

DIPLOMARBEIT

JAVACHESS, CHESSPI ANDCHESS

Höhere Technische Bundeslehr- und Versuchsanstalt Anichstrasse

Abteilung

Elektronik & Technische Informatik

Ausgeführt im Schuljahr 2017/18 von: Betreuer/Betreuerin:

Alexander Beiser 5CHEL
Marcel Huber 5CHEL

Ing. MSc. Signitzer
Markus

Innsbruck, am 03.04.2018

Abgabevermerk:

Betreuer/in:

Datum:

ERKLÄRUNG DER EIGENSTÄNDIGKEIT DER ARBEIT

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Diplomarbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche erkenntlich gemacht habe.

Ort, Datum

Verfasser, Verfasserinnen
Vor- und Zunamen

Ort, Datum

Verfasser, Verfasserinnen
Vor- und Zunamen

i Zusammenfassung des Projektergebnisses

i .1 Kurzfassung /Abstract

Alexander Beiser und Marcel Huber entwickelten im Zuge ihrer Diplomarbeit 2017/18 ein Schachspiel, welches auf einem Personal Computer (PC) , Android-Smartphone und Raspberry PI spielbar ist. Das Schachspiel basierte auf einem bereits von ihnen geschriebenen rohen „Gerüst“.

Dieses Spiel wurde mit der Programmiersprache Java entwickelt, weiteres war für den Raspberry PI ein Gehäuse zu designen und mit einem 3D Drucker zu realisieren. Um das Spielvergnügen für den Raspberry PI auch unterwegs zu ermöglichen, wurde eine Akkusteuerung entworfen und realisiert.

i .1.1 Alexander Beiser

Alexander Beiser war für große Teile des Backends zuständig. Ein Hauptteil bestand aus der Entwicklung einer Chess Engine, also eines Zugmechanismus, welcher speziell für die ebenso von Alexander Beiser erschaffene künstliche Intelligenz performiert wurde. Er entwickelte auch die Akkusteuerung für den Raspberry PI und designete das Gehäuse.

i .1.2 Marcel Huber

Marcel Huber war für weite Teile des Frontend Bereichs zuständig. Der Schwerpunkt lag auf dem Implementieren von JavaFX, dem Verbessern der audiovisuellen Gestaltung und dem Entwickeln eines Netzwerkspielmodus. Auch eine Andorid - Application (App.) sollte entwickelt werden.

i .2 Projektergebnis

Allgemeine Beschreibung, was vom Projektziel umgesetzt wurde, in einigen kurzen Sätzen. Optional Hinweise auf Erweiterungen. Gut machen sich in diesem Kapitel auch Bilder vom Gerät (HW) bzw. Screenshots (SW).

Liste aller im Pflichtenheft aufgeführten Anforderungen, die nur teilweise oder gar nicht umgesetzt wurden (mit Begründungen).

ii Lizenz

Das Schachprogramm ist unter der „Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International Public License“ entwickelt.

Dies räumt jeden Menschen folgende Rechte ein:

- **Teilen:** Das Programm darf frei kopiert und weiterverteilt werden.
- **Verändern:** Das Programm darf frei verändert werden. Somit dürfen natürlich Verbesserungen implementiert werden.

Allerdings muss dies unter den folgenden Bedingungen geschehen:

- **Zuschreibung:** Man muss die Namen der Entwickler entsprechend anführen und angeben, ob Veränderungen gemacht wurden.
- **Nicht kommerziell:** Das Programm darf nicht kommerziell benutzt werden.
- **Gleiche Lizenz:** Sobald Veränderungen gemacht wurden, muss die Originallizenz weiter verwendet werden. Auch darf nicht von der obigen genannten Lizenz abgewichen werden.
- **Gesetzeskonform:** Das Programm darf nicht so verändert werden, dass die Nutzung illegal wird.

iii Danksagung

Vor allem möchten wir unserem Betreuer Ing. MSc. Signitzer Markus für die Unterstützung Danken.

Weiters bedanken wir uns bei Fachlehrer Strohmaier für die Unterstützung beim Bau des Gehäuses.

Auch möchten wir uns bei Elektrotechnik Beiser - Andreas Beiser für die finanzielle Unterstützung bedanken.

Bei unseren Eltern, Brigitte und Andreas Beiser, bzw. bei Gabriele und Alexander Huber.

Die Bereitschaft unserer Beta-Tester unser Programm auf Herz und Nieren zu prüfen und wenn nötig sogar Blut dafür zu vergießen.

Alexander Hold und Thomas Klotz, da wir mit ihnen das Programm so weiter entwickelt haben, um es mit ihrer „Launchpad“ Diplomarbeit kompatibel zu machen.

Inhaltsverzeichnis

Erklärung der Eigenständigkeit der Arbeit	ii
i Zusammenfassung des Projektergebnisses	iii
i .1 Kurzfassung /Abstract	iii
i .1.1 Alexander Beiser	iii
i .1.2 Marcel Huber	iii
i .2 Projektergebnis	iv
ii Lizenz	v
iii Danksagung	vi
1 EINLEITUNG	1
2 VERTIEFENDE AUFGABENSTELLUNG	1
2 .1 Alexander Beiser	1
2 .2 Marcel Huber	1
3 Schach, eine Erklärung	2
3 .1 Was ist Schach?	2
3 .2 Spielregeln	2
3 .2.1 Zugregel Bauer	3
3 .2.2 Zugregel Springer	3
3 .2.3 Zugregel Läufer	3
3 .2.4 Zugregel Turm	3
3 .2.5 Zugregel Dame	4
3 .2.6 Zugregel König	4
3 .3 Schachmaschinen	4
4 Java Chess	5
4 .1 Einführung	5
4 .2 Java Chess - Übersicht	5
4 .2.1 Blockschaltbild	6
4 .3 Package- und Klassenübersicht	7
4 .3.1 audio	7
4 .3.2 backgroundmatrix	7
4 .3.3 game	7
4 .3.4 gui	8
4 .3.5 images	9

4 .3.6 launchpad	9
4 .3.7 network	9
4 .3.8 saveload	9
4 .3.9 start	9
4 .4 Initialisierung	10
4 .5 Repräsentation der Figuren:	10
4 .6 Zugmechanik und Local-Mode	11
4 .6.1 Die Move Klasse - Funktion	11
4 .6.2 Die Move Klasse - Code	13
4 .7 Die grafische Benutzeroberfläche	18
4 .7.1 JavaFX	18
4 .7.2 Das Darstellen des Schachfeldes	19
4 .7.3 Klickbarkeit der Schachfelder	24
4 .8 Schach, Schachmatt und Patt Abfrage	25
4 .8.1 Schach	25
4 .8.2 Schachmatt	26
4 .8.3 Schachking	26
4 .8.4 DRAW (Patt)	27
4 .8.5 DRAW (Code)	28
4 .9 LAN-Mode	30
4 .9.1 Netzwerkprogrammierung unter Java	30
4 .9.2 Netzwerkprogrammierung in JavaChess	31
4 .9.3 Verbindungsvorgang des Clients	32
4 .9.4 Verbindungsvorgang des Hosts	34
4 .9.5 Spielfluss im LAN-Modus	36
4 .9.6 Das Heartbeat - System	38
4 .10 AI-Mode	41
4 .10.1 Prinzipielle Möglichkeiten einer AI	41
4 .10.2 Verwendete Schach-AI-Funktion	42
4 .10.3 Der MinMax-Algorithmus:	44
4 .10.4 Code	45
5 ChessPI	49
5 .1 RaspberryPI	49
5 .2 Touchscreen	49
5 .3 Implementierung von JavaChess	49
6 Akkusteuerung	52
6 .1 Kenngrößen des benötigten Akkumulators	52
6 .2 Wählen des Akkumulators	52

6.3 Der Li-Ion Akku	53
6.4 Idee der 1. Akkusteuerungsschaltung	53
6.4.1 Laden der Akkus	53
6.4.2 Entladen der Akkus	54
6.4.3 Seriell-Parallel Schaltung	54
6.4.4 Sicherheit	55
6.4.5 Schaltung	56
6.4.6 Messung	57
6.5 Idee der 2. Akkusteuerungsschaltung	58
6.5.1 Laden der Akkus	58
6.5.2 Entladen der Akkus	58
6.5.3 Sicherheit	59
6.5.4 Messung	59
6.5.5 Schaltung	60
6.6 Verwendete Lösung	61
7 Gehäuse	62
7.1 Maße der Bauteile	62
7.2 Geplantes mit dem 3D-Drucker gefertigtes Gehäuse	62
7.3 Gehäuse - Kunststoffwerkstätte	64
8 Android	65
9 Beta	66
9.1 AI und Spielmechanik	66
9.2 LAN und GUI	67
10 FERTIGUNGSDOKUMENTATION	68
11 BENUTZERDOKUMENTATION	68
11.1 Installationsanleitung	68
11.2 Anwendungsbeispiele	68
11.3 Referenzhandbuch	68
11.4 Fehlermeldungen und Hinweise auf Fehlerursachen	68
I Abbildungsverzeichnis	I
II TABellenverzeichnis	I
III Literaturverzeichnis	II
IV Abkürzungen	III

V PFlichtenheft	IV
V .1 JAVAChess Konzept	V
V .2 Einzubauende Features	V
V .2.1 JavaChess (Desktop Version - Windows	V
V .2.2 ChessPI (Raspberry PI 3	VI
V .2.3 AndChess (Android)	VI
V .3 Appendix	VI
V .3.1 Vorhandene Bugs	VI
VI Datenblätter	VII
VII ZUSAMMENFASSUNG	XIV
VII .1 Alexander Beiser	XIV
VII .2 Marcel Huber	XV
VII .3 Schlussfolgerung / Projekterfahrung	XVI
VII .4 Alexander Beiser	XVI
VII .5 Marcel Huber	XVII
VII .6 Projektterminplanung	XVII
VII .7 Projektpersonalplanung und Kostenaufstellung	XVIII
VII .7.1 Kostenaufstellung	XVIII
VII .7.2 Arbeitsnachweis Diplomarbeit	XIX

1 EINLEITUNG

Alexander Beiser und Marcel Huber sind beide begeisterte Schachspieler, womit die Entwicklung eines Schachspiels naheliegt. Gegen Ende des 4.Jahres der Höhere Technische Lehranstalt (HTL) trafen sie die Entscheidung ein Schachspiel selber zu entwickeln und keine Diplomarbeit von einer Firma anzunehmen. Für die Entwicklung ihres Schachspiels werden sie von „Elektrotechnik Beiser“ unterstützt. Diese Firma übernimmt die anfallenden Kosten für die Hardwarekomponenten.

Anfang der 5.Klasse der HTL fanden die Sondierungsgespräche mit ihrem Betreuer Ing. MSc. Signitzer Markus, statt welcher ihnen bekannt gab, was im Zuge dieser Diplomarbeit alles erledigt werden muss.

Durch die Gespräche kam man zum Schluss, dass für die Diplomarbeit ein Schachspiel in Java entwickelt werden soll und dieses auf einen RaspberryPI und auch auf Android Geräte potiert werden muss. Weiteres wird eine Akkusteuerung für den RaspberryPI entwickelt und ein Gehäuse designt und mittels schuleigenen 3D-Drucker ausgedruckt.

Das Graphical-User-Interface des Spiels soll mit JavaFX erstellt werden. Das Spiel soll gegen eine selbstentwickelte künstliche Intelligenz spielbar sein, im Hot Seat Modus oder im Local Area Network.

Im Hot Seat Modus spielt man auf einem PC abwechselnd die Partien. Details werden in einem Pflichtenheft festgehalten, dieses Pflichtenheft befindet sich im Anhang.

2 VERTIEFENDE AUFGABENSTELLUNG

2 .1 Alexander Beiser

Überarbeitung des Schachmattalgorithmus, Entwicklung der Zugmechanik und Entwicklung einer künstlichen Intelligenz.

Implementierung des Schachspiels auf den Raspberry-PI, gleichzeitiges designen des Gehäuses für den Raspberry-PI und Entwicklung der Akkuansteuerungsschaltung.

2 .2 Marcel Huber

Entwicklung der Netzwerkfähigkeit und Implementierung von Java FX. Verbesserung und Weiterentwicklung der audio- und visuellen Gestaltung. Entwicklung der Android-App.

3 Schach, eine Erklärung

3 .1 Was ist Schach?

Um den Aufbau des Programmes nachvollziehen zu können, sollten die Grundregeln des Schachspiels geläufig sein. Hier haben wir versucht, die wichtigsten Regeln kurz zusammenzufassen.

Was ist Schach?

Schach ist ein strategisches Brettspiel, indem es darum geht, die feindliche Seite zu schlagen. Die feindliche Seite hat verloren, wenn der König im Schachmatt steht. Der Name Schach kommt aus dem persischen „Schah“ und bedeutet so viel wie König, woher der Name „königliches Spiel“ stammt.

Ursprünglich wurde das Spiel vermutlich in Nordindien erfunden und kam im Zuge der islamischen Expansion, von 630 bis ca. 750, nach Europa [1].

3 .2 Spielregeln

Nach der ersten Erklärung, was Schach ist, kommen wir zu den Spielregeln. Schach wird auf einem 8*8 karierten Feld gespielt. Die Nummerierung erfolgt horizontal durch das Alphabet, a bis h und vertikal durch Ziffern, 1 bis 8. Zu Beginn gibt es zwei Teams, meist Weiß und Schwarz, mit jeweils 16 Figuren. Folgende Figuren sind zu Beginn am Feld:

- 8 Bauern
- 2 Springer
- 2 Läufer
- 2 Türme
- 1 Dame
- 1 König

Das Ende des Spiels erfolgt entweder durch schachmatt, Aufgabe oder durch ein Remis/Patt. Schachmatt bedeutet, dass der König bedroht wird und es dem Spieler nicht mehr möglich ist den König aus dieser Position zu befreien. Patt Möglichkeiten:

- entsteht, wenn eine der Parteien keinen legalen Zug mehr ausführen kann
- Durch ein „technisches Remis“, wenn außer den beiden Königen nur mehr ein Läufer oder Springer am Feld ist.

- Wenn 50 Züge lang keine Spielfigur geschlagen oder kein Bauer bewegt wurde und der am Zug befindliche Spieler das Remis verkündet.
- Wenn eine identische Stellung drei Mal mit identischen Zugmöglichkeiten mindestens drei Mal vorkommt, kann ein Spieler ein Remis beantragen.

Nun folgen die Zugregeln:

3 .2.1 Zugregel Bauer

- Bauer darf einen Schritt nach vorne ziehen, wenn das Feld leer ist.
- Befindet sich der Bauer in der Ausgangsposition und wurde noch nicht gezogen, kann er auch wahlweise zwei Schritte vorrücken.
- Der Bauer schlägt vorwärts diagonal ein Feld.
- Spezialzug: „En Passant“. Dies kann er als einzige Spielfigur, wenn ein feindlicher Bauer zuvor einen Doppelschritt gemacht hat und somit den eigenen Bauern die Option nimmt, den gegnerischen Bauern anzugreifen. Falls er ausgeführt wird, ist der feindliche Bauer vernichtet und der eigene rückt diagonal ein Feld hinter den nicht mehr existierenden Bauern.
- Sobald ein Bauer die gegnerische „Grundreihe“ erreicht, wird ein Bauertausch durchgeführt. Hier muss der Bauer gegen eine Dame eingetauscht werden.

3 .2.2 Zugregel Springer

- Der Springer darf auf das Feld ziehen, dass zwei Felder horizontal bzw. diagonal und eines diagonal bzw. horizontal (gegengleich) versetzt ist. z.B.: Von b8 auf c6

3 .2.3 Zugregel Läufer

- Läufer dürfen diagonal, so weit wie sie wollen ziehen und schlagen, jedoch darf er nicht über eine Figur ziehen.

3 .2.4 Zugregel Turm

- Ein Turm darf horizontal bzw. vertikal ziehen und schlagen wie weit er will, jedoch nicht über Figuren hinweg.

3 .2.5 Zugregel Dame

- Eine Dame darf horizontal, vertikal bzw. diagonal ziehen und schlagen so weit wie sie will, jedoch nicht über Figuren hinweg.

3 .2.6 Zugregel König

- Der König kann horizontal, vertikal bzw. diagonal ein Feld ziehen.
- Spezialzug: „Rochade“. Dabei wird der König entweder zwei Felder nach links, bzw. zwei Felder nach rechts bewegt. Der Turm bewegt sich dabei drei Felder nach rechts bzw. zwei Felder nach links. König und Turm dürfen bis zu diesem Zug noch nicht bewegt worden sein, weiters darf keines der Felder über das sie ziehen, der König oder der Turm bedroht werden.

3 .3 Schachmaschinen

Seitdem es die Möglichkeit gibt einen schachspielenden Mechanismus zu bauen, hat man dies auch getan. Zu Anfang war dies noch der „Schach spielende Türke“, welcher 1769 von Wolfgang von Kempelen konstruiert wurde.

Der richtige Durchbruch geschah aber erst durch die Erfindung des Computers. Die Hardware wurde immer Leistungsfähiger, wodurch der Mensch als Gegner immer weiter in Bedrängung geriet. 1997 schlug der von IBM speziell entwickelte Schachcomputer Deep Blue, den damaligen Schachweltmeister Kasparow, wodurch die Künstliche Intelligenz in diesem Bereich offiziell den Menschen überholt hat.

Heutzutage wird gegen Schachcomputer vor allem zu Trainingszwecken gespielt. Solche Schachcomputer finden sich mittlerweile auf so ziemlich jedem Gerät, egal ob Smartphone, Tablet oder PC/Laptop. Meist sind diese Programme aber Proprietär und „closed source“. Wir entwickeln deshalb ein „open Source“ Schachspiel, dass auf mehreren Devices spielbar ist.

4 Java Chess

4 .1 Einführung

Bevor mit der Dokumentation des Programmcodes begonnen werden kann, werden zuerst einige Möglichkeiten beschrieben, wie ein Schachprogramm prinzipiell programmiert werden kann.

Hierfür gibt es prinzipiell zwei Möglichkeiten:

1. Die Figuren kennen ihre Position
2. Das Brett kennt die Positionen der Figuren

Das die Figuren ihre Position kennen, klingt zuerst gar nicht so abwegig. Probleme treten aber auf, sobald schachmatt überprüft werden soll. Hierfür muss überprüft werden, ob irgendeine gegnerische Figur den König schlagen kann, wofür man aber das Objekt der Figur benötigt. Natürlich ist dies Programmiertechnisch kein Problem, dadurch entstehen aber längere Wartezeiten.

Falls das Brett die Position der Figuren kennt und diese Figuren lediglich über eine Zahlenmatrix dargestellt werden, ist das Spiel nicht nur sehr viel performanter, es ergeben sich auch große Vorteile beim Entwickeln der künstlichen Intelligenz.

Wir entschieden uns für diese Lösung.

4 .2 Java Chess - Übersicht

JavaChess ist in der Programmiersprache Java geschrieben. Java ist eine Objekt-orientierte, Klassenbasierte Hochsprache der Informatik. Java hat den Vorteil, dass es nicht Hardware gebunden ist und somit ein Programm, geschrieben auf einer Distribution des Betriebssystems GNU/Linux (GNU's Not Unix (GNU)) auf (zumindest theoretisch) allen unterstützten Systemen läuft.

Somit können wir unser Spiel auch auf einem Raspberry-PI lauffähig machen.

Das von uns verwendete Graphical-User-Interface (GUI) Environment ist JavaFX. Es wurde erstmals im Dezember 2008 den Programmierern zugänglich gemacht und soll das bis dahin Standard Java GUI Environment „Swing“ ersetzen. Die Unterschiede bestehen im Aufbau, wie eine GUI realisiert werden kann bis hin zu den verbesserten grafischen Effekten, die durch JavaFX möglich sind.

Dadurch wurden die Entscheidungen gefällt Java mit JavaFX zu verwenden.

Java Chess nützt in Folge einige dieser Vorteile aus, vor allem Objektorientiertes Design.

4 .2.1 Blockschaltbild

Hier wird ein Einblick gegeben, wie Java Chess funktioniert. Dies geschieht anhand von einem Blockschaltbild, welches Pakete bzw. Klassen beschreibt:

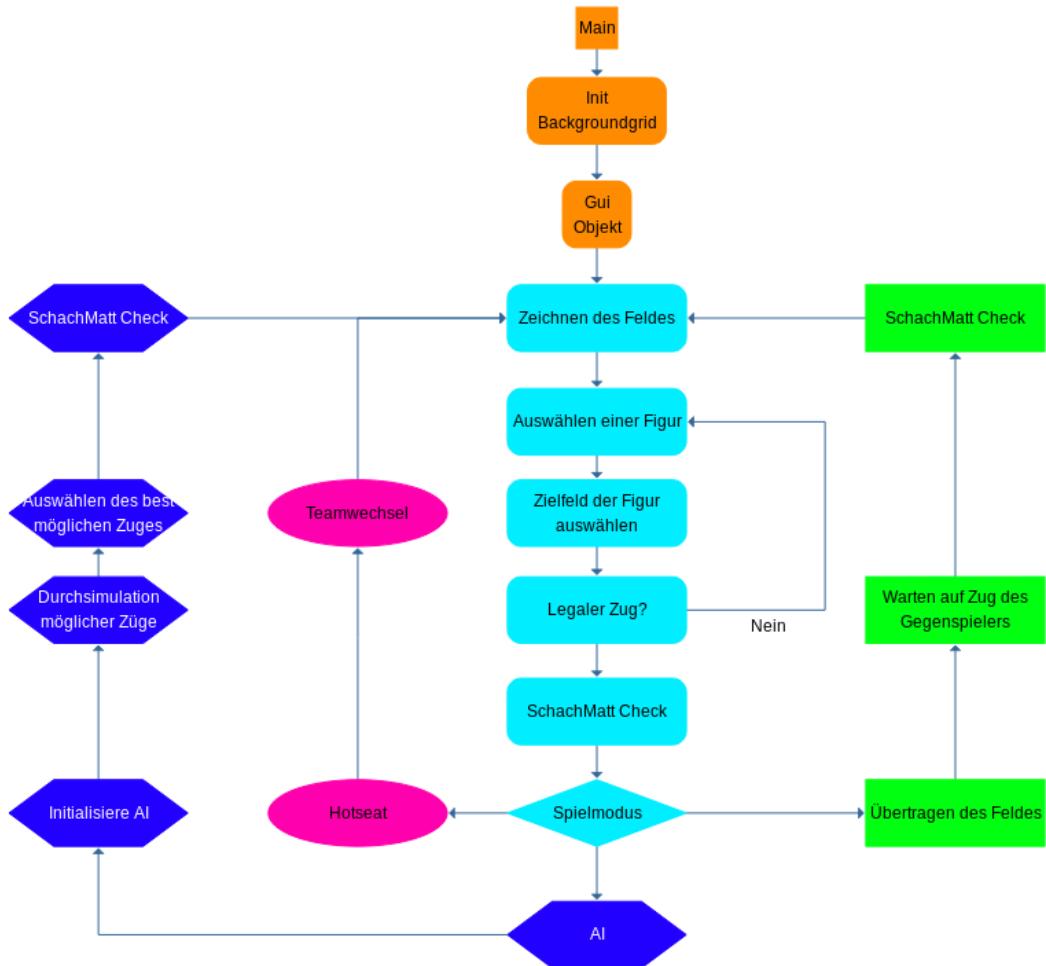


Abbildung 1: Das Blockschaltbild

4 .3 Package- und Klassenübersicht

Im folgenden werden die groben Inhalte und Funktionen der Packages und Klassen zusammengefasst.

