconductor Inc., April 2017. <http://www.holtek.com.tw/documents/10179/11842/HT46f4xev150.pdf>. – <http://www.holtek.com/productdetail/-/vg/46f4xe> 44
- [Ing94] INGLE, Kathryn A.: *Reverse engineering*. New York u.a. : McGraw-Hill, 1994 <http://www.loc.gov/catdir/toc/mh022/94018447.html>. – ISBN 0070316937 9780070316935 4, 5
- [Kö18] KÖSTLER, Maximilian: *CoffeeMachine*. Git Repository. <https://collaborating.tuhh.de/e-17/General/CoffeeMachine>. Version: Januar 2018. – nicht öffentlich 8, 9, 30, 43, 49
- [Off18] OFF, Fabian: *Reverse-engineering a De'Longhi Coffee Maker to precisely bill Coffee Consumption*, Universität Magdeburg, Diplomarbeit, Februar 2018 5
- [Sal09] SALEH, Kassem A.: *Software engineering*. Boca Raton, Fla. : Ross, 2009. – ISBN 1932159940 9781932159943. – Literaturangaben 3

LITERATURVERZEICHNIS

Inhalt der CD

Inhalt	Beschreibung
thesis.pdf	Diese Arbeit in digitaler Form
JuraCoffeeMemory/	Das entwickelte Projekt
JuraCoffeeMemory/arduino/arduino.ino	Das Arduino Skript aus [Kö18]
JuraCoffeeMemory/data/	Die aufgenommenen Speicherauszüge im JSON Format
JuraCoffeeMemory/doxygen/	Die Doxygen Dokumentation
JuraCoffeeMemory/manual_jura/	Handbuch und Abbildung des Kaffeevollautomaten aus [Kö18]
JuraCoffeeMemory/result/	Ergebnisse der Auswertung
JuraCoffeeMemory/tools/	Kleine Helfer-Programme und Codeschnipsel
JuraCoffeeMemory/website/	Die Webseite zur Visualisierung

■ **Tabelle A.1:** Inhalt der CD