

FH Aachen

Fachbereich Elektrotechnik und Informationstechnik

Studiengang Informatik

Bachelorarbeit

**Integration eines eingebetteten Systems in eine Cloud-Infrastruktur
am Beispiel eines autonomen Spielfelds**

vorgelegt von

Marcel Werner Heinrich Friedrich Ochsendorf

Matrikel-Nr. **3120232**

Referent:

Prof. Dr.-Ing. Thomas Dey

Korreferent:

Prof. Dr. Andreas Claßen

Datum:

25. Mai 2021

1 Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit eigenständig und ohne fremde Hilfe angefertigt habe. Textpassagen, die wörtlich oder dem Sinn nach auf Publikationen oder Vorträgen anderer Autoren beruhen, sind als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit wurde bisher keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.

Aachen, den 25.05.2021 _____

2 Abstract

Die Kurzfassung gibt auf ein bis zwei Seiten die wesentlichen Inhalte und Ergebnisse der Abschlussarbeit wieder.

Sie gliedert sich inhaltlich in

- das behandelte Gebiet,
- das Ziel der Arbeit,
- die Untersuchungsmethode,
- die Ergebnisse und
- die Schlussfolgerungen.

Die Kurzfassung enthält keine Schlussfolgerungen oder Bewertungen, die über die Inhalte der Kapitel der Arbeit hinausgehen.

Alle Aussagen der Kurzfassung finden sich in ausführlicher Form in der Arbeit wieder. Die Kurzfassung erhält keine Kapitelnummer.

Inhalt

1	Erklärung	i
2	Abstract	ii
0.3	Einleitung	1
0.3.1	Motivation	1
0.3.2	Zielsetzung	1
0.3.3	Aufbau der Arbeit	2
0.4	Analyse bestehender Systeme und Machbarkeitsanalyse	2
0.4.1	Existierende Systeme im Vergleich	2
0.4.2	User Experience	5
0.4.3	Anforderungsanalyse	6
0.4.4	Machbarkeitsanalyse	6
0.5	Erstellung erster Prototyp	7
0.5.1	Technologieauswahl für ersten Prototypen	7
0.7	Vinaque sanguine metuenti cuiquam Alcyone fixus	7
0.7.1	Aesculeae domus vincemur et Veneris adsuetus lapsum	7
0.7.2	Lydia caelo recenti haerebat lacerum ratae at	8
0.7.3	Image with Caption	8
	Literaturverzeichnis	10
	Abbildungsverzeichnis	13
	Tabellenverzeichnis	14
.1	Anhang	15

0.3 Einleitung

0.3.1 Motivation

- Beginn: Er zieht die Aufmerksamkeit des Lesers durch die Schilderung des Ereignisses auf sich, das zu dem Problem geführt hat.
- Hintergrundinformationen (Herstellung des Kontexts): Gehe tiefer auf das Ereignis ein, indem du mehr Informationen über es vermittelst und dabei auch den Rahmen deiner Forschung skizzierst.
- Brücke zur Problemstellung: Erläutere, inwiefern es sich hierbei um ein Problem handelt, und schlage somit die Brücke zur Problemstellung, die deiner Untersuchung zu Grunde liegt.

0.3.2 Zielsetzung

Das Ziel dieser Arbeit ist es, einen autonomen Schach-Tisch, welcher in der Lage ist Schachfiguren autonom zu bewegen und auf Benutzerinteraktion zu reagieren.

Der Schwerpunkt liegt dabei insbesondere auf der Programmierung des eingebetteten Systems. Dieses besteht zum einem, aus der Positionserkennung und Steuerung der Hardwarekomponenten (Schachfiguren) und zum anderen aus der Kommunikation zwischen dem Tisch selbst und einem in einer Cloud befindlichen Server.