4 .3.1 audio

Dieses Package beinhaltet alle Klassen, die benötigt werden, um die Soundeffekte im Spiel abzuspielen. Zusätzlich sind die benötigten Audiofiles enthalten.

- **AudioManager.java:** Diese Klasse managed die zwei Möglichkeiten, Audiodateien im Programm abzuspielen. Warum dies notwendig ist, wird in der entsprechenden Sektion erklärt. Auch die Einstellungsvariablen für die Sounds (z.B. Lautstärke) werden hier gespeichert.
- **JavaFxAudio.java:** Mit dieser Klasse werden die Sounds für den JavaFX - Soundplayer geladen und abgespielt.
- **NativeAudio.java:** Dies Klasse wurde nachträglich hinzugefügt und ermöglicht das Abspielen von Sounds auf Systemen, welche den JavaFX-Soundplayer nicht unterstützen.

4 .3.2 backgroundmatrix

In diesem Package sind Klassen beheimatet, die für die Spiellogik verantwortlich sind.

- **BackgroundGrid.java:** Dies ist eine 'Basisklasse' der Spiellogik. In ihr werden Schach- und Schachmattabfagen durchgeführt. Zusätzlich werden in ihr verschiedene spielrelevante Variablen gespeichert, beispielsweise das aktuell ziehende Team.
- **Move.java:** In dieser Klasse werden die erlaubten Zugmuster für jede einzelne Figur vermerkt und ausgewertet.

4 .3.3 game

Die Klassen für die einzelnen Spielmodi werden in diesem Package abgelegt.

- **AI.java:** Ist quasi Schnittstelle zwischen AILogic und restlichem Spiel. Wird als neuer Thread gestartet, um das restliche Spiel nicht zu beeinflussen. Ruft AILogic auf.

- **AILogic.java:** Hier ist der eigentliche KI-Algorithmus. Wertet alle möglichen Züge nach dem Bestmöglichen aus.
- **AlvsAI.java:** Diese Klasse reguliert den 'geheimen Spielmodus', in dem der Computer gegen sich selbst spielt.
- **LAN.java:** In dieser Klasse werden alle Variablen für den LAN-Spielmodus gespeichert. Zudem werden die Schnittstellen zur Netzwerkkommunikation bereitgestellt.
- **Local.java:** Diese Klasse beinhaltet die Variablen für den lokalen Modus.
- **MovePos.java:** Diese Klasse stellt eine Hilfsklasse dar. Sie wird benutzt, um die momentane, zukünftige, vergangene oder Spezialposition von Figuren zu bestimmen.

4 .3.4 gui

In diesem Package sind alle Klassen zusammengefasst, die etwas mit der GUI, also mit dem 'Graphical User Interface' zu tun haben.

- **About.java:** Diese Klasse generiert ein Popup, welches Auskunft über die Entwickler und die Lizenz gibt.
- **BoardGui.java:** In dieser Klasse wird das Schachbrett gezeichnet. Außerdem werden hier Usereingaben mit der Maus verarbeitet und es werden graphische Effekte erzeugt. Auch wird in dieser Klasse ein Teil des Spielflusses, insbesondere das Senden und Empfangen des Lan-Modus, geregelt.
- **GUI.java:** Diese Klasse erweitert die FX - Applikationsklasse. Sie stellt alle grafischen Elemente dar und regelt deren Platzbedarf. Manche Funktionen, wie beispielsweise das Starten eines neuen Spiels oder das Laden eines Spielfeldes, sind hier enthalten
- **Help.java:** Die Helpklasse erzeugt ein Popup, in welchem die Spielanleitung angezeigt wird.
- **Menu.java:** Die Menüklasse erzeugt das Spielmenü. Alle Funktionen aus dem Menü werden hier ausgeführt oder zumindest aufgerufen. Konkret werden Spielmodi gewechselt, Felder gespeichert oder geladen, neue Spiele gestartet und es werden die Popups aufgerufen.
- **Popup.java:** Diese Klasse erzeugt ein Popup, in dem viele Spielemente konfiguriert werden können. Genauer werden die Lautstärke, AI-Schwierigkeit,

und weitere kleine Einstellungen angeboten. Zusätzlich werden Informationen zum Spiel angezeigt.

- **Tile.java:** Diese Klasse repräsentiert ein Feld auf dem Schachbrett und enthält dessen Informationen.

4 .3.5 images

Dieses Package enthält alle Bilddateien die benötigt werden, um das Spielfeld darzustellen.

4 .3.6 launchpad

In diesem Package sind alle Klassen beinhaltet, welche den Launchpad-Support ermöglichen.

4 .3.7 network

Dieses Package beinhaltet alle Klassen, die benötigt werden, um den Netzwerkspielmodus zu ermöglichen.

- **Heartbeat.java:** Diese Klasse stellt sicher, dass der Verlust einer Netzwerkverbindung erkannt wird.
- **hostingJob.java:** Diese Klasse wird benötigt, um das Hosten eines Netzwerkspiels zu regeln. Genaueres dazu unter (TODO)
- **ReadingJob.java:** Dies Klasse ermöglicht es, Objekte vom Netzwerk zu empfangen.

4 .3.8 saveload

- **Load.java:** Diese Klasse enthält alle notwendigen Funktionen, um Spielstände zu laden. Außerdem werden alle Fehler, die beim Ladevorgang auftreten können, hier bearbeitet.
- **Save.java:** Um Spielstände zu speichern wird diese Klasse benötigt. Sie enthält alle notwendigen Funktionen dazu, und bearbeitet Fehler, die beim Speichern auftreten können.

4 .3.9 start

Dieses Package enthält die Klasse '*Main.java*', welche nur dazu dient, das Spiel zu starten.

4 .4 Initialisierung

Als Referenz bzw. Hilfe siehe 4 .2.1. Zuerst startet das Programm in der Main Methode der Main Klasse. Als Nächstes wird das Backgroundgrid Objekt initialisiert und das GUI-Objekt von der GUI-Klasse geladen.

Dieses Objekt ladet im Anschluss die Board Gui Klasse, welche ein Canvas ist. In diesem ist eine gewisse Art des Zeichnens möglich. Dadurch wird auch das Schachbrett gezeichnet und in dieser Klasse findet der „Spielfluss“ statt.

Im Default Modus startet das Spiel im „Hot-Seat“ game mode, siehe 4 .6. Hier spielt der Spieler zuerst einen Zug, woraufhin kontrolliert wird, ob der Zug legal ist. Da das Spiel im Hot-Seat-Mode startet, wechselt der Spieler und das Schachbrett wird mit der Aufstellung nach Zug 1 neu gezeichnet.

4 .5 Repräsentation der Figuren:

Die Figuren werden über eine Zahlenmatrix repräsentiert. Dabei bekommt jede Figur eine individuelle Zahl zugeteilt.

Eine solche Zahl besteht aus drei Ziffern, z.B.: 102. Diese ist der 2. weiße Bauer, die 1. Ziffer gibt dabei an, ob es Team Weiß (1) oder Schwarz (2) ist. Die 2. Ziffer gibt den Figurentyp an, also Bauer, Turm, etc. Die 3.Ziffer gibt an die wievielte Figur es ist.

Diese Matrix ist in einem Objekt von der „Background-Matrix“ gespeichert.

Zu Beginn einer jeden Partie wird einmal die Startaufstellung im „Constructor“ der „Background-Matrix“ initialisiert:

110	120	130	140	150	131	121	111
101	102	103	104	105	106	107	108
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
201	202	203	204	205	206	207	208
210	220	230	240	250	231	221	211

Tabelle 1: Repräsentation der Figuren

Durch diese Matrix werden in Folge alle Zugberechnungen, KI-Berechnungen, etc. durchgeführt.

4 .6 Zugmechanik und Local-Mode

Sobald das Spiel geladen und initialisiert ist, wird automatisch der Hot-Seat Spielmodus ausgewählt. Beim Hotseat Modus spielt man auf einem Device nacheinander. Dieses eigentliche Spiel geschieht in einem Objekt der „BoardGui“ Klasse. Die BoardGui Klasse ist ein Canvas Objekt, also ein Objekt, auf dem man zum Beispiel zeichnen kann. Diese Funktion wird ausgenutzt, um das Spielfeld zu zeichnen. Wie dies genau geschieht wird in erläutert.

Nun ist der weiße Spieler an der Reihe. Welches Team an der Reihe ist, wird durch den Boolean „team“ bestimmt. Dieser Spielstand wird in einem Objekt der Backgroundgrid Klasse gespeichert. True bedeutet, dass der weiße Spieler am Zug ist, false das der Schwarze am Zug ist.

Der Spieler kann nun die Figur anwählen, die er bewegen möchte, oder die linke Maustaste gedrückt halten und so die Figur über das Brett „schweben“ lassen. In dieser Position werden alle möglichen Bewegungen des Spielsteins angezeigt. Hier ist zu erwähnen, dass potenzielle Angriffe anders dargestellt werden, wie eine Bewegung.

Nun muss der Spieler nur noch das Feld, auf das er ziehen möchte, klicken bzw. die Figur darüber absetzen. Der Move Algorithmus berechnet nun, ob dieser Zug auch möglich ist. Falls dieser Zug erlaubt ist, wird die Hintergrundmatrix entsprechend umgeschrieben, entsprechend den neuen Positionen der Figuren.

Im Hotseat mode wird jetzt das Team gewechselt und die GUI neu gezeichnet, damit die Änderungen in der Matrix sichtbar werden.

4 .6.1 Die Move Klasse - Funktion

Es gibt aber mehrere Möglichkeiten, wie eine Abfrage des erlaubten Zuges entwickelt werden kann. Der 1.Ansatz bestand darin, dass jede Figur ihren erlaubten Zug selber überprüft. Hierbei muss klar sein, dass wir für jede Figur ein eigenes Objekt, des jeweiligen Klassentypes (z.B.: Bauer) angelegt haben. Für die Zugüberprüfung wird an die Figur die Position übergeben, wohin sie ziehen soll und das momentane Spielfeld. Ein Boolean als Rückgabewert hat dann indiziert, ob dieser Zug legal war. Bevor eine solche Move-Abfrage, aber überhaupt durchgeführt werden kann, muss diese auch aufgerufen werden und erkannt werden, welcher Spielstein ausgewählt wurde. Dies geschah über eine weitere Move Klasse Der 1. Ansatz war somit nicht wirklich eine Klasse, sondern auf viele Klassen verteilt. Funktioniert hat dies ohne bekannte Bugs, dadurch ist der Code aber stellenweise sehr unübersichtlich geworden. Das Spiel wurde teilweise nicht performant und eine AI mit diesem Ansatz zu schreiben ist schlicht unvorstellbar.

Der 2. Ansatz bestand darin, alle Zugabfragen in einer Klasse zu implementieren. Dazu wurde dem Objekt dieser Klasse, die Koordinaten des zu bewegenden Spielsteines gegeben, wo dieser ist und wohin gezogen werden soll und das Spielfeld. Geprüft wird wieder, ob der Spielzug erlaubt ist. Auch geschieht die Abfrage, welcher Spielstein ausgewählt wurde wieder über eine extra Klasse.

Vorteile ergeben sich aus der Übersicht, das Problem mit der Performance hat sich auch weitestgehend gelöst. Das Problem mit der KI ist aber geblieben und nun ist ein weiteres Problem dazugekommen: Wenn man auf eine Figur klickt, erscheinen alle Felder, auf die man ziehen kann. Dies ist mit dieser Implementierung der Move Klasse wiederum eine Unmöglichkeit zu programmieren.

Der 3. Ansatz beschäftigt sich mit der Vorschau der möglichen Züge. Man gibt dem Objekt der Move Klasse einfach alles, was bereits im 2. Ansatz übergeben wurde. Nun wird aber ein int[][] aus möglichen Zügen zurückgegeben. Dies funktionierte ohne Probleme.

Das Einzige was als Problem deklariert werden kann, ist das dadurch das „DRY“ (Don’t repeat yourself) Prinzip verletzt wurde. In der Move Klasse gab es nun einmal die Abfrage, ob der Zug erlaubt ist und einmal die Abfrage, welche Züge erlaubt sind. Für die KI ist es von Vorteil, wenn sie alle möglichen Züge eines Spielsteines bekommt. Es sollte aber auch klar sein, welcher Spielstein zuvor auf dem Feld stand, was durch diese Methode nur indirekt möglich ist.

Der 4. Ansatz nimmt sich allen diesen Problemen an, indem den 3. Ansatz ausbaut und eine neue „MovePos“ Klasse einführt. Die Move-Klasse kann nun als eine Art Box verstanden werden: Man sagt der Move Methode, welche Figur man ausgewählt hat und man erhält alle möglichen Züge als MovePos-ArrayList zurück. Der eigentliche Zug muss aber extern durchgeführt werden.

Das Objekt der Klasse MovePos, beinhaltet die alte Position des Spielsteins, die neue Position, die ID des Spielsteins, die ID des Feldes auf das gezogen wurde und für die Rochade bzw. den En-Passant noch zwei weitere Informationen zu den Feldern, wo und was darauf war.

Dadurch wird für die KI-Berechnung, für die Zugüberprüfung und für das Anzeigen aller möglichen Züge die gleiche Basisstruktur der Zugberechnung verwendet. Der Unterschied besteht darin, dass die KI direkt die Zugberechnung aufruft, währenddessen die Zugüberprüfung und das Anzeigen der möglichen Züge auf die Methode GetMove zurückgreift (überschreiben das Spielfeld).

4 .6.2 Die Move Klasse - Code

Die Move Klasse beinhaltet momentan ca. 1400 Zeilen Code.

Die folgende Dokumentation erfolgt als Pseudo Code:

```

import ...

...
public class Move{
    private ArrayList _HitList;
    private ArrayList _MoveList;
    private ArrayList _LastMoveList;
    private boolean _bSelect;
    private int _iSelect;
    ...
    public Move(){
        _bSelect = false;
        ...
        das Standardmaessig keine Figur ausgewaehlt wurde
        ...
    }
    ...
    //Methode fuer Spielerzug bzw. zum anzeigen aller moeglichen Positionen
    public int[][] GetMove(Position und ID von Spielfigur, Objekt von
        Hintergrundmatrix){
        ...
        //Die Differenz zwischen zuvor ausgewahlter Figur und jetzt
        ausgewahlten Zug Feld
        iDif = iPos - _iSelect
        //Wenn die Figur bewegt werden darf
        if(_bSelect && iDif >= 50){
            //ArrayList von der Klasse MovePos
            ArrayList MoveList = getMoveMeeple(Spielfeld, Team, Position Figur)
            for(MovePos MP in MoveList){
                if(MP-Position == Gewaehlte Position){
                    ...
                    Ueberschreiben des alten Feldes mit den neuen Positionen
                    Auch fuer alle Spezialzuege
                    ...
                }
            }
        } else {
    }
}

```

```

    ...
    alle moeglichen Zuege
    ...

    if(Position ist Figur){
        ArrayList MoveList = getMoveMeeple(Spielfeld, Team, Position Figur)
        for(MovePos MP in MoveList){
            if(Zug auf Leeres Feld){
                _MoveList.add(GezogenesFeld)
            }else{
                _HitList.add(GezogenesFeld)
            }
        }
    }

    return GeaendertesSpielfeld
}

//Herzstueck der Move Klasse - gibt alle moeglichen Zuege zurueck
public ArrayList getMoveMeeple(Spielfeld, Position von Spielfigur){
    new ArrayList MovePos...MP
    if(Bauer){
        //Zuege
        if(einfacher Zug moeglich){
            MovePos Zug...
            ...
            MP.add(Zug)
            ...
        }
        if(zweifacher Zug moeglich){
            MovePos Zug...
            ...
            MP.add(Zug)
            ...
        }
        //Schlaege
        if(weisses Team){
            if(Schlag diagonal nach links moeglich){
                MovePos Zug...
                ...
                MP.add(Zug)
                ...
            }
        }
    }
}

```

```

        }

        if(Schlag diagonal nach rechts moeglich){

            MovePos Zug...
            ...
            MP.add(Zug)
            ...

        }

    } else {

        if(Schlag diagonal nach links moeglich){

            MovePos Zug...
            ...
            MP.add(Zug)
            ...

        }

        if(Schlag diagonal nach rechts moeglich){

            MovePos Zug...
            ...
            MP.add(Zug)
            ...

        }

    }

//EnPassant

if(min. 2. Zug){

    ...
    letzterZug = getLastMove
    ...

    if(wenn feindlicher Bauer danebensteht && ID letzter Zug == id
        Bauer daneben && Im letzten Zug 2 Felder bewegt worden sind){

        MovePos Zug...
        ...
        MP.add(Zug)
        ...

    }

} else if(Turm){

    for(i=1 bis 7){

        if(Feld in X bzw. Y Richtung Ziehbar bzw. Figur schlagbar &
            keine Figur dazwischen) {

            MovePos Zug...
            ...
            MP.add(Zug)

    }

}

```

```
    ...
}

}

}else if(Springer){
    if(Feld auf eine von acht Arten ziehbar / schlagbar){
        MovePos Zug...
        ...
        MP.add(Zug)
        ...
    }
}else if(Lauefer){
    for(i=1 bis 7){
        if(Feld in eine von vier Richtungen schlagbar/ziehbar){
            MovePos Zug...
            ...
            MP.add(Zug)
            ...
        }
    }
}else if(Dame){
    for(i=1 bis 7){
        if(Feld in eine von vier Richtungen schlagbar/ziehbar){
            MovePos Zug...
            ...
            MP.add(Zug)
            ...
        }
        if(Feld in X bzw. Y Richtung Ziehbar bzw. Figur schlagbar &&
           keine Figur dazwischen) {
            MovePos Zug...
            ...
            MP.add(Zug)
            ...
        }
    }
}

}else if(Koenig){
    if(Standard Zuege moeglich){
        MovePos Zug...
        ...
    }
}
```

```

        MP.add(Zug)
        ...
    }
    if(Feld 4 Felder links vom Koenig leer){
        if(Check Rochade Bedingungen-alle Felder dazwischen leer-kein
            Feld ist bedroht){
            MovePos Zug...
            ...
            MP.add(Zug)
            ...
        }
    }
    if(Feld 3 Felder rechts vom Koenig leer){
        if(Check Rochade Bedingungen-alle Felder dazwischen leer-kein
            Feld ist bedroht){
            MovePos Zug...
            ...
            MP.add(Zug)
            ...
        }
    }
}

return MP;
}

...
Methode Bauerntausch
...
getSchach //ueberprueft ob Koenig im Schach ist (=vl. illegaler Zug)-via
    Schachmatt Methode
getSchach2 //ueberprueft ob Koenig im Schach ist (Warnung an Spieler)-via
    Schachmatt Methode
...
getter und setter Methoden fuer Private Variablen
}

```

4 .7 Die grafische Benutzeroberfläche

Was wäre ein Spiel ohne grafische Benutzeroberfläche? Eine ansehnliche GUI (engl.: *Graphical User Interface*) ist ein Kernbestandteil jedes Spieles. Um unsere Oberfläche vom Jahre 1998, dem Erscheinungsjahr von Swing, dem Toolkit, das zuvor von uns verwendet, und auch im Unterricht erlernt wurde, in die Gegenwart zu befördern. Mit JavaFX wurde ein modernes und Platformunabhängiges Framework ausgewählt, um die grafische Oberfläche umzusetzen.

4 .7.1 JavaFX

JavaFX ist, wie schon erwähnt, das von uns verwendete Grafikframework für Java. Es stellt den designierten Nachfolger von Swing dar. Das Framework soll das Erstellen von platformübergreifenden, multimedialen GUIs erleichtern und die Lücken, die die veralteten Frameworks beinhalten, füllen. Um JavaFX zu verstehen, wird nun die grundsätzliche Funktionsweise beschreiben.

Nach dem Start, der nicht mehr mit der 'main-Methode', sondern über eine Launch-Methode vollzogen wird, wird eine so genannte 'Stage' angezeigt. Vereinfacht kann man sagen, dass es sich dabei um das Fenster handelt, das angezeigt wird.

Auf der Stage werden überlicherweise eine oder auch mehrere 'Scenes' dargestellt. Eine Scene kann man sich vorstellen wie einen Container, der die grafischen Objekte des Programmes enthält.

Der Szenengraph besteht weiters aus Nodes (also Knoten). Es gibt 'Parent - Nodes' die weitere Nodes als Kinder enthalten können. Eine Node ohne weiter Kinder nennt man 'Leaf'. Diese Leafs stellen die sichtbaren Elemente der GUI dar, also beispielsweise Buttons, Textfenster oder Ähnliches. Die Parten-Nodes sind sozusagen 'innere Knoten', die man sich als unsichtbare strukturelle Elemente vorstellen kann. Eine Applikation muss die Root-Node für eine Scene angeben.

Die Scene stellt das Bindeglied zwischen dem aus Nodes bestehenden Szenengraphen und dem vom Betriebssystem zur Verfügung gestellten Fenster dar. Um dies zu verstehen, nehmen wir beispielsweise an, wir wollen die Größe eines Fensters ändern. Sobald die Größe des Fensters verändert wurde, versucht die Scene, die Änderung an die Root-Node weiterzugeben. Dabei wird die Methode 'isResizable' der Root-Node aufgerufen, welche der Stage mitteilt, ob die Node auf Änderungen reagieren möchte. Ist dies der Fall, verändert die Scene die Größe der Nodes, ansonsten belässt die Scene die bestehende Größen. Auf diese Weise vermittelt die Scene zwischen der Stage und den Nodes.

4 .7.2 Das Darstellen des Schachfeldes

Die erste Frage die bei dem erstellen der Gui aufgetreten ist, war, wie das eigentliche Schachfeld seinen Weg auf den Bildschirm findet. Um diesen ursprünglichen Zweck zu erfüllen, wurde die Klasse 'BoardGui.java' eingeführt, die mittlerweile den Kern der grafischen Oberfläche, in dem das Hauptsächliche spielgeschehen stattfindet, eingeführt.

Die Klasse ist eine erweiterung der Klasse 'Canvas.java', die mit dem JavaFX Framework einzug in die Welt von Java gefunden hat. Das Canvas stellt eine Node dar (vgl. 4 .7.1) und kann somit direkt auf einer Scene angezeigt werden.

Ein Canvas (dt. Leinwand) kann mit einer Zeichenfläche verglichen werden: Mithilfe eines so genannten 'GraphicsContext', einer Klasse, die vom Canvas beinhaltet wird, können Methoden aufgerufen werden, die das Canvas in seiner Darstellung verändern. Somit ist es möglich, auf dem Canvas Linien, Formen, Farben und sogar Bilddateien 'zu zeichnen'.

Da das Schachfeld im Spielverlauf sehr oft neu gezeichnet werden muss wurde dieser Vorgang auf eine Methode ausgelagert. Diese nennt sich 'redraw()'. Was genau geschieht, wenn diese Methode aufgerufen wird, wird im folgenden erläutert.

Als erstes wird mithilfe des GraphicsContext auf der Größe des gesamten Canvas ein braunes Rechteck erstellt, um eine Grundierung für das Spielfeld zu erhalten. Im Anschluss wird die Methode 'DrawGrid(Hintergrundmatrix)' aufgerufen, die mithilfe der Hintergrundmatrix (vgl. Abb. 1) das eigentliche Spielfeld mitsamt den Figuren darstellt.

Dort werden zuerst Skalierungsfaktoren erstellt, die es ermöglichen, die Längeneinheiten, die verwendet werden um Formen zu generieren, unabhängig von der aktuellen Größe des Canvas anzugeben. Diese Faktoren ergeben sich aus der simplen Teilung der aktuellen Canvasgröße durch den Faktor 100. Dadurch erhält man einen Wert, der einem Prozent der Canvasgröße entspricht. Nun ist es komfortabel möglich, die Positionen und Längen der anzuzeigenden Objekte am Bildschirm mithilfe dieses Skalierungswertes in einer prozentuellen Form anzugeben.

Im nächsten Schritt wird begonnen, ein Raster aus zuerst vertikalen und dann horizontalen schwarzen Linien zu 'zeichnen'. Diese bestehen aus dünnen Rechtecken und sollen später die eigentlichen Schachfelder voneinander separieren und für eine saubere Trennung zwischen diesen sorgen.

In einer Schleife werden Werte nach oben gezählt, mit deren Hilfe die Linien in regelmäßigen Abständen dargestellt werden können. Die Abstände, in denen sich die Linien befinden, setzen sich zusammen aus dem Wert, den der Zählstand erreicht hat, multipliziert mit dem Skalierungsfaktor und der Summe aus der Breite einer Linie und der Breite eines späteren Schachfeldes.

Im Folgenden werden die bisherigen Schritte in Form von Pseudocode deutlich gemacht.

```

SkalierungX = Aktuelle Canvasbreite/100;
SkalierungY = Aktuelle Canvashoehe/100;

/* Zeichnen eines Rechtecks:
zeichneRechteck(PoistionX, PositionY, LaengeX, LaengeY);
*/

//vertikale Linien
gc.setFill(Color.BLACK);
for (Zaehlen von 1 bis 9) {
    Abstand in X = (Zahlstand * (Linienbreite in Prozent + Feldbreite
        in Prozent) * SkalierungX;

    zeichneRechteck(Abstand in X, 0, Linienbreite * SkalierungX,
        aktuelle Canvashoehe);
}

//horizontale Linien
for (Zaehlen von 1 bis 9)) {
    Abstand in Y = (Zahlstand * (Linienbreite in Prozent + Feldbreite
        in Prozent) * SkalierungY;

    zeichneRechteck(0, Abstand in Y, aktuelle Canvasbreite, Linienbreite
        * Skalierungsfaktor);
}

```

Anmerkung: *Im eingentlichen Code wird jeweils noch ein 'Offset' hinzugefügt, um Platz für die Beschriftung der Schachfelder zu lassen. Aus Verständlichkeitsgründen wurde hier jedoch auf die erwähnung von diesem Verzichtet.*

Im Anschluss dazu werden die eigentlichen Schachfelder eingefärbt. Dies erfolgt in zwei verschachtelten for-Schleifen, wobei immer eine Zeile von links nach rechts eingefärbt wird, um dann in die nächste Zeile zu springen. Die Farbe der Felder wird nach dem Zählstand der der zwei verschachtelteten Schleifen ausgewählt: Je nachdem, ob die Feldanzahl grade oder ungrade ist muss auch die passende Farbe verwendet werden. Die Positionierung der Felder geschieht mithilfe einer ähnlichen Formel wie zuvor für die Trennlinien - diese setzt sich zusammen aus dem Zählstand

der Schleifen, den Breiten der Felder und Linien und dem Skalierungsfaktor. Nach dem Determiniere der Farben und Längen wird ein Objekt der Klasse 'Tile.java' erstellt, dem für spätere Zwecke eine ID zugewiesen wird. Zusätzlich erhält es die Positionierungs- und Farbparameter, die benötigt werden, um es darzustellen. Danach werden die Felder gezeichnet. Mithilfe des folgenden Pseudocodes sollen auch diese Schritte anschaulich dargestellt werden.

```

for (y von 1 bis 8 zaehlen) {
    for (x von 1 bis 8 zaehlen) {
        if ((y == gerade) { // Even Odd
            if ((x == gerade) {
                farbe1();
            } else {
                farbe2();
            }
        } else {
            if ((x == gerade) {
                farbe2();
            } else {
                farbe1();
            }
        }
    }

    PositionInX = Zahelstand in X * Linienbreite + Zaehlstand in X *
        Feldbreite;
    PositionInY = Zahelstand in Y * Linienbreite + Zaehlstand in Y *
        Feldbreite;
    Tile Feld = new Tile(PositionInX, PositionInY);
    ... //eigenschaften des Feldes setzen (Farbe, ID etc.)
    ZeichneRechteck(PositionInX * SkalierungX, PositionInY *
        SkalierungY, Breite * SkalierungX, Hoehe * SkalierungY);
}

```

Anmerkung: Auch hier wurden die 'Offsets' für die Feldbeschriftungen der Einfachheit halber nicht erwähnt.

Die Darstellung der Figuren erfolgt über eine ähnliche Technik. Wieder handelt es sich um 2 verschachtelte Schleifen, die Zeile für Zeile abarbeiten. Diesmal wird jedoch jedoch nicht unterschieden, ob die Zähler in den Schleifen gerade oder ungerade sind, sondern es wird nach dem zugrundeliegenden Hintergrundraster unterschieden.

Die Figuren werden nicht über vorderfinierte Formen dargestellt, sondern als Bilddateien geladen und mithilfe des GraphicsContext auf die Canvas gebracht. Die Position der Figuren unterscheidet sich bis auf einen Faktor, der die Figuren in die Mitte eines Feld setzt, nicht von den Positionen der Spielfelder.

In folgendem Pseudocode wird dieser auch dieser Teil des Codes veranschaulicht.

```

for (y von 1 bis 8 zaehlen) {
    for (x von 1 bis 8 zaehlen) {
        PositionInX = PositionDesFeldesInX+Figurenkorrektur;
        PositionInY = PositionDesFeldesInX+Figurenkorrektur;
        Figurenzahl = Hintergrundraster bei Zeile x und Spalte y;
        //weisses team
        if (Figurenzahl < 110 && Figurenzahl >= 100) {
            ZeichneFigur(PositionInX, PositionInY, weisser Bauer);
        } else if (Figurenzahl >= 110 && Figurenzahl < 120) {
            ZeichneFigur(PositionInX, PositionInY, weisser Turm);
        } else if (Figurenzahl >= 120 && Figurenzahl < 130) {
            ZeichneFigur(PositionInX, PositionInY, weisser Springer);
        } else if (Figurenzahl >= 130 && Figurenzahl < 140) {
            ZeichneFigur(PositionInX, PositionInY, weisser Laeufer);
        } else if (Figurenzahl >= 140 && Figurenzahl < 150) {
            ZeichneFigur(PositionInX, PositionInY, weisse Koenigin);
        } else if (Figurenzahl == 150) { // white king
            ZeichneFigur(PositionInX, PositionInY, weisser Koenig);
        }
        //schwarzes Team
        if (Figurenzahl < 210 && Figurenzahl >= 200) {
            ZeichneFigur(PositionInX, PositionInY, schwarzer Bauer);
        } else if (Figurenzahl >= 210 && Figurenzahl < 220) {
            ZeichneFigur(PositionInX, PositionInY, schwarzer Turm);
        } else if (Figurenzahl >= 220 && Figurenzahl < 230) {
            ZeichneFigur(PositionInX, PositionInY, schwarzer Springer);
        } else if (Figurenzahl >= 230 && Figurenzahl < 240) {
            ZeichneFigur(PositionInX, PositionInY, schwarzer Laeufer);
        } else if (Figurenzahl >= 240 && Figurenzahl < 250) {
            ZeichneFigur(PositionInX, PositionInY, schwarze Koenigin);
        } else if (Figurenzahl == 250) { // black king
            ZeichneFigur(PositionInX, PositionInY, schwarzer Koenig);
        }
    }
}

```

```
}
```

Um die Erstellung des Spielfeldes abzuschließen und eine Beschriftung für das Schachfeld einzubauen, werden 2 weitere Schleifen (diesmal allerdings nicht mehr verschachtelt) eingebaut. Anhand der Zählstände der Schleifen werden die passende position der Beschriftung und der passende Buchstabe bzw. die passende Zahl bestimmt. Bevor der Text eingefügt wird, werden noch braune Flächen generiert, die genau in den zuvor freigelassenen Offset passen. Anhand von folgendem Pseudo-code wird auch dieser Vorgang veranschaulicht.

```
for (y von 0 bis 7 zaehlen) {
    gc.fillRect(BreiteEinerLinie*SkalierungX, y*Offset*SkalierungY,
               Breite*SkalierungX, BreiteEinesFeldes*SkalierungY);
    bezeichnung=y+1;
    schreibeText(y);
}

for (x von 0 bis 7 zaelhen) {
    gc.fillRect(x*Offset*SkalierungX, BreiteEinerLinie*SkalierungY,
               BreiteEinesFeldes*SkalierungX,Breite*SkalierungY );

    switch (x) {
        case 0:
            s = "A";
            break;
        case 1:
            s = "B";
            break;
        ...
        case 7:
            s = "H";
            break;
    }
    schreibeText(s);
}
```

4 .7.3 Klickbarkeit der Schachfelder

Um den dargestellten Feldern nun auch eine Funktion zu geben, muss man sie dazu bringen, auf Mauseingaben zu reagieren.

Unter JavaFX können die meisten Nodes mit so genannten 'ActionListener' bzw. 'EventListener' versehen werden. Dies sind Objekte, die ab ihrem Erstellungszeitpunkt auf einen bestimmten Typus von Ereignis warten. Die beschriebenen Ereignisse können Mauseingaben, aber auch Tastatureingaben oder die Veränderung einer bestimmten Variable sein.

Auch die Klasse 'BoardGui.java' kann mit solchen EventHandlern versehen werden, da sie ja eine Tochterklasse der unter JavaFX standardmäßig enthaltenen Canvas - Klasse ist.

Um die Schachfiguren zu bewegen, wurde die Methode 'setOnMouseReleased()' der BoardGui - Klasse verwendet. Diese Methode ist ein EventListener, der seinen Code ausführt, sobald ein Mausklick aufhört. In diesem Listener wird nun jener Code ausgeführt, der die korrekte Aktion für den gerade Aktiven Spielmodus ausführt. In folgendem Pseudocode wird dies deutlich gemacht.

```
for(jedes Feld){  
  

    if(Feld ageklickt && Feld mit Figur besetzt){  

        Figur angewaehlt;  

    }else if(Feld angeklickt && Feld nicht mit Figurbesetzt && Figur  

        angewaehlt){  

        zugabfrage();  

        if(Zug ist gueltig){  

            if(Spielmodus ist lokal){  

                ... //Lokaler Modus  

            }  

            if(Spielmodus ist LAN){  

                ... //LAN-Modus  

            }  

            if(Spielmodus ist AI){  

                ... //AI-Modus  

            }  

        }  

    }  

}
```

4 .8 Schach, Schachmatt und Patt Abfrage

Die Schachmatt Abfrage teilt sich in drei Methoden innerhalb der Backgroundgrid Klasse auf:

- Schach
- Schachmatt
- Schachking

4 .8.1 Schach

Die Schachmethode kann auf JEDE Figur angewendet werden und gibt TRUE zurück, wenn diese von einer anderen Figur angegriffen werden kann. Logisch gesehen gibt sie FALSE zurück, wenn die Figur nicht angegriffen werden kann.

Im Prinzip werden alle Figuren aufgerufen und überprüft ob diese die „ausgewählte“ Figur angreifen können.

Pseudo Code:

```

private boolean Schach(Spielfeld, Lokation der Spielfigur auf die Schach
angewendet werden soll){
    for(alle Figuren){
        if(Figur ist Bauer und kann Spielfigur angreifen){
            return true;
        } else if(Figur ist Turm und kann Spielfigur angreifen){
            return true;
        } else if(Figur ist Springer und kann Spielfigur angreifen){
            return true;
        } else if(Figur ist Läufer und kann Spielfigur angreifen){
            return true;
        } else if(Figur ist Dame und kann Spielfigur angreifen){
            return true;
        } else if(Figur ist König und kann Spielfigur angreifen){
            return true;
        }
    }

    return false;
}

```

4 .8.2 Schachmatt

Die Schachmatt-Methode kann nur auf den König angewendet werden. Diese überprüft nacheinander alle Bedingungen, ob der König wirklich Schachmatt ist. Anfangs wird überprüft, ob er dem Angreifer ausweichen kann bzw. schlagen kann. Falls dies nicht möglich ist, wird überprüft ob der Angreifer selbst geschlagen werden kann. Anschließend wird überprüft, ob es möglich ist, zwischen den Angreifer und den König mit irgendeiner Figur zu springen.

Pseudo Code:

```

private boolean Schachmatt(Spielfeld, ID und Postion des Koenigs,
    Backgroundgrid Objekt){
    for(Positionen wo Koenig hinziehen kann){
        if(Position nicht bedroht){
            return false;
        }
    }

    if(Schach Methoden auf Angreifer anwenden == TRUE){
        return false;
    }

    for(alle moeglichen Zuege des Angreifers){
        for(alle Figuren des anderen Teams){
            for(alle Zuege der Figur){
                if(Zug moeglich && dadurch Koenig nicht mehr im Schach){
                    return false;
                }
            }
        }
    }
}

```

4 .8.3 Schachking

Die Schachking Methode wird immer am Ende eines Zuges aufgerufen und überprüft, ob ein Team Schachmatt ist. Falls dieser nicht Schach oder Schachmatt ist, wird nachgesehen ob eine Patt Situation vorherrscht. Dies geschieht in der Draw Methode.

Falls ein Team Schach ist, wird nachgesehen, ob dieser auch Schachmatt ist.

Pseudo Code:

```

public boolean Schacking(team,Spielfeld,auf welche Figur/Position die
    Abfrage gemacht werden soll, Schachmatt/Schach, simulierter Koenig){
    ID = ID des Koenigs

    Schach Abfrage auf ID

    if(wenn Schach nicht zutrifft und Schachmatt ausgefuehrt werden soll){
        Patt Situation soll ermittelt werden
    }
    if(wenn Schach zutrifft und Schachmatt ausgefuehrt werden soll){
        Schachmattabfrage
        if(Schachmatt trifft zu und weisses Team){
            weisses Team verliert
        }
        if(Schachmatt trifft zu und schwarzes Team){
            schwarzes Team verliert
        }
    }
}

```

4 .8.4 DRAW (Patt)

Die CalcDraw() Methode überprüft, ob ein Unentschieden entstanden ist. Welche Möglichkeiten für ein Unentschieden es gibt, befindet sich in den Spielregeln.

Zuerst wird gezählt, wie viele Figuren das jeweilige Team noch hat. Wenn nur mehr der König übrig ist, wird überprüft, ob ein Patt vorherrscht. Es werden alle möglichen Züge des Königs durch simuliert und falls kein gültiger dabei ist, herrscht ein Patt vor.

Weiters wird geprüft, ob sich ein Patt durch zu wenige Spielfiguren ergeben hat, falls dies ebenso nicht der Fall ist, werden noch Threefold-Repetition und die 50 Zug Regel überprüft.

Die Methode CalcDraw() ist eine Methode mit einem privaten Zugriffsmodifikator, womit nur Programmcode innerhalb der BackgroundGrid Klasse darauf Zugriff hat. Die Methode ist eine Erweiterung der SchachKing() Methode, womit diese auch von dort aufgerufen wird.

Der Rückgabetyp der Methode ist ein boolean, welches true zurückgibt, wenn ein Unentschieden vorliegt und false im anderen Fall.

4 .8.5 DRAW (Code)

Folgende Dokumentation des Codes geschieht als Pseudo-Code. Die Kommentare geschehen in Englisch.

```

private boolean CalcDraw(int iID, int[][] iBackground, int KingX, int
KingY, boolean team, BackgroundGrid BGG ){

    int iSum1 = CountMeeplesForTeamWhite;
    int iSum2 = CountMeeplesForTeamBlack;

    if(only King alive - with right team){
        ArrayList-Typ-MovePos KingMoves = GetAllPossibleKingMoves;
        for(MovePos MP : KingMoves){
            //foreach
            SimulateAllMoves;
            if(!SchachAtOneMove){
                return false;
            }
        }
    } else if(Only very few Meeples left, so no CheckMate may occur){
        return true;
    }

    if(TurnRound >= 50){
        iMeeples = CurrentTotalMeepleCount;

        for(simLast50Turns){
            iMeepleRef = TotalMeepleCountAtRoundX;

            if(iMeepleRef == iMeeples for the last 50 turns){
                return true;
            }
            if(APawnHasMovedRelativeToTheCurrentBoardState){
                return false;
            }
        }

    }else if(TurnRound >= 6){
        BoardStates = getAllBoardStates;
    }
}

```

```
if(OneBoardStateOccursThreeTime){  
    APlayerCanClaimDrawByThreefoldRepetition;  
    returned value depends on player decision;  
}  
}  
}
```

4 .9 LAN-Mode

Der Lan-Modus ist jener Spielmodus mit dem die Spieler auch auf getrennten Computern miteinander spielen können. Dabei müssen sie sich im LAN, also im Local Area Network, befinden. Um zu verstehen, wie der LAN-Modus arbeitet, wird eine kurze Einführung in die Netzwerkprogrammierung unter Java gegeben.

4 .9.1 Netzwerkprogrammierung unter Java

Um unter Java eine Verbindung zwischen zwei Computern herzustellen werden so genannte 'Sockets' verwendet. Ein Socket ist ein Objekt, das die Netzwerkverbindung zwischen 2 Maschinen repräsentiert.

Unterschieden wird zwischen den Sockets der Clients, also jenen Teilnehmern, die eine Verbindung aufbauen wollen, und den Sockets der Server, also den Teilnehmern, die auf eine eingehende Verbindung warten.

Ein Objekt der Klasse `Socket` repräsentiert die Verbindung eines Clients, ein Objekt der Klasse `ServerSocket` die eines Servers.

Der Große Unterschied zwischen den beiden Klassen ist, dass mit dem `ServerSocket` keine Daten gesendet oder empfangen werden. Er ist einfach nur dazu da, auf Verbindungen zu warten und diese anzunehmen. Sobald eine gültige Verbindung vorliegt, gibt der `ServerSocket` ein Objekt der Klasse `Socket` zurück, über das der Server dann mit dem Client kommunizieren kann.

Ein Problem an diesem System ist, dass der `ServerSocket` während seiner Wartezeit den weiteren Ablauf des Programmes blockiert. Es kann also nicht weiter bedient oder gar beendet werden. Die Lösung dafür ist jedoch denkbar simpel: Der `ServerSocket` wird während seiner Wartezeit auf einen anderen Thread, also einen Ausführungsstrang, ausgelagert. Dies erlaubt dem Programm, weiter auf Benutzereingaben zu antworten.

Um nun auch Daten senden zu können, muss eine Kette aus 'Streams' erstellt werden. Streams sind Objekte, mit deren Hilfe Daten in ein Java-Programm eingelesen oder geschrieben werden können. Um Objekte Senden und Empfangen zu können, werden `ObjectInputStream`- beziehungsweise `ObjectOutputStream`s verwendet. Dies sind Streams zur 'vorverarbeitung', welche die Daten für einen 'lowlevel-Stream' vorbereiten. Der lowlevel-Stream kümmert sich dann um das schlussendliche Versenden der Daten.

Wenn man nun Objekte mithilfe der Sockets versenden will, so erstellt man einen `ObjectStream`, welchem man den lowlevel-Stream des entsprechenden Sockets als

Argument mitgibt. Diesen erhält man von einer Funktion des Sockets. War der Vorgang erfolgreich können nun ganz bequem mittels Funktion des entsprechenden Streams Daten gesendet und Empfangen werden.