Mittels der Programmierung werden diverse Technologien von verschiedenen Einzelsystemen zu einem Gesamtprodukt zusammengesetzt. Zu diesen Einzelsystemen gehören:

- Programmierung der Motorsteuerung, HMI (zB. Qt oder simple Buttons), NFC Tagerkennung
- Programmierung eines Wrappers für die Kommunikation mit der Cloud (AWS)
- Statemaschine und Implementierung der Spielflusssteuerung
- Backend mit Datenbankanbindung zwischen Server und Embedded-System
- Verwendung eines CI/CD Systems zum automatisierten bauen der Linux-Images für das Embedded-System

0.3.3 Aufbau der Arbeit

beleuchtung existierender ansätze && festlegung zu erwartener Features, Kapitel x+1
zusammenführung in die DK HW, Kapitel x+4 test und fazit, demonstration und validierung
der funktionsfähigkeit

0.4 Analyse bestehender Systeme und Machbarkeitsanalyse

0.4.1 Existierende Systeme im Vergleich

Kommerzielle Produkte

Tabelle 0.1: Auflistung kommerzieller autonomer Schachtische

	Square Off - Kingdom [5]	Square Off - Grand Kingdom [4]	DGT Smart Board [2]	DGT Bluetooth Wenge [1]
Erkennung Schachfigurstellung	nein (Manuell per Ausgangsposition)	nein (Manuell per Ausgangsposition)	ja (Resonanzspule)	ja (Radio- Frequency Identificati- on (RFID))
Tischabmessungen (LxBxH)	486mm x 486mm x 75mm	671mm x 486mm x 75mm	540mm x 540mm x 20mm	540mm x 540mm x 20mm
Konnektivität	Bluetooth Low Energy (BLE)	BLE	Universal Serial Bus (USB) / Seriell	Bluetooth 2.0
Automatisches Bewegen der Figuren	ja	ja	nein	nein

	Square Off - Kingdom [5]	Square Off - Grand Kingdom [4]	DGT Smart Board [2]	DGT Bluetooth Wenge [1]
Spiel	ja	ja	ja	ja
Livestream				
Cloud	ja (über	ja (über	ja (über PC +	ja (über
anbindung	Mobiltelefon +	Mobiltelefon +	App)	PC + App)
(online Spiele)	App)	App)		
Parkposition für	nein	ja	nein	nein
ausgeschiede-				
ne				
Figuren				
Stand-Alone	nein	nein (Mobiltelefon	nein (PC	nein (PC
Funktionalität	(Mobiltelefon	erforderlich)	erforderlich)	erforderlich)
	erforderlich)			
Besonderheiten	Akku für 30	Akku für 15 Spiele	-	-
	Spiele			

Bei den DGT Schachbrettern ist zu beachten, dass diese die Schachfiguren nicht autonom bewegen können. Sie wurden jedoch in die Liste aufgenommen, da diese einen Teil der Funktionalitäten der Square Off Schachbrettern abdecken und lediglich das bewegen der Schachfiguren fehlt. Die DGT Bretter können die Position der Figuren erkennen und ermöglichen so auch Spiele über das Internet bzw. können diese auch Spiele als Livestream anbieten. Diese werden bei Schachturnieren für die Übertragung der Partien sowie die Aufzeichnung der Spielzüge verwendet und bieten support für den anschluss von weiterer Peripherie wie z.B. Schachuhren.

Somit gibt es zum Zeitpunkt der Recherche nur einen Hersteller von autonomen Schachbrettern.

Open-Source Projekte

Bei allen Open-Source Projekten wurden die Features anhand der Beschreibung und der aktuellen Software extrahiert. Besonders bei work-in-progress Projekten können sich die Features noch verändern und so weitere Funktionalitäten hinzugefügt werden.

Des Weiteren gibt es weitere derartige Projekte, in der Tabelle wurde nur diese aufgelistet welche sich von anderen Projekten in mindestens einem Feature unterscheiden.

Auch existieren weitere Abwandlungen von autonomen Schachbrettern, bei welchem die Figuren von oberhalb des Spielbretts gegriffen bzw. bewegt werden. In einigen Projekten wird dies mittels eines Industrie-Roboters [10] oder eines modifizierten 3D-Druckers[7] realisiert, diese wurden hier nicht aufgrund der Mechanik welche über dem Spielbrett montiert werden muss nicht berücksichtigt.

Tabelle 0.2: Auflistung von Open-Source Schachbrett Projekten

	Automated Chess Board (Michael Guerero) [3]	Automated Chess Board (Akash Ravichandran) [8]	DIY Super Smart Chessboard [6]
Erkennung Schachfigurstellung	nein (Manuell per Ausgangsposition)	ja (Kamera / OpenCV)	nein
Tischabmessungen (LxBxH)	keine Angabe	keine Angabe	450mm x 300mm x 50mm
Konnektivität	USB	Ethernet, Wireless Local Area Network (wlan)	Ethernet, wlan
Automatisches Bewegen der Figuren	ja	ja	nein
Spiel Livestream	nein	nein	nein
Cloud anbindung (online Spiele)	nein	nein	ja
Parkposition für ausgeschiedene Figuren	nein	nein	nein
Stand-Alone Funktionalität	nein (PC erforderlich)	ja	ja
Besonderheiten	-	Sprachsteuerung (Amazon Alexa)	Zuganzeige über LED Matrix
Lizenz	General Public License (GPL) 3+	GPL	-

In den bestehenden Projekten ist zu erkennen, dass ein autonomer Schachbrett sehr einfach und mit einfachsten Mittel konstruiert werden kann. Hierbei fehlen in der Regel

einige Features wie das automatische Erkennen von Figuren oder das Spielen über das Internet.