4 .9.2 Netzwerkprogrammierung in JavaChess

In JavaChess gibt es einen Host und einen Client. Diese unterscheiden sich nur beim Verbindungsvorgang. Der Host wartet auf eine eingehende Verbindung, der Client baut aktiv eine Verbindung auf. Nach dem Aufbauen einer Verbindung wird der Serversocket vom Host zu einem 'normalen' Socket umgewandelt. Ab diesem Zeitpunkt befinden sich die beiden Teilnehmer im Spielfluss und führen den selben Code aus. Das bedeutet, dass sowohl der Code für den Host als auch der Code für den Client, bis auf die Verbindungsvorgänge, absolut identisch sind.

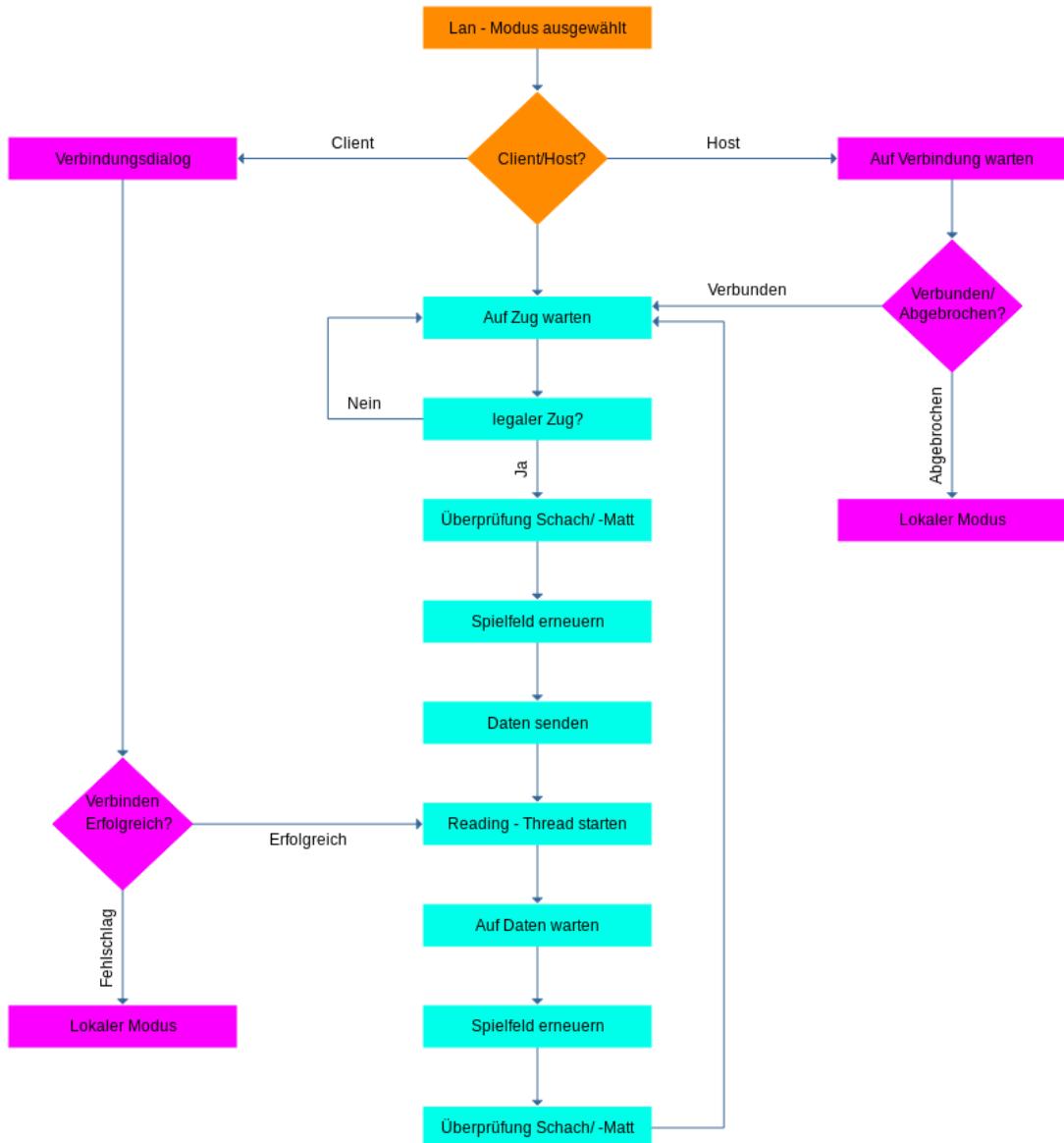


Abbildung 2: Spielzyklus im LAN-Modus

4 .9.3 Verbindungsvorgang des Clients

Um mit dem Client eine Verbindung aufzubauen, muss in der Menüleiste der entsprechende Punkt angewählt. Es öffnet sich ein Dialogfenster (TODO: Verlinkung). Wird in diesem Dialogfenster der Punkt 'Join' angewählt, beginnt der Verbindungsvorgang.

Ein neues Dialogfenster wird angezeigt. Der Benutzer muss hier seine IP-Adresse eingeben. Ist die eingegebene Adresse korrekt, so wird der Socket der LAN-Klasse

mit dieser Ip-Adresse und einem fest vorgegebenen Port initialisiert. Ist auch dies erfolgreich, so wird das Team des Clients auf Schwarz gesetzt, die Streams zur Kommunikation erstellt und es werden ein Reader Thread (TODO: Vergleich einbauen) und ein Heartbeat Thread (TODO: Vergleich einbauen) gestartet.

Folgender Pseudocode zeigt den Verbindungsverlauf:

```

if(join ausgewahlt){

    wechsleSpielmodus(Lan);
    neuerDialog();
    ...
    //graphisches Design des Popups
    Optional<String> ipResult = ipDialogue.showAndWait();
    if (IP Adresse eingegeben){
        try {
            joinAddress = eingegebene Adresse();
            SocketErstellen();
            //Streams erstellen und Teams setzen
            StreamsErstellen()
            Verbindungsstatus(Verbunden);
            Team(Schwarz);
            //Zugverzegerung um einen Zug
            Zugverzegerung(true);
            SchachfelderKlickbar(false);
            Thread rt = new Readinthread();
            rt.start();
            Thread th = new HeartbeatThread(Heartbeat);
            th.start();
            //Menuepunkte entfernen und hinzufuegen
            menuFile.getItems().removeAll(Speichern und Laden);
            menuGame.getItems().removeAll(Spielmodi);
            menuGame.getItems().addAll(disconnect);
            Gui.getBoardGui().DrawGrid(Hintergrundmatrix);
            Gui.getBoardGui().redraw();
        }
    } catch (UnknownHostException) {
        ...
        spielerBenachrichtigen();
    }
}

```

```

        wechsleSpielmodus(Lan);

    } catch (IOException e) {
        ...
        spielerBenachrichtigen();
        wechsleSpielmodus(Lan);
    } catch (ClassNotFoundException e) {
        spielerBenachrichtigen();
        wechsleSpielmodus(Lan);
    }

```

4 .9.4 Verbindungsvorgang des Hosts

Um ein Spiel zu hosten wird im Auswahldialog der entsprechende Punkt angewählt. Im Hintergrund wird ein neues Spielfeld erstellt, der Spielmodus gewechselt, und es wird der 'Hosting Thread' gestartet. Im Vordergrund wird ein 'Blurry Menu' () gezeichnet. In diesem hat der Host die Option, den Wartevorgang abzubrechen und wieder in den lokalen Modus zurückzukehren.

Der folgende Pseudocode zeigt, was bei dem Abbruchvorgang passiert:

```

if(Verbindungsverlauf abgebrochen){

    SchachfelderKlickbar= true;
    //wiederherstellen der Menues
    menues ruecksetzen();

    try{
        HeartbeatThreadStoppen();
        HostingThreadStoppen();
    } catch(Exception e){
        ...           //Fehlerbehandlung
    }
    in lokalen Modus wechseln();
    DrawGrid(_BGG);
}
}

```

Während die Schaltfläche für den Abbruch zu sehen ist, wird im Hintergrund der Hosting Thread ausgeführt. Dieser erstellt den Serversocket, startet den Heartbeat - Thread () und wartet auf eine Verbindung.

Ist der Verbindungsvorgang erfolgreich, so erzeugt der Thread den Socket der LAN - Klasse, der zum Spielen notwendig ist. ER erzeugt die Streams um die Kommunikation zu ermöglichen und setzt den Verbindungsstatus auf 'Verbunden'.

Anschließend muss noch die Schaltfläche zum Beenden des Wartevorganges verschwinden. Unter JavaFX kann die grafische Oberfläche allerdings nur von dem Hauptthread aus verändert werden.

Um dieses Problem zu umgehen wird ein Objekt der Klasse Robot erstellt. Mit diesem ist es möglich, den Mauszeiger auf die Schaltfläche zu führen und einen Klick auszulösen. Dieser Klick wird im Hauptthread erkannt und das Feld wird neu gezeichnet.

Der folgende Pseudocode zeigt die Geschehnisse im Hosting -Thread:

```

try {

    HeartbeatThread= new Thread(Heartbeat);
    TeamSetzen(Weiss);
    //warten auf eingehende Verbindung
    tempsock = VerbindungDesServersockets();
    bgg.getLan().Streams erstellen(); //erstellen der Streams
    bgg.getLan().setIsConnected(true);

    //Rücksetzen des Menüs
    Point b = Position der Maus
    int x0orig, y0orig = Ursprüngliche Mausposition

    try {
        Robot r = new Robot();
        r.mouseMove(Position des Mauszeigers);
        r.mouseClick(linke Maustaste)
        //mauszeiger an die originale Position bewegen
        r.mouseMove(x0orig, y0orig);
    } catch (Exception e) {
        ... //Problembehandlung
    }
} catch (Exception e) {
    ... //Problembehandlung
}
}

```

4 .9.5 Spielfluss im LAN-Modus

Bis auf den Verbindungsvorgang unterscheiden sich die mechaniken von Client und Host überhaupt nicht. Alle Variablen und Funktionen die notwendig sind, um den Spielfluss im LAN-Modus zu gewährleisten, sind in den Klassen 'LAN.java' und 'BoardGui.java' enthalten und werden sowohl vom Client als auch vom Host auf die Exakt gleiche Weise verwendet. Der einzige große unterschied ist, dass der Client zuerst mit dem Lesen, und der Host zuerst mit dem Schreiben von Daten beginnt. Der Spielzyklus der sich ergibt wird im folgenden von Anfang an erklärt. Für ein beseres Verständnis kann das Flussdiagramm (Abb.: 2) zu Rate gezogen werden. Sowohl das bewegen einer Figur, die Überprüfung, ob ein Zug erlaubt ist und die Schach/Schachmatt-Abfrage funktionieren exakt gleich wie im lokalen Spielmodus. Weiteres dazu ist im Kapitel 4 .6 zu finden.

Wird ein lokaler Zug erkannt, so müssen die Daten an den zweiten Mitspieler versendet werden. Um möglichst wenige Daten zu versenden und eine einfache Implementierung zu ermöglichen wird, anstatt der ganzen Backgroundgrid - Klasse nur die repräsentative Zahlenmatrix (vgl. Abb.: 1) mit den aktuellen Figurenpositionen versendet. Dies geschieht über die, beim Verbinden der Spieler erstellte, Kette aus Streams. Direkt nach dem versenden wird das Feld des Spielers neu geladen und dargestellt. Um den Rundenzähler aktuell zu halten wird die Rundenzählervariable erhöht. Bevor das Programm in den Lesezustand geht werden die Schachfelder noch unclickbar gemacht.

Um dem Spieler die Möglichkeit zu bieten, die grafische Oberfläche weiter zu benutzen und beispielsweise das Netzwerkspiel zu verlassen oder das Spiel zu beenden, wird der Lesevorgang in einen Nebenläufigen Thread ausgelagert. Dies ist notwendig, da das Programm beim Lesevorgang stehen bleiben würde und nicht weiterläuft, bis der Lesevorgang abgeschlossen ist.

Im folgenden wird Pseudocode angegeben, welcher den Schreibvorgang anschaulich darstellt:

```

if (Bewegung legal und Lan-Modus aktiv){
    Stream.schreiben(Hintergrundmatrix);
    zeichneSpielfeld(Hintergrundmatrix);
    erhoeheRundenzaehler();
    SpielfeldKlickbar(false);
    starteReadThread();

}

```

Der Lesevorgang selbst wird über eine Variable getriggert, auf die ein ChangeListener aufgesetzt wird. Der Code innerhalb eines ChangeListeners wird dann ausgeführt, wenn sich die zugehörige Variable ändert. Diese Variable wird im Reader - Thread verändert, sobald das Programm bereit ist zu empfangen. Der Code, der zum Empfangen benötigt wird, steht zwar in der BoardGui Klasse, wird aber aufgrund der Triggerung in dem zuvor erstellten Reader - Thread ausgeführt.

Beim empfangsvorgang wird als erstes die Hintergrundmatrix neu gesetzt. Im Anschluss wird die Zuganzahl erhöht und das aktuell ziehende Team geändert. Danach wird das Feld mit der neuen Hintergrundmatrix neu gezeichnet. Zuletzt werden noch eine Schach- und Schachmatt abfrage für beide Teams durchgeführt.

Im folgenden Pseudocode wird der Empfangsvorgang anschaulich dargestellt.

```

try {

    Hintergrundmatrix=leseStream.lesen();
    Zugnummer erhöhen

    if (Weisses Team am Zug){
        Teamwechsel(Schwarz);
    } else if (Schwarzes Team am Zug){
        Teamwechsel(Weiss);
    }

} catch (IOException e) {

    ... //Problembehandlung
}

BackGroundGrid.MatrixSetzen(Hintergrundmatrix);
SpielfeldKlickbar(true);
neuZeichnen();
Schachmattabfrage(Team Weiss);
Schachmattabfrage(Team Schwarz);
Schachabfrage(Team Weiss);
Schachabfrage(Team Schwarz);

```

4 .9.6 Das Heartbeat - System

Ein normales Trennen der Netzwerkverbindung ist einfach zu detektieren. Schwieriger wird es, wenn die Netzwerkverbindung abbricht oder eines der beiden System aufhört zu funktionieren. In diesen Fällen ist das Programm nicht mehr in der Lage, aktiv einen Befehl zum sauberen Trennen der Netzwerkverbindung mit dem gegenüber zu versenden. Das kann dazu führen, dass ein Benutzer, der auf den Zug seines Gegners wartet, nichts von einem potentiellen Verlieren der Netzwerkverbindung oder einem Systemabsturz seines Gegenübers mitbekommt. Das führt dazu, dass der User keine Anzeige erhält, dass sein gegenüber nicht verbunden ist, da sich das Programm im wartezustand befinden und nur weiterläuft, sobald entsprechende Daten empfangen wurden.

Um dem vorzubeugen wurde ein 'Heartbeat' - System implementiert. Die Idee dieses Systems ist simpel: In regelmäßigen zeitlichen Abständen, wie bei einem Herzschlag, deshalb Heartbeat, werden kleine Datenpakete über das Netzwerk zum Gegenspieler versendet. Wenn die Pakete über eine längere Zeitspanne ausbleiben, wird die Netzwerkverbindung abgebrochen.

Um den Heartbeat zu realisieren kann nicht der bestehende Socket verwendet werden, da dieser damit beschäftigt ist, die Spieldaten zu senden und zu empfangen. Das bedeutet, dass ein neuer Socket und ein neuer Serversocket für Client und Host erstellt werden müssen. Dieser Socket benötigt einen anderen Port, da die Computer, auf denen die Programme ausgeführt werden, sonst nicht unterscheiden könnten, welches Paket für welchen Thread gedacht ist.

Zusätzlich muss das ganze System auf einen zusätzlichen Thread ausgelagert werden, da es sonst die Abarbeitung anderer Teile des Programmes blockiert.

Der Thread für den Heartbeat wird jeweils zusammen mit den Verbindungsvorgängen gestartet. Auch beim Heartbeat wird zwischen Host und Client unterschieden. Wenn der Thread vom Client aus gestartet wurde, wird ein neuer Socket mit der gleichen IP-Adresse wie jener Socket, der für die Spieldaten zuständig ist, erstellt. Wenn der Thread vom Host aus gestartet wurde, wird ein Serversocket, der auf den neuen Port hört, erstellt. Dieser wartet dann auch direkt auf eingehende Verbindungen.

Ist ein Verbindungsvorgang erfolgreich, so erstellen beide Threads, also sowohl der vom Host, als auch der vom Client, ihre Input- und OutputStreams. Bei diesen handelt es sich um ObjectInput- und ObjectOutputStreams, die mit den lowlevel - Streams der jeweiligen Sockets verkettet werden.

Vor den ersten Sende- und Empfangsvorgängen wird auf jeden Socket noch ein Timer gesetzt, welcher angibt, wie lange der Thread wartet, bis er beim Ausbleiben

der Pakete einen Trennungsvorgang einleitet. Dieser Timer wird nach jedem empfangenen Paket zurückgesetzt.

Im Anschluss werden die eigentlichen Sende- und Empfangsschritte eingeleitet. Damit der Host und der Client nicht gleichzeitig mit dem Schreiben beginnen, wird eine einmalige Verzögerung beim Client eingebaut, die diesen mit dem Lesen beginnen lässt. Danach wechseln sich beide Parteien mit dem Lesen und Schreiben ab. Um das Netzwerk nicht mit 'Heartbeat - Traffic' zu fluten, wird der jeweilige Thread nach dem Senden für eine Sekunde deaktiviert. Sobald ein disconnect von Heartbeat erkannt wurde, wird mittels einer Triggervariable (also eine Variable mit Listener, ähnlich jener zum Empfangen der Spieldaten) ein Informationsfeld gezeichnet, welches den Spieler über die verlorene Verbindung informiert. Dieses Informationsfeld ist klickbar und bringt den Spieler zurück in den Lokalen Spielmodus.

Im folgenden Pseudocode werden die Anweisungen im Heartbeat-Thread veranschaulicht.

```
try {
    if(Client){
        Socket = new Socket(Gleiche IP,neuer Port);
        erstelleStreams(Socket);
        Socket.TimeoutNach(15 Sekunden)
    }

    else if(Host){
        Serversocket = new Serversocket(neuer Port);
        Socket = Serversocket.warteAufVerbindung();
        erstelleStreams(Socket);
        Socket.TimeoutNach(15 Sekunden)

    }

    while(Endlos){

        if(Erster Lesevorgang des Clients){
            Stream.lesen();
        }

        Stream.schreiben(Testdaten);

    }
}
```

```
    Thread.sleep(1000);
    Stream.lesen(Testdaten);

}

} catch (Exception e){
    verbindungTrennen();
    TriggervariableSetzen(); //triggert das Zeichnen der hinweisflaeche
}
}
```

4 .10 AI-Mode

Wie funktioniert die AI (Artificial Intelligence) des Schachspiels?

Für die Beantwortung dieser Frage werden folgende Kapitel behandelt:

- Prinzipielle Möglichkeiten einer AI
- Verwendete Schach-AI-Funktion
- Der MinMax-Algorithmus:
- Code

4 .10.1 Prinzipielle Möglichkeiten einer AI

Der Terminus „AI“, bzw. „KI“ wird sehr oft verwendet, jedoch gibt es Unterschiede zwischen den verschiedenen Als die größer nicht sein könnten. So gibt es zum Beispiel künstliche Intelligenzen, die auf Machine-Learning-Algorithmen basieren und andere, denen ein Min-Max Prinzip zu Grunde liegt.

Das Min-Max Prinzip lässt sich aber nur bei Spielen mit perfekter Information anwenden, wie Schach eines ist. Ein Spiel mit perfekter Information bedeutet, dass jeder Spieler alles weiß, so haben im Schach immer beide Spieler das gesamte Spielfeld im Blick.

Durch diese Art des Spiels können die theoretisch besten Züge ermittelt werden, um den besten möglichen Zug zu ziehen. Dazu muss der Algorithmus alle möglichen Spielzüge analysieren, bewerten und vergleichen, um zu einem Zug zu machen. Dies ist ein sehr hoher Rechenaufwand, dafür einfacher zu implementieren. Diese Art der AI haben wir verwendet, siehe 4 .10.2.

Die andere Möglichkeit ist ein Machine-Learning-Algorithmus. Dieser versucht ein biologisches Gehirn nachzubauen, indem es ein Künstliches-Neurales-Netzwerk bildet. Diese Neuronen werden dahin gehend trainiert, dass die AI aus einem gegebenen Satz Daten und/bzw. mit Hilfe einer Lernfunktion Rückschlüsse auf mögliche zukünftige Ereignisse schließt. Mathematisch gesehen basiert diese Art der KI auf der Wahrscheinlichkeitsrechnung.

Wichtig ist noch anzumerken, dass diese Art der KI selber lernen kann, damit sie besser wird. Als Beispiel nehmen wir Schach: Die KI spielt über längere Zeit gegen sich selber und muss um sich zu verbessern nicht unbedingt gegen andere Spieler, sowohl menschlich als auch maschinell antreten.

Maschinelles Lernen ist ein sehr umfangreiches Thema, womit hier nur noch gesagt sei, dass maschinelles Lernen in letzter Zeit einige Durchbrüche erlebt hat. Um noch

ein konkretes Beispiel zu nennen: Im Dezember 2017 gewann der von Google entwickelte Algorithmus AlphaZero gegen die Chess-Engine „Stockfish 8“. AlphaZero basiert auf maschinellem Lernen und Stockfish 8 auf der Vorausberechnung aller möglichen Züge.[2]

4 .10.2 Verwendete Schach-AI-Funktion

Wie vorher schon beschrieben verwendet die Java-Chess-AI eine Abwandlung des Min-Max Algorithmus. Dieser wird „alphaBeta“ Algorithmus genannt.

Prinzipiell sucht der Algorithmus nach dem besten Spielzug. Um dies tun zu können, benötigt es einen Algorithmus, welcher alle möglichen Spielzüge bis zu einer gewissen Tiefe durchsucht und den besten Spielzug in Folge herausschreibt.

Hierfür muss geklärt werden, welcher Spieler gerade die Oberhand hat. Im entwickelten Algorithmus besteht die fundamentale „Board-Evaluation“ aus der materiellen Balance. Also welcher Spieler mehr und bessere Figuren hat. Anschließend werden noch „Bauernformationen“, also wenn die Bauern sich gegenseitig decken und sogenannte „Piece Square Tables“ in die Kalkulation mit eingerechnet. Piece Square Tables geben an, wo die Figuren statistisch gesehen am besten stehen. Zum Beispiel stehen Türme lieber in der Mitte, als am Rand. Dadurch haben sie mehr Bewegungsfreiheit, was im Schachspiel eine der wichtigsten Strategien zum Sieg ist. Hierbei muss angemerkt werden, dass die Piece Square Tables von SchachmeisternInnen erstellt wurden, welche der Öffentlichkeit zugänglich gemacht wurden sind.[3]

Das Durchsuchen der möglichen Spielzüge läuft folgendermaßen ab: Es wird zuerst festgelegt bis zu welcher Tiefe (z.B.: 5) gesucht werden soll. Anschließend wird der 1. mögliche Zug getätigt. Anschließend ruft sich die Methode selbst rekursiv auf, wobei die Tiefe erhöht und das Team gewechselt wird und tätigt wiederum den 1. möglichen Zug. Dies geschieht so lange, bis die gewünschte Tiefe (5) erreicht ist, bei welcher die „Board-Evaluation“ durchgeführt wird. Dieser Wert wird zwischengespeichert und der zuletzt getätigte Zug wird rückgängig gemacht.

Nun befindet sich der Algorithmus wieder in der Tiefe 4, in welcher der 2. mögliche Zug getätigt wird. Falls dieser Zug besser ist, als der vorherige, überschreibt dieser den zwischengespeicherten 1. Zug. Falls nicht, wird er von nun an nicht länger berücksichtigt.

Dies geschieht nun solange, bis alle relevanten Züge durchsucht wurden, welche nicht relevant sind wird in 4 .10.4 behandelt.

Sobald der beste Zug ermittelt wurde, folgt die übliche Schachmatt-Abfrage und das

Überschreiben des Schachfeldes mit den neuen Positionen. Anschließend ist wie in 4 .2.1 gezeigt, wieder der Spieler an der Reihe.

Eines der größten Probleme des Algorithmus ist die Performance. Dazu ein simples Gedankenexperiment: Beim 1. Spielzug sind 20 mögliche Züge des weißen Spielers möglich und eben soviele beim darauffolgenden Zug des schwarzen Spielers. Daraus resultiert aus den beiden Spielzügen $20 \cdot 20 = 400$ verschiedene Stellungen. Gemittelt gibt es im Schach 28 mögliche Züge pro Spielzug. Nach 5 Zügen ergeben sich daraus schon 3.200.000 mögliche Stellungen, nach 6 wären es 64.000.000. Um zu einer Entscheidung zu kommen, muss der Computer alle diese Züge analysieren und bewerten. Dies benötigt Rechenleistung, weshalb ein solcher Schachalgorithmus sehr abhängig von der verwendeten Hardware ist.

In der theoretischen Informatik gibt es zu obigen Beispiel die $O()$ (Siehe [10] - Seite 178) Schreibweise, welche wahrscheinliche Laufzeitdauer eines Algorithmus angibt. Diese kann je nach verwendetem Algorithmus konstant, logarithmisch $\log(n)$, linear, logarithmisch $(n \cdot \log(n))$, quadratisch, kubisch oder exponentiell sein, wobei exponentielle Algorithmen die rechen aufwendigsten Algorithmen sind.

MinMax ist ein exponentieller Logarithmus. Die Anzahl der verwendeten Rechenschritte hängt wie oben beschrieben, von der zu berechnenden Zugtiefe ab. Mathematisch können die zu berechnenden Fälle folgendermaßen ermittelt werden, wobei n die Zugtiefe ist:

$$\text{Schritte}(n) = 20^n$$

Im weiteren Sinne ist dies der Grund, warum auf MinMax basierende künstlichen Intelligenzen gegen Künstliche-Neuronale-Netzwerke verlieren (siehe 4 .10.1). Die Min-Max Algorithmen können nicht ausreichend optimiert werden bzw. moderne Hardware besitzt einfach nicht genügend Rechenleistung, um in diesem Wettlauf mithalten zu können.

4.10.3 Der MinMax-Algorithmus:

In den Kapiteln 4.10.1 und 4.10.2 wurde erwähnt, dass die JavaChess AI nach dem Min-Max Prinzip funktioniert, nur was ist dieses Prinzip?

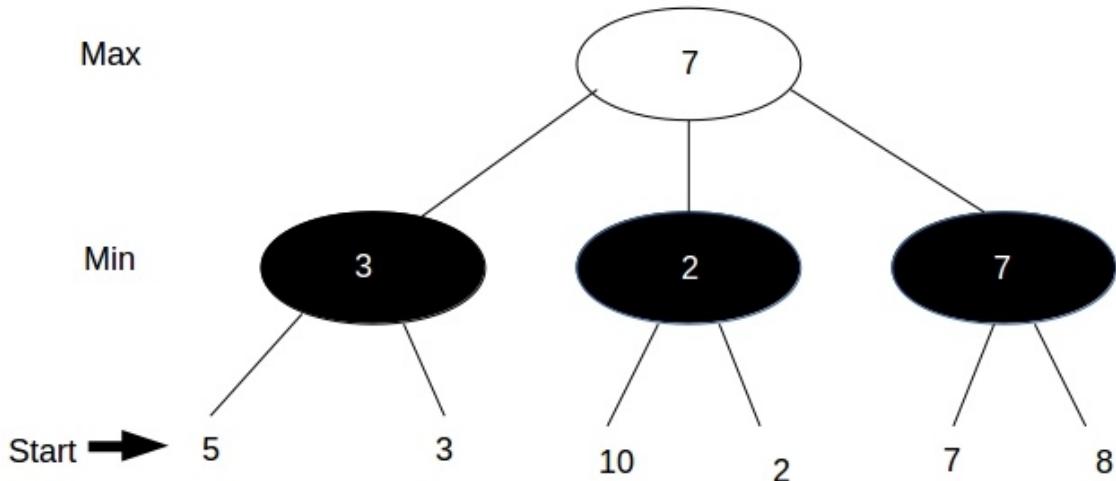


Abbildung 3: Min-Max

MinMax ist nichts anderes, als das Erhalten des bestmöglichen Ergebnisses für einen Spieler, wenn die Züge des Gegenspielers mit eingerechnet werden. In diesem Beispiel haben wir zwei Teams, Weiß und Schwarz. Diese sind durch die weißen Blasen erkenntlich. Weiters gilt für ein kompetitives Spiel wie Schach, dass das weiße Team immer ihr bestes Ergebnis herausholen möchte und das Schwarze auch ihres. Die Zahlen repräsentieren die Günstigkeit der Stellung für das weiße Team, wobei 10 die bestmögliche Stellung ist und 1 die schlechteste. Für das schwarze Team ist dies umgekehrt, für sie ist 10 das schlechteste Ergebnis und 1 das Beste.

Somit wird das schwarze Team immer das kleinere Ergebnis nehmen, quasi das MINIMUM herausholen (=Min) und die Weißen immer das höchstmögliche, also das MAXIMUM (=Max). Daher auch der Name, MinMax.

Zurück zum Beispiel: Schwarz kann einmal wählen zwischen den Zahlen 5 & 3, zwischen 10 & 2 und zwischen 7 & 8. Da die Schwarzen immer die niedrigere Zahl nehmen, kann die niedrigere Zahl in den schwarzen Bubble geschrieben werden (3, 2 & 7).

Somit muss sich der weiße Spieler nur noch zwischen 3 Zahlen entscheiden, bei denen er die höchste nimmt, also 7. Dies ist das bestmögliche Ergebnis für das weiße Team.

4.10.4 Code

Die theoretischen Grundlagen zum Verständnis des Algorithmus sollten nun geklärt sein.

Die KI besteht aus zwei Klassen, AI und AILogic. AI wird als neuer Thread ausgeführt.

Der nachfolgende Code zur AI erfolgt als Pseudo-Code Dokumentation.

Klasse AI:

```
public class AI extends Thread{
    public void run(){
        AILogic AIL = initialisiere AILogic()
        AIL.alphaBeta()
        //Besten Zug bekommen
        Move = AIL.getMove()

        Hintergrundmatrix mit Move veraendern.
    }
}
```

Klasse AI-Logic:

```
public class AILogic{

    private MaximaleTiefe
    //wird benoetigt um die maximale Tiefe festzulegen und um den
    Logarithmus zu verbessern
    public float alphaBeta(tiefe, Hintergrundmatrix, Team){
        MaximaleTiefe = tiefe
        //Diese beiden Werte werden als Worst- und Best-Case Szenario
        verwendet.
        alpha = 10000
        beta = -10000
        for(i<tiefe){
            //Fuer den AlphaBeta algorithmus
            beta = alphaBetaHelper(starte bei Tiefe 0, BackgroundMatrix,
                alpha,beta)
        }

        //der AlphaBeta Algorithmus - zur Zugevaluation
        public float alphaBetaHelper(tiefe, Hintergrundmatrix, Team, alpha,
```

```

    beta){
    Sum = boardEvaluation

    if(Sum bedeutet das feindlicher Koenig geschlagen wird){
        return 20000
    }

    if(tiefe >= MaximaleTiefe){
        return Sum
    }

    for(X und Y Positionen des Spielfeldes){
        if(Spielfigur an Position X und Y){
            Zuege = AlleMoeglichenZuegeDerSpielfigur
            for(alle Moeglichen Zuege der Figur){

                MovePos A = Zug der Figur

                Den Zug auf das Spielfeld uebertragen

                Sum1 = -alphaBetaHelper(tiefe+1, BackgroundGrid,
                    Teamwechsel, -alpha, -beta)

                Den Zug rueckgaengig machen

                if(Sum1 >= beta){
                    beta = Sum1
                    if(Sum1 >= alpha){
                        return alpha
                    }
                    if(tiefe == 0){
                        ZuListeGuterZuegeHinzufuegen(A)
                    }
                }

            }
        }
    }

    return beta
}

```

```
public float boardEvaluation(Backgroundgrid, Team){  
    //Fuer die Material Balance  
  
    for(X und Y Positionen des Spielfeldes){  
        if(Bauer weisses Team){  
            100 Punkte zum weissen Team dazu zaehlen  
            Punkte entsprechend der Bauerntabelle hinzuzzaehlen  
            Punkte nach Bauerntabelle hinzuzzaehlen  
        } else if(Turm weisses Team){  
            500 Punkte zum weissen Team dazu zaehlen  
            Punkte entsprechend der Turmtabelle hinzuzzaehlen  
        } else if(Springer weisses Team){  
            325 Punkte zum weissen Team dazu zaehlen  
            Punkte entsprechend der Springertabelle hinzuzzaehlen  
        } else if(Lauefer weisses Team){  
            300 Punkte zum weissen Team dazu zaehlen  
            Punkte entsprechend der Lauefertabelle hinzuzzaehlen  
        } else if(Dame weisses Team){  
            900 Punkte zum weissen Team dazu zaehlen  
            Punkte entsprechend der Damentabelle hinzuzzaehlen  
        } else if(Koenig weisses Team){  
            10000 Punkte zum weissen Team dazu zaehlen  
            Punkte entsprechend der Koenigstabelle hinzuzzaehlen  
        }  
  
        if(Bauer schwarzes Team){  
            100 Punkte zum schwarzen Team dazu zaehlen  
            Punkte entsprechend der Bauerntabelle hinzuzzaehlen  
            Punkte nach Bauerntabelle hinzuzzaehlen  
        } else if(Turm schwarzes Team){  
            500 Punkte zum schwarzen Team dazu zaehlen  
            Punkte entsprechend der Turmtabelle hinzuzzaehlen  
        } else if(Springer schwarzes Team){  
            325 Punkte zum schwarzen Team dazu zaehlen  
            Punkte entsprechend der Springertabelle hinzuzzaehlen  
        } else if(Lauefer schwarzes Team){  
            300 Punkte zum schwarzen Team dazu zaehlen  
            Punkte entsprechend der Lauefertabelle hinzuzzaehlen  
        } else if(Dame schwarzes Team){  
            900 Punkte zum schwarzen Team dazu zaehlen  
        }  
    }  
}
```

```
Punkte entsprechend der Damentabelle hinzuzzaehlen  
} else if(Koenig schwarzes Team){  
    10000 Punkte zum schwarzen Team dazu zaehlen  
    Punkte entsprechend der Koenigtabelle hinzuzzaehlen  
}  
}  
}
```

Hier folgen die Tabellen fuer die Spielfiguren.
Diese geben an, wo sich die Figuren am liebsten aufhalten.

```
}
```

5 ChessPI

ChessPI ist die Implementierung von JavaChess auf dem Raspberry PI.

Wir haben uns zur Aufgabe gestellt, dass das Schachprogramm auch auf einem Mikro-Computer, wie dem RaspberryPI 3b, läuft. An dem RaspberryPI wird ein Touchscreen angeschlossen, mit welchem der User interagieren kann. Weiters soll für den RaspberryPI mit angeschlossenen Touchscreen ein Gehäuse designt und eine Akkusteuering entworfen werden. Die Probleme die dabei auftreten können sind unzählig, die Hauptprobleme können aber determiniert werden:

- Der RaspberryPI besitzt zu wenig Rechenleistung
- Die verfügbaren Java Versionen beinhalten nicht die von uns verwendeten Packages
- Das Spiel ist nicht über einen Touchscreen spielbar

5 .1 RaspberryPI

Der Raspberry PI ist ein vollwertiger Computer, welcher mit einem Linux/GNU OS läuft. Am häufigsten wird die Distribution Raspbian verwendet.

Die von uns verwendete Version ist der Raspberry PI 3 model B. Dieser verfügt über eine Quad Core 1.2 GHz Broadcom BCM2837 CPU, 1 GB an RAM.[4] Dies ist eine deutliche Steigerung gegenüber den vorherigen Modellen, womit das Problem notwendige Leistung zumindest leicht gelöst wird.

5 .2 Touchscreen

Als Touchscreen wird das Ofizielle 7"Touchscreen Display verwendet. Dies hat eine Auflösung von 800x480 Pixel.[5]

Zusätzlich zum Display gibt es auch eine Adapterplatine, mit der der Touchscreen versorgt wird.

Halterungen für die Adapterplatine und den Raspberry PI gibt es auf der Rückseite des Touchscreens.

5 .3 Implementierung von JavaChess

Alle benötigten Schritte beziehen sich lediglich auf die Software Implementation, nicht auf die Hardware Implementation (Powerbank, Gehäuse).

Vorbereitung:

Es wird ein RaspberryPI 3, eine Mikro SD-Karte mit Raspbian, eine Stromversorgung bzw. eine Powerbank mit einem maximalen Strom von 2.5 A, der 7"Touchscreen, die Adapterplatine, eine Internetverbindung idealerweise über ein LAN-Kabel und eine USB-Tastatur benötigt.

1. Die SD Karte mit Raspbian wird in den Raspberry PI gegeben
2. Die Adapterplatine und der Raspberry PI wird auf den Touchscreen geschraubt
3. Die Stromversorgung für den Display (VCC & GND Pin- rotes und blaues Kabel) wird sichergestellt. Das Flachbandkabel / Datenkabel wird zwischen Raspberry PI und Adapterplatine angebracht.
4. Der Raspberry Pi wird an die Stromversorgung angeschlossen, dadurch sollte dieser nun booten und den Display automatisch erkennen.
5. Sobald Raspbian gebootet hat, wird das LAN-Kabel angeschlossen.
6. Nun sollten folgende Befehle in der BASH ausgeführt werden:
 - (a) sudo apt-get update
 - (b) sudo apt-get upgrade
 - (c) sudo apt-get install oracle-java8-jdk
 - (d) reboot
7. Nun wurde Java installiert. Es muss noch JavaFX „dazuinstalliert“ werden, da dies nicht in der Java-Embedded-JDK Serie enthalten ist.
8. Es muss OpenJFX gedownloaded werden. URL: <https://chriswhocodes.com/>
9. Hier die Version für den Raspberry PI downloaden (ARMv6)
10. Die gedownloadete OpenJFX Zip muss im Installationsverzeichnis ovn Java-JDK8 „unzipped“ werden.
11. In Commandline wird nun folgender Befehl ausgeführt: unzip openjfx-sdk-overlay-linux-armhf.zip -d /<installations-verzeichnis-von-Java (z.B.: /home/pi/jdk1.8.0_92>
12. Nun wird das aktuelle Schachspiel gedownloaded (die Jar), URL: <https://github.com/alex1412>
13. Das Schachspiel wird in das Verzeichnis der Wahl abgelegt.

14. Nun kann das Schachspiel gestartet werden, dazu muss der Touchscreen aber noch konfiguriert werden, da sonst ein „interessanter“ Offset geschieht.
15. Dazu muss zuerst der Touchscreen identifiziert werden: cat /sys/class/input/event1/uevent
16. Bei dem Versuchs-Raspberry PI war dieses Input Device: 0/0/0/0
17. Um das Schachspiel bequem zu öffnen wird empfohlen ein BASH-Skript zu erstellen:
18. # /bin/bash
java -Dmonocle.input.0/0/0/0.minX=0 -Dmonocle.input.0/0/0/0.minY=0 -Dmonocle.input.0/0/0/0.maxY=500 -jar chess.jar
19. Nun das Skript öffnen: sudo ./<skript>
20. Das Schachspiel sollte sich nun öffnen.

6 Akkusteuerung

Ziel ist es eine Akkusteuerung zu entwerfen. Diese soll es ermöglichen, den ChessPI auch unterwegs verwenden zu können.

Die mobile Spieldauer soll größer einer Stunde sein.

Für eine Akkusteuerung gibt es prinzipiell mehrere Möglichkeiten, angefangen bei der Powerbank, über bestimmte ICs bis hin zu einer selbst entwickelten Akkusteuerung.

6 .1 Kenngrößen des benötigten Akkumulators

Um einen Akku auswählen zu können, muss zuerst einmal definiert werden, was gebraucht wird.

- Minimale Betriebsdauer $t_{min} = 1h$
- Stromaufnahme RaspberryPI-Max: $I = 2.5A_{[6]}$ - zu beachten ist hierbei, dass die Stromaufnahme bei angeschlossenem Bildschirm ca. 2 Ampere beträgt, falls noch weitere Peripheriegeräte angeschlossen werden, erhöht sich die Stromaufnahme entsprechend.
- Versorgungsspannung RaspberryPI: $U_V = 5V$

6 .2 Wählen des Akkumulators

Akkumulatoren Typen gibt es viele, für den Einsatz als RaspberryPI Versorgung schieden alle aus bis auf folgende Akkumulatortypen: Lithium-Ionen (Li-Ion), Nickel-Cadmium (NiCd), Lithium-Polymer (LiPo) und Lithium-Eisenphosphat ($LiFePO_4$). Jeder dieser Akkutypen bietet verschiedene Vorteile, so bietet LiPo relativ hohe Entladeströme und Li-Ion eine ziemlich hohe Energiedichte [7].

Für den Einsatz als Versorgung für den RaspberryPI sollte ein Akku möglichst an die 5V Versorgungsspannung heran kommen. Dies in Betracht gezogen, scheiden NiCd (1.2V) und $LiFePO_4$ (3.3V) ebenfalls aus.

So bleiben entweder der LiPo (3.7V) oder der Li-Ion (ca. 3.6V) Akkumulator übrig. Von beiden wurden gleichwertige Akkus verglichen, aufgrund der niederen Kosten eines $Li - Ion_{[8]}$ Akkumulators gegenüber eines $LiPo_{[9]}$ Akkumulators, ist die Entscheidung für den Li-Ion Akku gefallen.

6 .3 Der Li-Ion Akku

Der Lithium-Ionen Akkumulator wird durch das Konstantspannungs-Ladeverfahren geladen. Hierbei wird eine Spannungsquelle mit konstanter Spannung an den Akku angeschlossen. Eingestellt wird die Spannung auf die Standardladespannung des Akkus. Bei 3.7V nominaler Spannung ist die Ladespannung typ. 4.2 Volt.

Die minimal benötigte Kapazität berechnet sich wie folgt, wenn eine Stromaufnahmen von 2.5 Ampere angenommen wird.:

$$Q_{min} = t * I = 1h * 2.5A = 2.5Ah = 2500mAh$$

Bei der Verkäuferseite Reichelt wurde ein Akku mit diesen Vorgaben gefunden: [8] Dieser Akku hat eine maximale Kapazität von 2600 mAh, einen maximalen Entladestrom von 2.5 A und eine Ladespannung von 4.2V.

Das Datenblatt zu allen technischen Eigenschaften befindet sich auf der Seite von Reichelt bzw. im Anhang (Siehe Abbildung 13 auf Seite XIII).

6 .4 Idee der 1. Akkusteuerungsschaltung

Die ursprüngliche Idee war es, die Akkus über eine Micro-USB Buchse zu laden und damit den Raspberry PI zu betreiben. Da USB eine Spannung von 5V aufweist, muss diese zum Laden der Akkus auf 4.2 V reduziert werden. Für den Betrieb des Raspberry PIs muss diese Spannung wieder auf 5V erhöht werden.

Geladen werden die Akkus parallel und entladen seriell, so muss eine Schaltung entwickelt werden die eine Umschaltung von seriell auf parallel und umgekehrt ermöglicht.

Weiteres muss die Schaltung für den sicheren Betrieb der Akkus sorgen, so muss diese bei Unter- oder Überspannung abschalten und falls ein Kurzschluss auftritt Schlimmeres verhindern.

Eine Akkuladestandanzeige wird mittels zwei LEDs realisiert, die eine schaltet bei 1/3 VCC und die andere bei 2/3 VCC.

6 .4.1 Laden der Akkus

Durch die Eingangsschaltung der Akkus wird die Versorgungsspannung auf unter 4.2 Volt gesenkt. Dies geschieht durch zwei in Serie liegende Dioden, eine Si-Diode mit einer Durchschaltspannung von ca. 0.7V und eine Ge-Diode mit einer Durchschaltspannung von ca. 0.2V.