Einige Projekte setzten dabei auf eingebettete Systeme, welche direkt im Schachisch montiert sind, andere hingegen nutzen einen externen PC, welcher die Steuerbefehle an die Elektronik sendet.

Bei der Konstruktion der Mechanik und der Methode mit welcher die Figuren über das Feld bewegt werden ähneln sich jedoch die meisten dieser Projekte. Hier wird meist eine einfache X und Y-Achse verwendet, welche von zwei Schrittmotoren bewegt werden. Die Schachfiguren werden dabei mittels eines Elektromagneten über die Oberseite gezogen. Hierbei ist ein Magnet oder eine kleine Metallplatte in den Fuß der Figuren eingelassen worden.

Die Erkennung der Schachfiguren ist augenscheinlich die schwierigste Aufgabe. Hier wurde in der Mehrzahl der Projekte eine Kamera im Zusammenspiel mit einer auf OpenCV basierenden Figur-Erkennung. Diese Variante ist je nach Implementierung des Vision-Algorithmus fehleranfälliger bei sich ändernden Lichtverhältnissen, auch muss die Kamera oberhalb der Schachfiguren platziert werden, wenn kein transparentes Schachfeld verwendet werden soll.

0.4.2 User Experience

Ein wichtiger Aspekt bei diesem Projekt spielt die User-Experience. Diese beschreibt die Ergonomie der Mensch-Maschine Interaktion und wird durch die DIN 9241[9] beschrieben. Hierbei geht es primär um das Erlebnis, welches der Benutzer bei dem Verwenden eines Produktes erlebt und welche Erwartungen der Benutzer an die Verwendung des Produktes hat.

Bei dem autonomen Schachisch, soll der Benutzer eine ähnlich einfache Erfahrung erleben, wie bei einer Schachpartie mit einem menschlichen Gegenspieler. Der Benutzer soll direkt nach dem Einschalten des Tisches und dem Aufstellen der Figuren in der Lage sein, mit dem Spiel beginnen zu können. Dies soll wie ein reguläres Schachspiel ablaufen, der Spieler vor dem Tisch soll die Figuren mit der Hand bewegen können und der Tisch soll den Gegenspieler darstellen. Dieser bewegt die Figuren der Gegenseite.

Nach Beendigung einer Partie, soll das Spielbrett wieder in die Ausgangssituation gebracht werden, die kann zum einem vom Tisch selber oder vom Benutzer per Hand

geschehen. Danach ist der Tisch für die nächste Partie bereit, welche einfach per Knopfdruck gestartet werden können sollte.

Ein weiterer Punkt welcher bei der User-Experience beachtet werden soll, ist die zeitliche Konstante. Ein Spiel auf einem normalen Schachspiel hat je nach Spielart kein Zeitlimit, dies kann für das gesamte Spiel gelten oder auch für die Zeit zwischen einzelnen Zügen. Der autonome Schach Tisch soll es dem Spieler z.B. ermöglichen ein Spiel am Morgen zu beginnen und erst am nächsten Tag dieses fortzusetzen.

0.4.3 Anforderungsanalyse

alle key requirements welcher der tisch haben soll

0.4.4 Machbarkeitsanalyse

welche technologien werden benötigt

Technologien im Makerspace

stehen diese im makerspace zur verfügung

0.5 Erstellung erster Prototyp

0.5.1 Technologieauswahl für ersten Prototypen

0.6

0.7 Vinaque sanguine metuenti cuiquam Alcyone fixus

0.7.1 Aesculeae domus vincemur et Veneris adsuetus lapsus

Lorem markdownum Letoia, et alios: figurae flectentem annis aliquid Peneosque ab esse, obstat gravitate. Obscura atque coniuge, per de coniunx, sibi **medias commentaque virgine** anima tamen comitemque petis, sed. In Amphion vestros hamos ire arceor mandere spicula, in licet aliquando.

```
1 public class Example implements LoremIpsum {
2     public static void main(String[] args) {
3         if(args.length < 2) {
4             System.out.println("Lorem ipsum dolor sit amet");
5         }
6     } // Obscura atque coniuge, per de coniunx
7 }
```