Der Ladestrom darf maximal 2.5A betragen, sollte aber geringer sein, um den Akku nicht zu beschädigen. Als Begrenzung kommt ein Leistungsvorwiderstand zum Ein-

satz. Dieser hat 4Ω und begrenzt den Strom auf 1.25 Ampere.
 Da die Akkus parallel geladen werden, muss dies für jeden Akku einzeln aufgebaut werden.
 In Punkt 6 .4.5 befindet sich die Schaltung des 1. Versuchs. Folgende Bauteile dieser Schaltung werden ausschließlich für das Laden verwendet:
 $D_1, R_{sen1}, R_{sen2}, D_{s8}, D_{s2}, S_{I1}, S_{I2}, Akku1, Akku2$

6 .4.2 Entladen der Akkus

Das Entladen der Akkus erfolgt durch die Seriellschaltung der Akkus (siehe Seriell-Parallel Schaltung). Seriell geschalten addiert sich die Spannung der beiden Akkus auf 7.4 Volt. Diese Spannung wird mittels StepDown Converter (LM2596) auf 5 Volt herunter geregelt. Dies kann als Versorgung für den Raspberry PI verwendet werden.

Die Beschaltung erfolgt gemäß des Datenblattes (Siehe Abbildung 10 auf Seite X). Die Berechnung der beiden Widerstände erfolgt ebenfalls gemäß Datenblatt.

$$R_2 = R_1 \cdot \left(\frac{V_{out}}{V_{ref}} - 1 \right)$$

$$V_{ref} = 1.25V - R_1 = 1k\Omega - V_{out} = 5V$$

$$R_2 = 1000 * (4 - 1) = 3k\Omega$$

Zum ein und ausschalten des Raspberry Pls wird noch ein Schalter verbaut.
 In Punkt 6 .4.5 befindet sich die Schaltung des 1. Versuchs. Folgende Bauteile dieser Schaltung werden ausschließlich für das Entladen verwendet:
 $LM2596, C_1, D_{s1}, L_1, R_1, R_2, C_2, Schalter, Akku1, Akku2$

6 .4.3 Seriell-Parallel Schaltung

Die Seriell-Parallel Umschaltung ermöglicht das wechseln zwischen dem parallelen Laden und dem seriellen Entladen. Es wird erkannt, ob eine Versorgung angeschlossen ist. Wenn diese angeschlossen ist, schalten die Transistoren so, dass der ohmsche Widerstand zwischen den beiden Akkus zu groß ist, um einen Einfluss auf die Schaltung zu haben.

Weiteres wird das Potential des negativen Anschlusses des 2. Akkus auf Ground gesetzt um das Laden zu ermöglichen. Die Versorgung wird direkt vor den Schalter des Ausganges gehängt, womit der Akku überbrückt wird, damit der Akku sich nicht gleichzeitig entladen und laden muss.

Sobald das Micro USB Kabel aus gesteckt wurde, wird das Potential von VCC (Micro USB nicht vorhanden - also undefiniert) auf GND gehängt. Die Verbindung zwischen dem Pluspol des Akku1 und dem Minuspol des 2.Akkus wird wieder hergestellt. Dabei wird die Verbindung zwischen dem Minuspol des 2.Akkus und GND aufgehoben, um einen Kurzschluss zu verhindern.

Die Verbindung zwischen dem 2.Akku und dem LM2596 wird aufgetrennt, um ein Entladen des Akkus zu verhindern.

In Punkt 6 .4.5 befindet sich die Schaltung des 1. Versuchs. Folgende Bauteile dieser Schaltung werden ausschließlich für das Entladen verwendet:

$T_1, R_{T1}, T_3, R_{T3}, T_6, R_{T6}, T_{m3}, T_{m4}, \text{Akku1}, \text{Akku2}$

6 .4.4 Sicherheit

Unter Sicherheit werden alle Sicherheitsmaßnahmen verstanden, die eine Fehlfunktion des Akkus verhindern.

Dafür gibt es einen Spannungsteiler, welcher alle kritischen Spannungen für Komperatoren zu Verfügung stellt.

Die Spannungen sind:

- Minimale Abschaltspannung: $U_{ref4} = 3V$
- Akku zu 33% geladen: $U_{ref3} = 3.3V$
- Akku zu 66% geladen: $U_{ref2} = 3.7V$
- Maximale Ladespannung erreicht: $U_{ref1} = 4.1V$

Wird die minimale Spannung unterschritten, wird die Verbindung zwischen Ausgang und den Akkus gekappt.

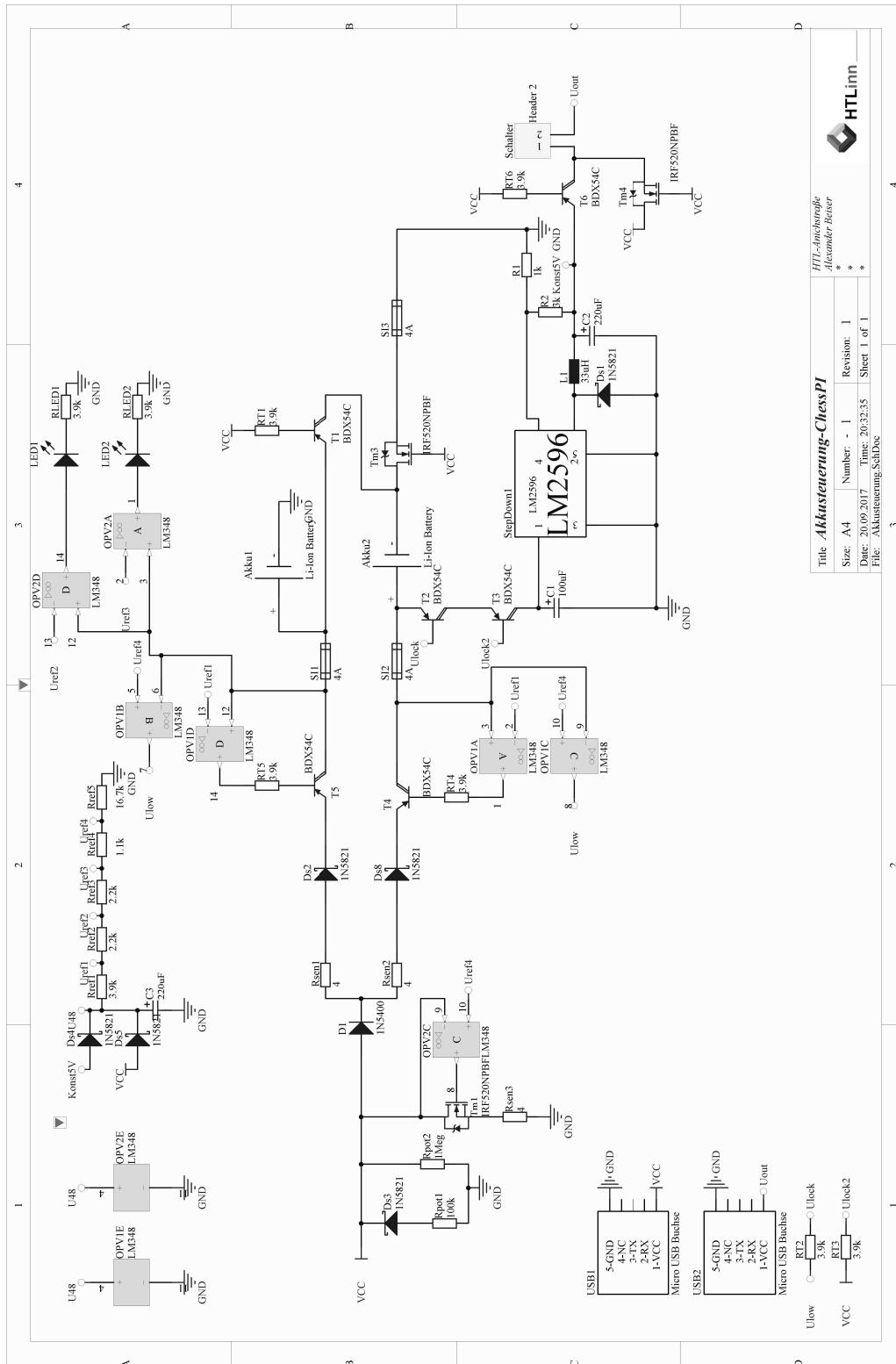
Wird die maximale Ladespannung erreicht, wird die Verbindung zwischen VCC und den Akkus getrennt. Diese beiden Schutzmechanismen werden für jeden Akku verbaut.

In der Schaltung sind drei Vieramperesicherungen verbaut, diese sorgen für die nötige Kurzschluss sicherheit.

Die Spannungen $U_{ref3} = 3.3V$ und $U_{ref2} = 3.7V$ geben den Ladestand des 1.Akkus an. Zwei Komperatoren vergleichen fortlaufend die Referenzspannungen mit der Akku spannung und geben über zwei LEDs den Akkustand wieder. Da beide Akkus immer den gleichen Ladestand haben sollten, braucht man keine zusätzliche Schaltung für den 2. Akku. In Punkt 6 .4.5 befindet sich die Schaltung des 1. Versuchs. Folgende Bauteile dieser Schaltung werden ausschließlich für das Entladen verwendet:

$OPV_1, OPV_2, T_2, T_4, T_5, LED_1, LED_2, R_{LED1}, R_{LED2}, R_{T2}, R_{T4}, T_{T5}$

6 .4.5 Schaltung



6 .4.6 Messung

Alle Messungen wurden auf mehreren Steckbrettern aufgebaut.

Die Messung wurde in mehrere Phasen gegliedert:

1. Messung der Ausgangsschaltung
2. Messung der Eingangsschaltung
3. Umschalten der zwischen den Schaltungen
4. Gesamtschaltungsmessung

Messung der Ausgangsschaltung: Es wurden lediglich die in 6 .4.2 erwähnten Bauteile verwendet. Damit die Akkus nicht gefährdet werden, wird die Messung mit einem Labornetzteil durchgeführt.

Dieses wird auf 8.4V (max Akkuspannung) gestellt, anschließend wird der Ausgang gemessen.

Die Ausgangsspannung beträgt wie gewünscht 5V. Der maximale Ausgangsstrom beträgt mit T_6 lediglich 2 Ampere, ansonsten 3.2 Ampere. T_6 wird hierbei voll ausgesteuert. 2 Ampere reichen für den RaspberryPI ohne Peripherie aber mit Display aus.

Anschließend wird die Messung mit den Akkus wiederholt, wobei sich das Ergebnis nicht wesentlich ändert.

Messung der Eingangsschaltung: Es wurden lediglich die in 6 .4.1 erwähnten Bauteile verwendet. Die Akkus werden sofort eingebaut. Als VCC wird ein Labornetzteil verwendet, welches auf VCC=5V eingestellt wird.

Die Messung der Spannungspunkte ergibt das jeweils gewünschte Ergebnis.

Der Ladestrom ist aber viel zu niedrig, 2 mA. Zu Testzwecken werden die Sicherheitstransistoren T_4 und T_5 ausgebaut. Ohne diese beiden Transistoren kommt man auf einen maximalen Eingangsstrom von ca. 25 mA, was ebenfalls zu niedrig ist.

Es werden noch mehrere Versuche unternommen die Schaltung zu retten, was aber nicht gelingt. Somit wird eine komplett neue Eingangsstufe entworfen, siehe Idee der 2. Akkusteuerungsschaltung(6 .5).

6 .5 Idee der 2. Akkusteuerungsschaltung

Die 2.Akkusteuerungsschaltung unterscheidet sich primär von der 1. in der Eingangsschaltung bzw. der Akkuladeschaltung. Diesmal sind die Akkus ständig in Serie geschalten. Die Sicherheitsvorkehrungen wurden reduziert, sind aber immer noch ausreichend.

6 .5.1 Laden der Akkus

Das Micro-USB Kabel hat wiederum 5V Versorgungsspannung. Die beiden Akkus sind in Serie geschaltet, womit die Ladespannung 8.2V ($2 \cdot 4.1V$) betragen muss. Diese Spannung wird durch einen StepUp Converter vom Typ LT1370 erreicht. Dieser ist ein verstellbarer StepUpDownConverter.

Die Beschaltung des ICs und die Formel, zur Berechnung der Widerstände, wird wiederum aus dem Datenblatt entnommen (Siehe Abbildung 12 auf Seite XII).

$$V_{out} = 8.2V; V_{ref} = 1.245V; R_{SU2} = 10k\Omega$$

$$V_{out} = V_{ref} \cdot \left(1 + \frac{R_{SU1}}{R_{SU2}}\right)$$

$$R_{SU1} = R_{SU2} \cdot \left(\frac{V_{out}}{V_{ref}} - 1\right) = 55.8k\Omega \rightarrow E - 12 \rightarrow R_{SU1} = 56k\Omega$$

Dieses Widerstandsverhältnis transformiert die Spannung von 5V auf 8.2V, womit die in Serie geschalteten Akkus geladen werden können.

In Punkt 6 .5.5 befindet sich die Schaltung des 2. Versuchs. Folgende Bauteile dieser Schaltung werden ausschließlich für das Laden verwendet:

LT1370, C_{SU1}, C_{SU2}, C_{SU3}, L_{SU1}, R_{SU1}, R_{SU2}, R_{SU3}, D_{SU1}

6 .5.2 Entladen der Akkus

Die Entladeschaltung der 2.Schaltung entspricht exakt der Entladeschaltung des 1.Versuches (siehe: Entladen der Akkus (6 .4.2)).

In Punkt 6 .5.5 befindet sich die Schaltung des 2. Versuchs. Folgende Bauteile dieser Schaltung werden ausschließlich für das Laden verwendet:

LM2596, D_{S1}, L_{SD1}, C_{SD2}, R_{SD1}, R_{SD2}.

6 .5.3 Sicherheit

Als Sicherheit wird wiederum ein Über- und Unterladeschutz verwendet. So gibt es eine automatische Abschaltung, wenn der Akku vollgeladen oder entladen ist. Die Überwachung greift für jeden Akku einzeln, dies geschieht wieder über Komparatoren, aber nur einen Transistor. Dieser sperrt, wenn der Schutz greift und ist geöffnet, wenn der Akku geladen oder verwendet werden darf.

Um den Schutz beider Akkus zu ermöglichen, ist in der Serienschaltung eine Subtrahiererschaltung eingebaut. Die Differenz dieser Schaltung ergibt den momentanen Ladezustand des 2.Akkus.

Die Referenzspannungen der Komparatoren ergeben sich aus einem Spannungsteiler und ergeben:

- $V_{41} = 4.1V$
- $V_3 = 3V$

6 .5.4 Messung

Die Ausgangsschaltung wurde schon in 6 .4.6 gemessen und kann somit ausgelassen werden.

Das Hauptaugenmerk liegt auf der Eingangsstufe, welche die 1.Schaltung nutzlos gemacht hat.

Eingangsschaltung: Die Messung der Eingangsschaltung erfolgt auf einem Steckbrett. VCC wird mittels einem Labornetzteil bereitgestellt. Dieses wird auf 5V eingestellt.

Die Spannungslevel stimmen bei allen Messpunkten. Der Eingangsstrom ist aber wiederum viel zu niedrig (10 mA mit T_1 , ohne 50 mA).

Sicherheit: Es wird überprüft, ob die Sicherheitsabschaltung funktioniert, dazu wird anstatt den Akkus ein Labornetzteil gehängt, welches einmal auf 8V Vout und einmal auf 2.5V Vout eingestellt wird. Durch diese Einstellung wird der Transistor T_1 hochohmig.

Die Schaltung kann somit theoretisch, als sichere Ladeschaltung verwendet werden. Der Haken dabei ist, dass das Laden eines Akkus eine Woche dauert. Da das Entwickeln einer neuerlichen Schaltung aufgrund zeitlicher Beschränkungen nicht mehr möglich ist, wird eine Einigung mit Prof. Signitzer getroffen.

In dieser wird als Akkumulator+Schaltung eine Powerbank verwendet, für technische Daten siehe 6 .6.

6.5.5 Schaltung

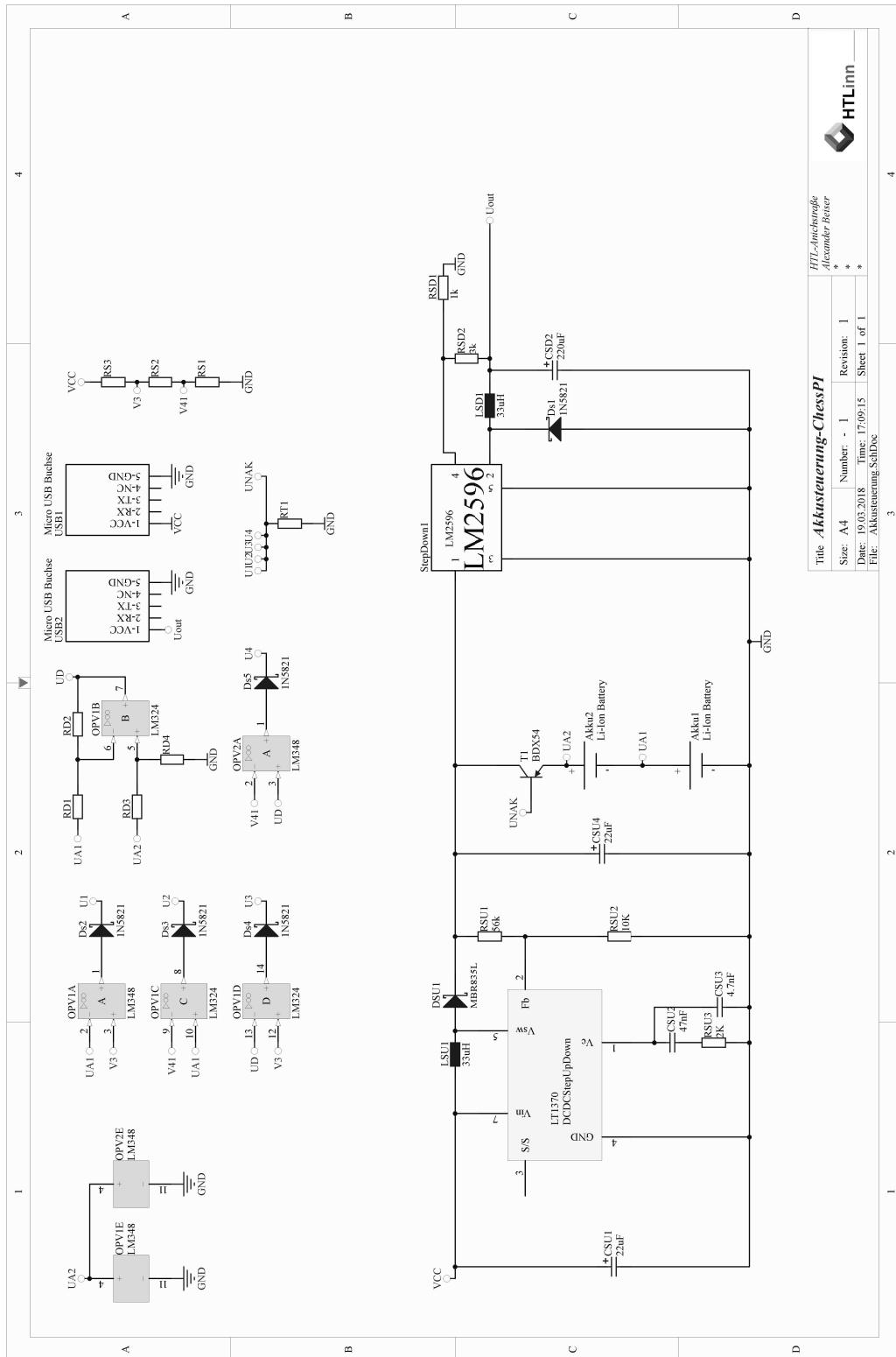


Abbildung 5: Die 2.Schaltung

6 .6 Verwendete Lösung

Um einen ChessPI Prototypen rechtzeitig fertigzustellen, wird auf eine eigen entwickelte Schaltung innerhalb des ChessPI verzichtet. Stattdessen soll eine Powerbank verwendet werden.

Diese muss folgende Aufgaben erfüllen:

- Min. Entladestrom von 2 A
- Spielzeit von >1h

Als Powerbank gibt es zwei zur Auswahl kommende Modelle:

- Das Modell RP-PB17 von RAVPower - Dieses erfüllt alle Vorgaben, denn die Powerbank hat einen maximalen Ausgangsstrom von 2.4 Ampere und eine Kapazität von 5600 mAh, womit ein Betrieb von bis zu 2.5h möglich ist. Die Größe ist kleiner als der RaspberryPI, womit die Powerbank einfach in das Gehäuse integriert werden kann.

Datenblattreferenz für die Powerbank siehe Abbildung 7 auf Seite VII.

- Das Modell FREEPMULTI10000 von Cellularline - Dieses hat den Vorteil einer erhöhten Kapazität von 10.000 mAh gegenüber den 5600 des anderen Modells. Dafür sind die Abmessungen der FREEPMULTI1000 Powerbank größer, womit ein Einbau in ein Gehäuse nur schwer möglich ist.

7 Gehäuse

Aufgabe war es ein Gehäuse für den RaspberryPI mit Bildschirm und Akkusterierung zu Designen. Anstatt der Akkusteuerung wird nach 6.6 eine Powerbank verwendet. Für diese sollen noch Ein- und Ausschalter und eine Mikro-USB Buchse für die Versorgung vorgesehen werden.

Das Gehäuse soll mittels 3D-Drucker erstellt werden bzw. falls dies nicht in entsprechender Qualität geschehen kann, soll eines in der Kunststoffwerkstätte produziert werden.

7.1 Maße der Bauteile

Die Maße für den Bildschirm, für den Akku und für den RaspberryPI werden im Anhang Datenblätter (VI) gefunden.

7.2 Geplantes mit dem 3D-Drucker gefertigtes Gehäuse

Das Gehäuse wird nach den vorherigen Kriterien entwickelt. Als Akkumodell wird der größere verwendet (FREEPMULTI10000).

Da das Gehäuse mit einem 3D-Drucker gefertigt werden soll, unterliegt die Fertigung gewissen technischen Machbarkeiten. Unter anderem ist ein Gehäuse in der ursprünglich gewünschten Größe nicht möglich, da der Drucker nicht ein Gehäuse von 180x110x50mm, in einer realistischen Zeit und mit wirtschaftlichen Materialverbrauch drucken kann. Dies führt zu einer Stückelung des geplanten Gehäuses in drei Teile:

Die Basis soll auf den RaspberryPI geschraubt werden, darauf soll die Akkuhalterung geklebt werden. Da die Akkuhalterung oben offen ist, wird für diese auch ein Deckel geplant, welcher ebenfalls aufgeklebt wird.

Das Problem dieses Gehäuses ist ein persönliches, da das Aussehen bestenfalls „als im Notfall akzeptabel“ bezeichnet werden kann. Somit wird das „richtige“ Gehäuse in der Kunststoffwerkstätte entwickelt und produziert.

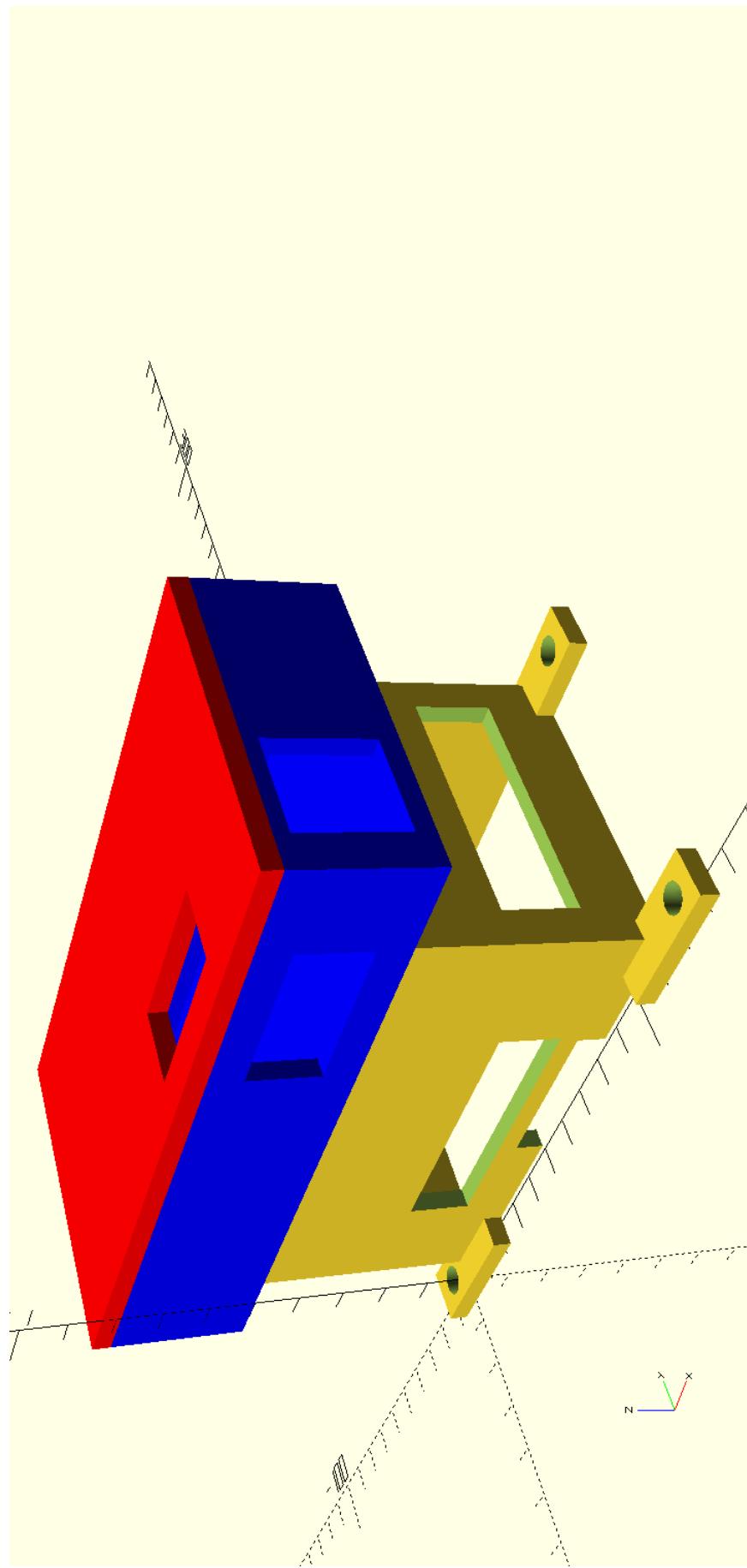


Abbildung 6: Das Gehäuse in den drei Teilen

7 .3 Gehäuse - Kunststoffwerkstätte

Als Alternativlösung wird das Gehäuse in der Kunststoffwerkstätte gefertigt. Dieses soll aus poliertem weißem Kunststoff bestehen.

Dazu soll noch eine Ladebuchse und ein Schalter verbaut werden.

Nach Absprache mit Fachlehrer Strohmaier, welcher mich hier tatkräftig unterstützt hat, wurde das Gehäuse in folgenden Schritten produziert:

- Die Bodenplatte und die beiden Seitenteile werden aus weißem Kunststoff heraus geschnitten
- Die Bodenplatte wird gebogen und mit den beiden Seitenteilen verklebt
- Es werden vier Löcher als Befestigungsschrauben gebohrt
- Die Platte für den Bildschirm wird Ausgeschnitten und die Versenkung für den Bildschirm hineingefräßt
- Die Abstandshalter (innen) werden ausgeschnitten und in beide werden Löcher für die Schrauben gebohrt
- Die Löcher für die Mikro-USB-Buchse und für den Ein-Ausschalter wird hineingeschnitten (Lasercutter)
- Es werden Schrauben für das verschließen des Displays gesucht. Da es keine >50mm langen M3 Schrauben gibt, wird eine Gewindestange abgeschnitten und das Gehäuse mit einer Mutter befestigt.
- Damit die Mutter nicht gesehen wird, werden vier Standfüße besorgt in denen die Mutter platz hat.

8 Android

9 Beta

Der letzte Meilenstein war die Beta Phase. In dieser sollten alle Funktionen des Spiels durch ausgewählte Tester noch einmal auf Herz und Nieren geprüft werden. Die Beta Tester sind deshalb aus Verschiedenen Hintergründen ausgewählt worden, zum Beispiel eine professionelle Schachspielerin oder Software EntwicklerInnen. Dies hat den Vorteil unterschiedliche Nutzerverhalten zu Testen.

Sowohl Alexander Beiser und Marcel Huber haben fünf Tester zu den Punkten:

- I Generelles Spielgefühl
- II Eventuell gefundene Bugs bzw. Verbesserungsvorschläge

9 .1 AI und Spielmechanik

Chiara Polterauer (Schach-Staatsmeisterin)

- I Findet das Spiel eigentlich ganz in Ordnung, hat aber ein paar Verbesserungsvorschläge für eine eventuelle Weiterentwicklung des Spiels.
- II Hat die KI im „Better AI“ Modus auf dem maximalen Level geschlagen (bis jetzt einzige TesterIn) und wünscht sich somit eine bessere KI.

Jonas Bangratz

- I Um hier Jonas Bangratz wörtlich zu zitieren (22.03.2018): „Neben einigen Unregelmäßigkeiten, welche die Beta-Version zu diesem Zeitpunkt enthielt, war es für die Software dennoch möglich mir ein relativ gutes Spielgefühl zu vermitteln.“
- II Im Computermodus, auf der niedrigsten Schwierigkeitsstufe, war es möglich den feindlichen König zu schlagen. Genauer betrachtet ist der feindliche König auf ein Feld gefahren, dass bedroht wird, wodurch dieser im nächsten Zug geschlagen werden konnte. Dies kann eigentlich gar nicht geschehen, da die KI nie den eigenen König bedrohen würde. Da die KI auf der niedrigen Schwierigkeitsstufe aber keine Züge voraus berechnet, weiß diese nicht, dass der König durch diesen Zug bedroht wird. Aus diesem Grund, wurde die KI mit einem menschlichen Spieler in der Spiellogik vollständig gleichgestellt und darf dies nun nicht mehr. Dies hat Performance Einbußen zur Folge, welche aber verschmerzbar sind.

Nadja Nicolussi

- I Findet das Design ansprechend und die verschiedenen Spielmodi vernünftig.
- II Nahezu am Ende des Spiels ist der feindliche König, dieses Team hat nur mehr eine Figur den König, nicht ins Schach zu setzen. Dies geschieht daher, dass es in der DRAW()-Methode eine Abfrage gibt, ob eine Patt Situation entstanden ist. Diese Abfrage wird erst gestartet, wenn der König die letzte verbleibende Figur ist. Diese Abfrage hatte einen Bug, der den König „ausweichen“ lies.

Moritz Schnell

- I Findet das Spielgefühl ziemlich intuitiv.
- II Kompletter Spielabsturz durch einen Logikfehler in der AI Klasse. Die GUI wurde nicht mehr anklickbar, da das Überschreiben des aktuellen Spielstandes nicht funktioniert hat, wodurch ein Weiterspielen unmöglich war. Dieser Fehler, ist durch „Race Conditions“ aufgetreten und wurde behoben.

Alina Schärmer

- I Hier wird Alina Schärmer wörtlich zitiert: „Ich finde das Spiel echt gut gelungen.“
- II

9 .2 LAN und GUI

10 FERTIGUNGSDOKUMENTATION

Die Fertigungsdokumentation ist als optionaler Dokumentationsteil zu sehen und wird mit der Betreuerin bzw. Betreuer besprochen, ob dieser Teil der Dokumentation notwendig ist. Gedacht ist die Fertigungsdokumentation speziell für aufwändige Schaltungen, bei denen es notwendig erscheint, einen Verkabelungsplan, spezielle Anleitungen für das Einlöten der Bauteile usw. auszuarbeiten.

11 BENUTZERDOKUMENTATION

Hinweis: Die Benutzerdokumentation beschreibt das System aus der Sicht des Benutzers. Ein beliebiger Benutzer sollte in die Lage versetzt werden, das System zu verwenden (Bedienungsanleitung, technische Dokumentation).

11.1 Installationsanleitung

Schritt-für-Schritt-Anleitung, wie das System vom Benutzer erstmalig in Betrieb genommen werden kann. Weiters eine Anleitung, wie die Software des Systems mit Hilfe der Entwicklungswerkzeuge neu erstellt werden kann.

11.2 Anwendungsbeispiele

Beschreibung typischer Aufgaben, die der Benutzer mit dem System durchführen kann (Schritt-für-Schritt-Anleitungen).

11.3 Referenzhandbuch

Beschreibung der einzelnen Bedienungselemente (Frontplatten, Dialoge...).

11.4 Fehlermeldungen und Hinweise auf Fehlerursachen

Alle Fehlermeldungen, die das System dem Benutzer ausgeben kann, mit Beschreibung der Ursache und Vorschlägen zur Lösung des Problems.

ANHANG

I Abbildungsverzeichnis

1	Das Blockschaltbild	6
2	Spielzyklus im LAN-Modus	32
3	Min-Max	44
4	Die 1.Schaltung	56
5	Die 2.Schaltung	60
6	Das Gehäuse in den drei Teilen	63
7	Datenblatt Powerbank	VII
8	Datenblatt RaspberryPI Bildschirm	VIII
9	Datenblatt LM2596-Seite 1	IX
10	Datenblatt LM2596-Seite 7 (Berechnung)	X
11	Datenblatt LT1370-Seite 1	XI
12	Datenblatt LT1370-Seite 7 (Berechnung)	XII
13	Datenblatt Akku für Akkusteuerung	XIII

II TABellenverzeichnis

1	Repräsentation der Figuren	10
2	Arbeitsaufstellung nach Meilensteine	XIX

III Literaturverzeichnis

- [1] Author = "Wikipedia contributors", Titel = "Chess — Wikipedia, The Free Encyclopedia", Jahr = "2018", URL = "<https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Chess&oldid=829981577>", Notiz = "[Online; accessed 19-March-2018]"
- [2] Author = Mike Klein, Titel = Google's AlphaZero Destroys Stockfish in 100-Game Match, URL = <https://www.chess.com/news/view/google-s-alphazero-destroys-stockfish-in-100-game-match>
- [3] Author = „Abarent”, Titel = Piece Square Table, URL = <http://www.chessbin.com/post/Piece-Square-Table>
- [4] Author = The MagPi Magazine, Titel = RASPBERRY PI 3 IS OUT NOW! SPECS, BENCHMARKS & MORE, URL = <https://www.raspberrypi.org/magpi/raspberry-pi-3-specs-benchmarks/>
- [5] Author = „Gordon”, Titel = THE EAGERLY AWAITED RASPBERRY PI DISPLAY, URL = <https://www.raspberrypi.org/blog/the-eagerly-awaited-raspberry-pi-display/>
- [6] Author: The RaspberryPI Foundation, Titel: Power Supply, URL:<https://www.raspberrypi.org/documentation/hardware/raspberrypi/power/README.md>, Notiz = Online; Stand 19. März 2018
- [7] Author = "Wikipedia", Titel = „Akkumulator — Wikipedia, Die freie Enzyklopädie”, Jahr = "2018", URL = "<https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Akkumulator&oldid=175107886>", Notiz = "[Online; Stand 19. März 2018]"
- [8] Author = RS-Components, Titel = Ansmann Lithium-Akkupacks 3.7V/2600mAh, mit Drahtanschluss, URL = <https://at.rs-online.com/web/p/lithium-akkus/7760853/?searchTerm=776-0853>, Notiz = Online; Stand 19. März 2018, RS-Best. Nr.: 776-0853, Herst. Teile-Nr.: 2347-3003
- [9] Author = RS-Components, Titel = RS Pro Li-Po Akku 3.7V, 2000 mAh, mit Drahtanschluss, URL = <https://at.rs-online.com/web/c/batterien/akkus/lithium-akkus/?applied-dimensions=4294830943>, Notiz = Online; Stand 19. März 2018, RS-Best Nr.: 125-1266
- [10] Author 1 = Andrew Hunt, Author 2 = David Thomas, Titel = The Pragmatic Programmer, Untertitel = from journeyman to master, Verlag = Addison-Wesley, Verlagsort = Crawfordsville, Indiana, United States of America, Jahr = 2000

IV Abkürzungen

PC	Personal Computer
HTL	Höhere Technische Lehranstalt
GUI	Graphical-User-Interface
GNU	GNU's Not Unix
AI	Artificial-Intelligence
vgl.	vergleiche
dt.	zu Deutsch
engl.	englisch
App.	Application

V PFlichtenheft

Pflichtenheft für die Diplomarbeit

JavaChess, ChessPI AndChess

V .1 JAVAChess KONZEPT

Das Programm ist als 2D Schachspiel konzipiert. Basierend auf Java und JavaFX wird das Spiel entwickelt.

Das Spiel soll Online spielbar gemacht werden, aber auch über einen Einzelspielermodus verfügen. Dieser Einzelspielermodus beinhaltet auch eine selbst entwickelte künstliche Intelligenz.

Die Grafische Oberfläche setzt sich aus selbst designten Schachbrett, Bedienflächen und aus Opensource-Quellen stammenden Ressourcen für die Figuren zusammen.

Selbstverständlich sollen alle möglichen Züge implementiert- und ein passender Schachmattalgorithmus entwickelt werden.

Auf eine Ressourcenschonende Zugberechnung soll besonderen Wert gelegt werden, da die künstliche Intelligenz auf denselben Zugmechanismus zugreifen soll wie der menschliche Spieler.

Die Bedienung des Programms soll auf mehrere Arten möglich sein: mittels Click to Click* und Drag and Drop.

*Click to Click: Spieler A klickt auf Feld d7 – dann auf Feld d6 – Figur bewegt sich von d7 nach d6.

V .2 Einzubauende Features

V .2.1 JavaChess (Desktop Version - Windows)

1. GUI

- (a) 2D Darstellung des Schachbretts
- (b) Bedienflächen, in Menüs geordnet
- (c) Spielstand Indikatoren

2. Programmlogik

- (a) Zugfunktion
- (b) Schachmattalgorithmus
 - i. Es soll auf eine Übersichtlichkeit des Programmcodes geachtet werden
 - ii. Die Kommentare des Programmcodes sollen auf Englisch erfolgen

3. Künstliche Intelligenz

- (a) Im Einzelspielermodus ist es möglich gegen eine selbst entwickelte möglich gegen eine selbst entwickelte künstliche Intelligenz zu spielen

- (b) Die Evaluierung des besten Zuges der künstlichen Intelligenz wird mithilfe eines abgeänderten MinMax-Algorithmus erfolgen.

4. Netzwerk

- (a) Austausch der Spieldaten über ein Local Area Network.

V .2.2 ChessPI (Raspberry PI 3)

1. Für einen 7“ Touchscreen optimierte Spielerfahrung
2. Optimierung der künstlichen Intelligenz für Niedrigleistung
3. Eigenentwickeltes Gehäuse, welches mithilfe eines 3D-Druckers gebaut wird
4. Selber entwickelte Akkuansteuерungsschaltung und Einbau des Akkus innerhalb des Gehäuses

V .2.3 AndChess (Android)

1. Vollständig portierter Programmcode für Android basierte mobile Geräte
2. Angepasste GUI für eine bessere Bedienung auf mobilen Geräten

V .3 Appendix

V .3.1 Vorhandene Bugs

Hier werden alle bekannten Bugs gelistet, welche behoben werden sollen:

- chachmattalgorithmus gibt außer in einem bestimmten Fall nur Schach aus. Dieser bestimmte Falls ist, wenn zwei gegnerische Figuren den König bedrohen.
- Die Züge Rochade, En Passant, Bauerntausch und der Doppelzug des Bauern, falls dieser sich noch nicht bewegt hat, sind nicht eingebaut.
- Die Züge des Läufers und der Dame haben den Fehler falls diese Diagonal ziehen, sind auch illegale Züge erlaubt. Z.B.: Lc8 -> Le6, dieser Zug funktioniert, sollte aber nicht
- Es gibt keine Feststellung ob Team1 oder Team2 am Zug ist, beide funktionieren immer.
- Falls eine Schachsituation entsteht, kann es unter besonderen Bedingungen zu einer Endlosschleife kommen. Diese lässt in Folge das Programm abstürzen.

VI Datenblätter

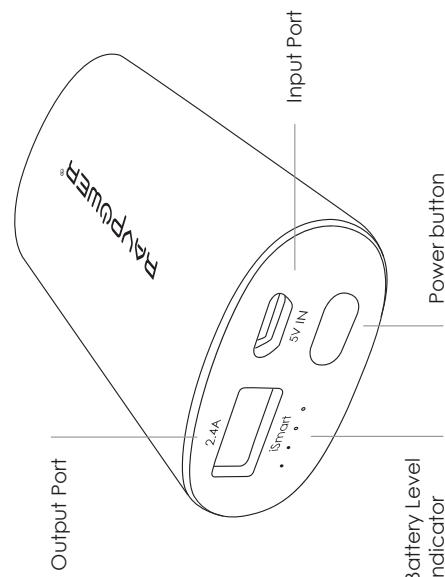
What's In the Box

- 1 x RAVPower Power Bank (Model: RP-PB17)
- 1 x USB Charging Cable
- 1 x User Manual

Specifications

Model	RP-PB17
Capacity	5200 mAh / 19.2 Wh
Input	DC 5 V / 2 A
Output	DC 5 V / 2.4 A
Dimensions	92mm x 46mm x 22.5mm 3.62" x 1.81" x 0.89"
Net Weight	135g/4.76oz

Product Diagram



Thank you for choosing the RAVPOWER Luster 5200 mAh Power Bank. Please read this manual and keep it as reference. If you need any further assistance, please contact us or email RAVPOWER support at support@ravpower.com.

US UK CA

Abbildung 7: Datenblatt Powerbank

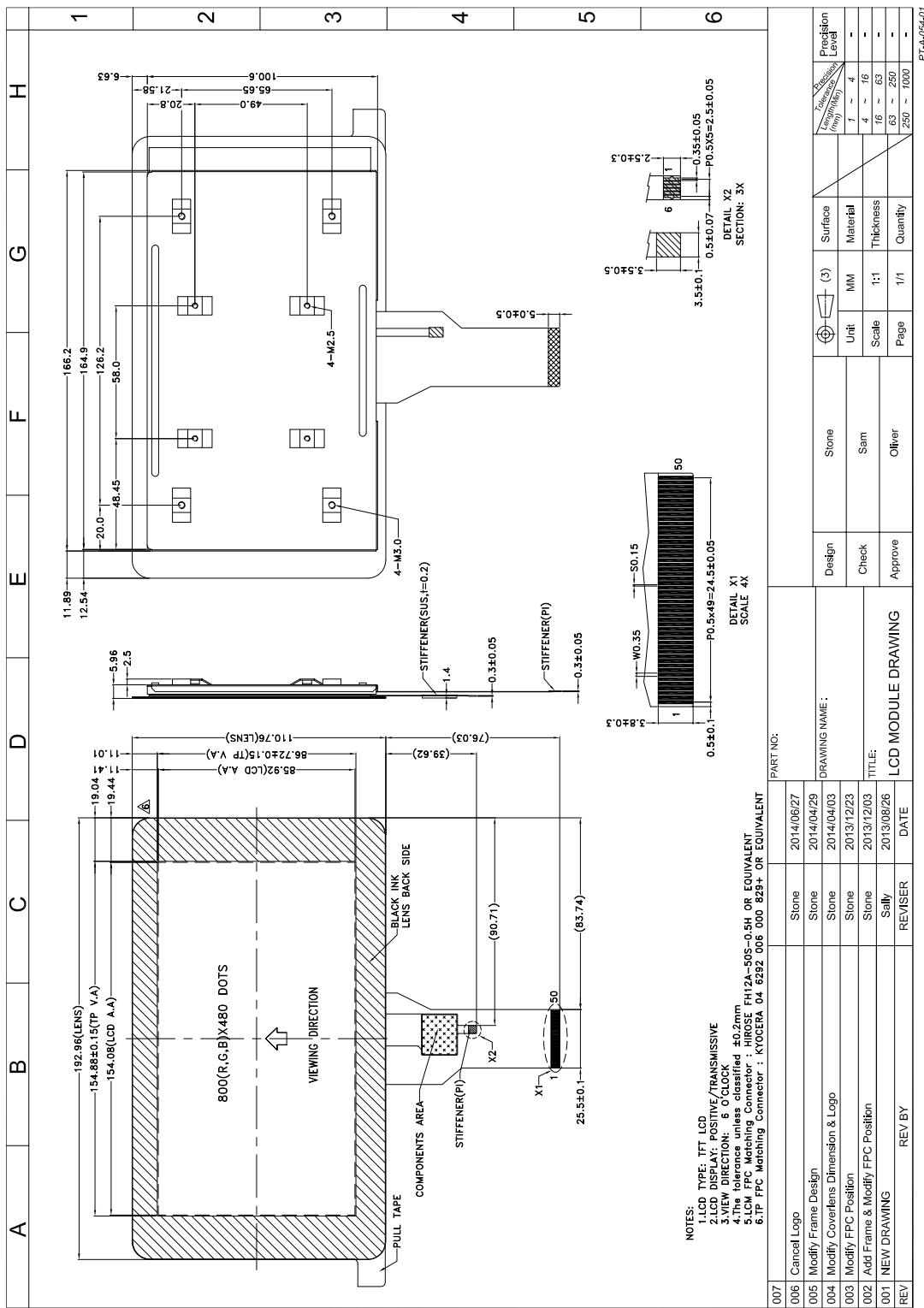


Abbildung 8: Datenblatt RaspberryPI Bildschirm

LM2596

3.0 A, Step-Down Switching Regulator

The LM2596 regulator is monolithic integrated circuit ideally suited for easy and convenient design of a step-down switching regulator (buck converter). It is capable of driving a 3.0 A load with excellent line and load regulation. This device is available in adjustable output version and it is internally compensated to minimize the number of external components to simplify the power supply design.