Listing: TEST

```
1 // Your First C++ Program
2
3 #include <iostream>
4
5 int main() {
6     std::cout << "Hello World!";
7     return 0;
8 }
9
10 }
```

Porrigitur et Pallas nuper longusque cratere habuisse sepulcro pectore fertur. Laudat ille auditi; vertitur iura tum nepotis causa; motus. Diva virtus! Acrota destruitis vos iubet quo et classis excessere Scyrumve spiro subitusque mente Pirithoi abstulit, lapides.

0.7.2 Lydia caelo recenti haerebat lacerum ratae at

Te concepit pollice fugit vias alumno **oras** quam potest rursus optat. Non evadere orbem equorum, spatiis, vel pede inter si.

1. De neque iura aquis
2. Frangitur gaudia mihi eo umor terrae quos
3. Recens diffudit ille tantum

$$p_{ij}(t) = \frac{\ell_j(t) - \ell_i(t)}{\sum_{k \in N_i(t)} \ell_k(t) - \ell_i(t)} \quad (0.1)$$

Tamen condeturque saxa Pallorque num et ferarum promittis inveni lilia iuvencae adessent arbor. Florente perque at condeturque saxa et ferarum promittis tendebat. Armos nisi obortas refugit me.

Et nepotes poterat, se qui. Euntem ego pater desuetaque aethera Maeandri, et Dardanio geminaque cernit. Lassaque poenas nec, manifesta πr^2 mirantia captivarum prohibebant scelerato gradus unusque dura.

- Permulcens flebile simul
- iura tum nepotis causa motus diva virtus Acrota. Tamen condeturque saxa Pallorque num et ferarum promittis inveni lilia iuvencae adessent arbor. Florente perque at ire arcum.

0.7.3 Image with Caption

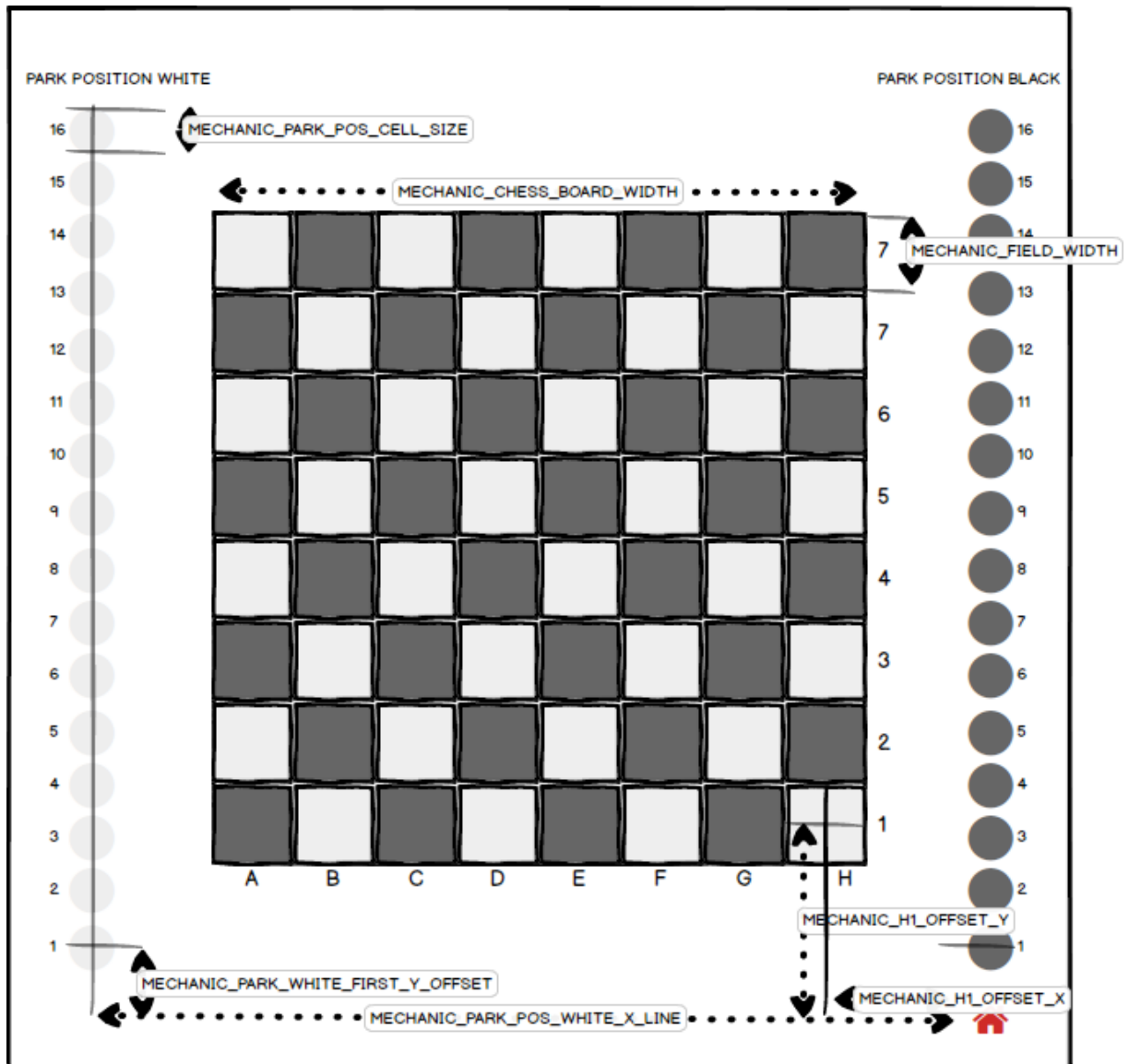


Bild 0-1: Kalibrierungsschema der Mechanik zeigt welche Abstände in der Konfiguration eingetragen werden müssen

Literaturverzeichnis

- [1] DGT: *DGT Bluetooth Wenge*. <https://www.topschach.de/bluetooth-wenge-eboard-figuren-p-3842.html>. Version: 28.03.2021
- [2] DGT: *DTG Smart Board*. <https://www.topschach.de/smart-board-p-3835.html>. Version: 28.03.2021
- [3] GUERERO, Michael: *Automated Chess Board*. <https://create.arduino.cc/projecthub/maguerero/automated-chess-board-50ca0f>. Version: 28.03.2021
- [4] INC., SquareOff: *Grand Kingdom Set*. <https://squareoffnow.com/product/gks>. Version: 28.03.2021
- [5] INC., SquareOff: *Kingdom Set*. <https://squareoffnow.com/product/kds>. Version: 28.03.2021
- [6] MACHINES, DIY: *DIY Super Smart Chessboard*. <https://www.instructables.com/DIY-Super-Smart-Chessboard-Play-Online-or-Against-/>. Version: 28.03.2021
- [7] McEVoy, Brian: *PRINT CHESS PIECES, THEN DEFEAT THE CHESS-PLAYING PRINTER*. <https://hackaday.com/2021/03/06/print-chess-pieces-then-defeat-the-chess-playing-printer/>. Version: 28.03.2021
- [8] RAVICHANDRAN, Akash: *Automated Chess Board*. <https://create.arduino.cc/projecthub/automaters/automated-chess-5dbd7a>. Version: 28.03.2021
- [9] V., Deutsche I. e.: *DIN EN ISO 9241-220 Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Teil 220: Prozesse zur Ermöglichung, Durchführung und Bewertung menschenzentrierter Gestaltung für interaktive Systeme in Hersteller- und Betreiber-*

organisationen. <https://www.din.de/de/mitwirken/normenausschuesse/naerg/veroeffentlichungen/wdc-beuth:din21:289443385>. Version: 04.04.2021

[10] YOUSIFNIMAT: *Chess Robot*. <https://www.instructables.com/Chess-Robot/>. Version: 28.03.2021

Akronyme

BLE Bluetooth Low Energy. 2

GPL General Public License. 4

RFID Radio-Frequency Identification. 2

USB Universal Serial Bus. 2, 4

wlan Wireless Local Area Network. 4

Abbildungsverzeichnis

0-1	Kalibrierungsschema der Mechanik zeigt welche Abstände in der Konfiguration eingetragen werden müssen	9
-----	---	---

Tabellenverzeichnis

0.1	Auflistung kommerzieller autonomer Schachtische	2
0.2	Auflistung von Open-Source Schachtisch Projekten	4

.1 Anhang