Since LM2596 converter is a switch-mode power supply, its efficiency is significantly higher in comparison with popular three-terminal linear regulators, especially with higher input voltages.

The LM2596 operates at a switching frequency of 150 kHz thus allowing smaller sized filter components than what would be needed with lower frequency switching regulators. Available in a standard 5-lead TO-220 package with several different lead bend options, and D²PAK surface mount package.

The other features include a guaranteed $\pm 4\%$ tolerance on output voltage within specified input voltages and output load conditions, and $\pm 15\%$ on the oscillator frequency. External shutdown is included, featuring 80 μ A (typical) standby current. Self protection features include switch cycle-by-cycle current limit for the output switch, as well as thermal shutdown for complete protection under fault conditions.

Features

- Adjustable Output Voltage Range 1.23 V – 37 V
- Guaranteed 3.0 A Output Load Current
- Wide Input Voltage Range up to 40 V
- 150 kHz Fixed Frequency Internal Oscillator
- TTL Shutdown Capability
- Low Power Standby Mode, typ 80 μ A
- Thermal Shutdown and Current Limit Protection
- Internal Loop Compensation
- Moisture Sensitivity Level (MSL) Equals 1
- Pb-Free Packages are Available

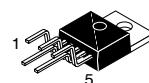
Applications

- Simple High-Efficiency Step-Down (Buck) Regulator
- Efficient Pre-Regulator for Linear Regulators
- On-Card Switching Regulators
- Positive to Negative Converter (Buck-Boost)
- Negative Step-Up Converters
- Power Supply for Battery Chargers



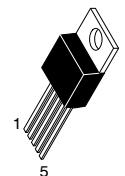
ON Semiconductor®

<http://onsemi.com>



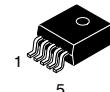
TO-220
TV SUFFIX
CASE 314B

Heatsink surface connected to Pin 3



TO-220
T SUFFIX
CASE 314D

- Pin 1. V_{in}
 2. Output
 3. Ground
 4. Feedback
 5. ON/OFF



D²PAK
D2T SUFFIX
CASE 936A

Heatsink surface (shown as terminal 6 in case outline drawing) is connected to Pin 3

ORDERING INFORMATION

See detailed ordering and shipping information in the package dimensions section on page 23 of this data sheet.

DEVICE MARKING INFORMATION

See general marking information in the device marking section on page 23 of this data sheet.

Abbildung 9: Datenblatt LM2596-Seite 1

LM2596

TYPICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS (Circuit of Figure 15)

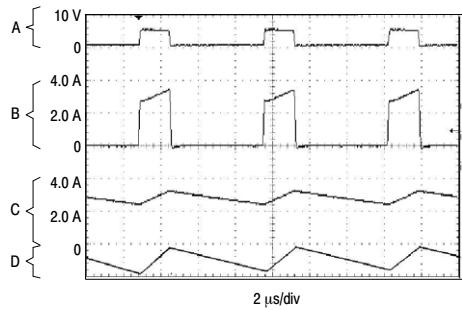


Figure 13. Switching Waveforms

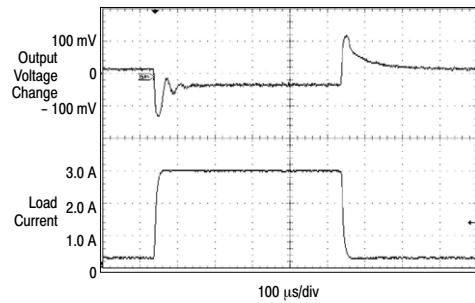


Figure 14. Load Transient Response

V_{out} = 5 V
 A: Output Pin Voltage, 10 V/div
 B: Switch Current, 2.0 A/div
 C: Inductor Current, 2.0 A/div, AC-Coupled
 D: Output Ripple Voltage, 50 mV/div, AC-Coupled
 Horizontal Time Base: 5.0 µs/div

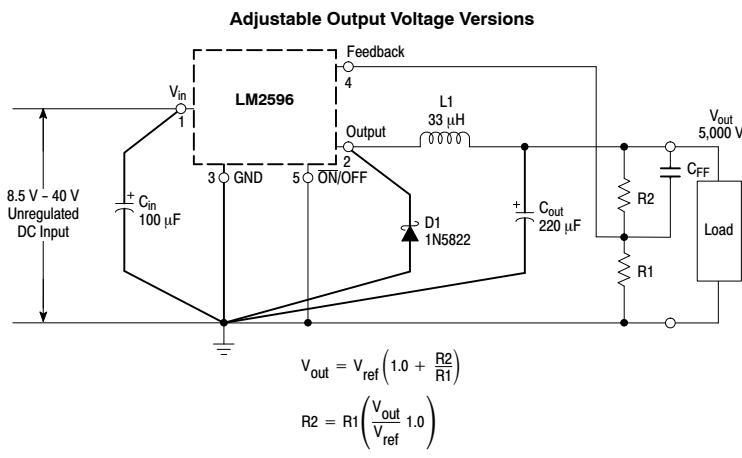


Figure 15. Typical Test Circuit

Abbildung 10: Datenblatt LM2596-Seite 7 (Berechnung)



FEATURES

- Faster Switching with Increased Efficiency
- Uses Small Inductors: $4.7\mu\text{H}$
- All Surface Mount Components
- Low Minimum Supply Voltage: 2.7V
- Quiescent Current: 4.5mA Typ
- Current Limited Power Switch: 6A
- Regulates Positive or Negative Outputs
- Shutdown Supply Current: $12\mu\text{A}$ Typ
- Easy External Synchronization
- Switch Resistance: 0.065Ω Typ

APPLICATIONS

- Boost Regulators
- Laptop Computer Supplies
- Multiple Output Flyback Supplies
- Inverting Supplies

DESCRIPTION

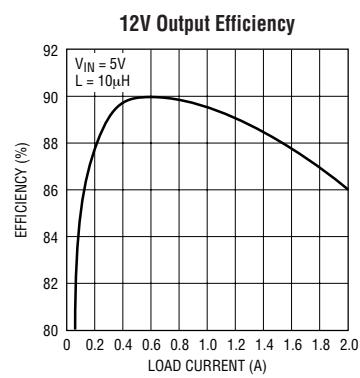
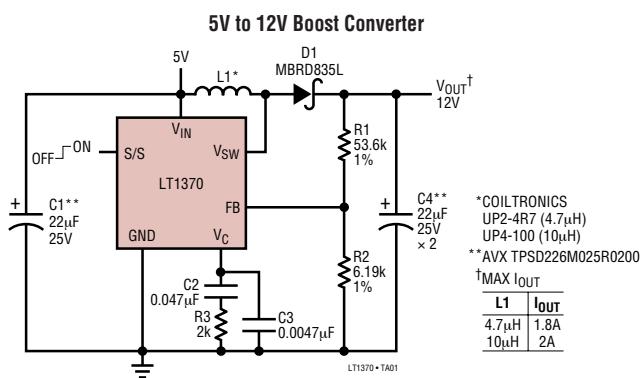
The LT[®]1370 is a monolithic high frequency current mode switching regulator. It can be operated in all standard switching configurations including boost, buck, flyback, forward, inverting and "Cuk." A 6A high efficiency switch is included on the die, along with all oscillator, control and protection circuitry.

The LT1370 typically consumes only 4.5mA quiescent current and has higher efficiency than previous parts. High frequency switching allows for very small inductors to be used.

New design techniques increase flexibility and maintain ease of use. Switching is easily synchronized to an external logic level source. A logic low on the Shutdown pin reduces supply current to $12\mu\text{A}$. Unique error amplifier circuitry can regulate positive or negative output voltage while maintaining simple frequency compensation techniques. Nonlinear error amplifier transconductance reduces output overshoot on start-up or overload recovery. Oscillator frequency shifting protects external components during overload conditions.

LT, LTC and LT are registered trademarks of Linear Technology Corporation.

TYPICAL APPLICATION



sn1370 1370fs



1

Abbildung 11: Datenblatt LT1370-Seite 1

OPERATION

Unique error amplifier circuitry allows the LT1370 to directly regulate negative output voltages. The negative feedback amplifier's 100k source resistor is brought out for negative output voltage sensing. The NFB pin regulates at $-2.48V$ while the amplifier output internally drives the FB pin to $1.245V$. This architecture, which uses the same main error amplifier, prevents duplicating functions and maintains ease of use. Consult LTC Marketing for units that can regulate down to $-1.25V$.

The error signal developed at the amplifier output is brought out externally. This pin (V_C) has three different

functions. It is used for frequency compensation, current limit adjustment and soft starting. During normal regulator operation this pin sits at a voltage between $1V$ (low output current) and $1.9V$ (high output current). The error amplifier is a current output (g_m) type, so this voltage can be externally clamped for lowering current limit. Likewise, a capacitor coupled external clamp will provide soft start. Switch duty cycle goes to zero if the V_C pin is pulled below the control pin threshold, placing the LT1370 in an idle mode.

APPLICATIONS INFORMATION

Positive Output Voltage Setting

The LT1370 develops a $1.245V$ reference (V_{REF}) from the FB pin to ground. Output voltage is set by connecting the FB pin to an output resistor divider (Figure 1). The FB pin bias current represents a small error and can usually be ignored for values of R_2 up to $7k$. The suggested value for R_2 is $6.19k$. The NFB pin is normally left open for positive output applications. Positive fixed voltage versions are available (consult LTC Marketing).

Negative Output Voltage Setting

The LT1370 develops a $-2.48V$ reference (V_{NFR}) from the NFB pin to ground. Output voltage is set by connecting the NFB pin to an output resistor divider (Figure 2). The $-30\mu A$ NFB pin bias current (I_{NFB}) can cause output voltage errors and should not be ignored. This has been accounted for in the formula in Figure 2. The suggested value for R_2 is $2.49k$. The FB pin is normally left open for negative output applications.

Dual Polarity Output Voltage Sensing

Certain applications benefit from sensing both positive and negative output voltages. One example is the "Dual Output Flyback Converter with Ovvoltage Protection" circuit shown in the Typical Applications section. Each output voltage resistor divider is individually set as described above. When both the FB and NFB pins are used,

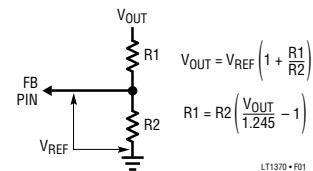


Figure 1. Positive Output Resistor Divider

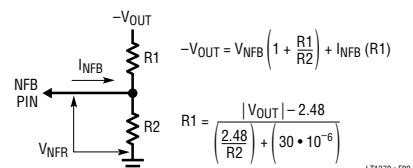


Figure 2. Negative Output Resistor Divider

the LT1370 acts to prevent either output from going beyond its set output voltage. For example, in this application if the positive output were more heavily loaded than the negative, the negative output would be greater and would regulate at the desired set-point voltage. The positive output would sag slightly below its set-point voltage. This technique prevents either output from going unregulated high at no load.

Abbildung 12: Datenblatt LT1370-Seite 7 (Berechnung)

Technische Daten/ technical data		:	Akku/ battery								
Chemie/ chemistry	:	Li-Ion									
Zellanzahl/ no. of cells	:	1 Zelle / cell 18650 LG B4									
Kapazität/ capacity	:	nom. 2500mAh discharge at 0.2C min. 2500mAh discharge at 0.2C tc20°C; EV(Discharge End Voltage); 2.75V per cell									
Innenspannung/ impedance	:	< 100mOhm (battery and safetyboard)									
Nominalspannung/ nominal voltage	:	3.7V									
Standardodespannung/ standard charge voltage	:	4.2V±1%									
Standard Entodespannung/ standard discharge voltage	:	2.75V per cell									
Nominale Ladestrom/ nominal charge current	:	0.5C									
Maximale Ladestrom/ maximum charge current	:	1C									
Ladeendstrom/ charge end current	:	0.01C recommended									
Minimale Entladestrom/ minimum discharge current	:	2500mA (limited by safetyboard)									
Anwendungstemperaturbereich/ ambient temperature range	:	0°C...+45°C -20°C...+60°C -20°C...+45°C									
Selbstentladung/ self discharge	:	≤ 5% / month at 20°C ≤ 10% / month at 30°C ≤ 20% / month at 40°C									
Standards/	:	UN 3480, Subsection 38.3 All cells and batterypacks type tested according section 38.3 to UN manual of test and criteria subsection 38.3									
Technische Daten/ technical data		:	Sicherheitsschaltung/ safety board								
Überodeschutzspannung/ over charge voltage detection	:	4.325V±50mV									
Wiederaufschlagspannung/ over charge release voltage	:	4.15V±50mV									
Entodeschutzspannung/ over discharge protection voltage	:	2.5V±100mV									
Wiederaufschlagspannung/ over discharge release voltage	:	3.0V±100mV									
Nominale Lade/Entlastestrom/ nominal charging current/strom	:	2.5A									
Entlaste Abschaltungstrom/ discharge cut off current	:	5A±1A									
Kurzschlusschutz/ short circuit protection	:	gegen äußeren Kurzschluss/									
Temperaturschalter/ temperature switch	:	---									
MOSFET	:	---									
Rückleiterkriterium/ reverse condition	:	in Masse in Grid									
Netzgewicht/ Leiterplattenmaterial/ pcb material	:	Lost, trennen, Aktiv nach Anlegen/ cut lead, release after charging up 47.5g									
Standards	:	FR4 CE									
Verwendungsbereiche/Applikationen for chargin/for dischar		:	Ans-2013-00421								
Maßstab/Scale DIN A2:1 :1		:									
Abmessung/ dimensions		:									
Zeichnungsnr./Drawing n.		:									
Werksnr./Work material		:									
Zeichnungsdatum/Drawn Anfertigungsdatum/Drawn Sheet		:									
Blatt/ Sheet		:									
Urtag/Signature		:									
Fertigstellung/Completion Datum/Date		:									
Version		:									

Abbildung 13: Datenblatt Akku für Akkusteuering

VII ZUSAMMENFASSUNG

VII .1 Alexander Beiser

Alexander Beiser war für einen Großteil der Spiellogik zuständig. Somit fallen darunter unter anderem:

- Logik des Ziehens der Spielfiguren,
- schachmatt und schach Abfrage,
- Speichern und Laden
- und der Entwicklung des Computers (künstliche Intelligenz)

zuständig.

Außerhalb des JavaChess Bereiches, hat er trotz Hindernissen das Spiel auf den RaspberryPI potiert. Dazu hat er ein Gehäuse entwickelt und das ganze mit einem Akku abgerundet, wodurch ein mobiles spielen mit dem sogenannten „ChessPI“ möglich ist.

Dies ist das abgelieferte Ergebnis. Zusätzliche Aufgabe war es, eine Akkusteuerung selber zu entwerfen. Technisch gesehen sind zwei fertige Entwürfe dieser Akkusteuerung entwickelt worden, in der Messung der jeweiligen Schaltung stellte sich heraus, das jedoch ein Laden mit diesen Schaltungen sehr lange dauern würde. Dadurch verfehlten diese Schaltungen ihren eigentlichen praktischen Nutzen. Die Weiterentwicklung dieser Schaltung, um dadurch ein Laden in entsprechender Zeit zu ermöglichen, schlugen fehl und somit wurde aus Zeitmangel heraus eine Powerbank verwendet.

VII .2 Marcel Huber

Kurzbeschreibung in Deutsch, eine A4-Seite. Die Zusammenfassung soll eine Einführung in das Thema der vertiefenden Aufgabenstellung geben, den praktischen Teil kurz beschreiben und die wichtigsten Ergebnisse des einzelnen Teammitgliedes anführen. Die Zielgruppe der Zusammenfassung sind auch Nicht-Techniker!

VII .3 Schlussfolgerung / Projekterfahrung

Das Projekt, ist trotz einiger Rückschläge, in weiten Teilen erfolgreich. Die künstliche Intelligenz ist stark genug menschliche Spieler zu schlagen und das spielen im Online Modus funktioniert tadellos.

VII .4 Alexander Beiser

Alexander Beiser hatte in einigen Punkten mit massiven Problemen zu kämpfen. Vor allem zwei Punkte stellten sich als größere Probleme heraus, als geplant:

1. Das Potieren auf den RaspberryPI
2. Die Entwicklung der Akkusteuerungsschaltung

1) - Das portieren auf den RaspberryPI stellte sich als einen sehr viel größeren Zeitaufwand heraus, als geplant. Oracle, also die Entwickler von Java, haben die Unterstützung von JavaFX für „Embedded-Processors“ eingestellt. Dadurch musste eine funktionierende Alternative gefunden werden. Nachdem diese Alternative gefunden wurde, stellte sich heraus, dass der Bildschirm in Verbindung mit Java einen gewissen „Offset“ besitzt, also der gedrückte Punkt stimmt nicht mit dem angezeigten überein. Dieser Fehler konnte ebenfalls unter entsprechendem Zeitaufwand behoben werden.

2) - Die Entwicklung der Akkusteuerung stellte sich als ebenfalls größeres Problem als gedacht dar, da der Ladestrom viel zu klein war, um eine praktische Verwendung zu ermöglichen.

Die wichtigste Projekterfahrung ist jedenfalls, dass bevor ein Projekt begonnen wird, eine Machbarkeitsstudie durchgeführt werden sollte. Dadurch können potentielle „Zeit fressende Singularitäten“ vermieden werden. Weiteres sollte man mehr Zeit für eventuelle Fehler einplanen, da der Zeitplan sonst unmöglich einzuhalten ist.

In zukünftigen Arbeiten im Team, sollte man sich mehr absprechen und ständig in Kontakt über den momentanen Stand der Teammitglieder informiert sein, um die Effizienz und Effektivität zu steigern.

VII .5 Marcel Huber

VII .6 Projektterminplanung

Screenshots der MS Project-Datei. Die Ausgabe muss lesbar sein (eventuell auf mehrere Bilder verteilen). Insbesondere ist darauf zu achten, dass die Zeitachse und die Vorgangsachse auf jedem Bild sichtbar sind! Es muss nicht MS-Project verwendet werden!

Projektbalkenplan (Gantt-Diagramm) mit Meilensteinplan:

Abbildung 2: Projektzeitplan

VII .7 Projektpersonalplanung und Kostenaufstellung

VII .7.1 Kostenaufstellung

WAS	WIE VIEL	PREIS(€)
N-Mosfet	7	3.78
4 Ohm Widerstand	5 (Packung)	1.51
1N5408	10 (Packung)	5.2
PNP-Transistor	10 (Packung)	2.99
R-680 Ω	10 (Packung)	0.26
R-3.9kΩ	10 (Packung)	0.45
1N5821	50 (Packung)	15.25
Akku	2	35.94
LM348	10 (Packung)	3.34
R-1.8 kΩ	10 (Packung)	0.08
LM2596	1	3.87
C-100µF	5 (Packung)	1.23
L-33 µH	1	2.89
C-220µF	5 (Packung)	0.59
Sicherung 4A	10 (Packung)	0.73
Raspberry 3	1	61.41
7" Touchscreen	1	57.7
Micro-USB Buchse	1	20.99
Schalter	1	12.99
M-3-Stange	1	0.89
USB-2.0 Kabel	1	9.99
Mikro-USB-Verlängerung	1	9.99
Σ		260.89

VII .7.2 Arbeitsnachweis Diplomarbeit

Arbeitsaufstellung				
<u>Was</u>	<u>Person</u>	<u>Stunden</u>	<u>Von</u>	<u>Bis</u>
<i>Beginn der Diplomarbeit - 14.09.2017</i>				
Schachmatt Algorithmus und Hotseat Modus	Beiser	30	14.09.2017	02.10.2017
Implementierung der Netzwerkfähigkeit	Huber	35	14.09.2017	02.10.2017
<i>Meilenstein 1 - 02.10.2017</i>				
Entwicklung der künstlichen Intelligenz	Beiser	35	02.10.2017	06.11.2017
Implementierung von JavaFX	Huber	50	02.10.2017	06.11.2017
<i>Meilenstein 2 - 06.11.2017</i>				
Raspberry-PI Implementierung und Design des Gehäuses	Beiser	45	06.11.2017	18.12.2017
Komplettüberarbeitung der GUI für eine bessere Benutzer Erfahrung	Huber	40	06.11.2017	18.12.2017
<i>Meilenstein 3 - 18.12.2017</i>				
Entwicklung der Akku- Steuerschaltung und Einbau dieser	Beiser	40	18.12.2017	04.02.2018
Portierung auf Android	Huber	15	18.12.2017	04.02.2018
<i>Meilenstein 4 - 04.02.2018</i>				
Durchführung einer Beta-Phase und Fehlerbehebungen	Beiser	30	04.02.2018	05.03.2018
Durchführung einer Beta-Phase und Fehlerbehebungen	Huber	40	04.02.2018	05.03.2018

Tabelle 2: Arbeitsaufstellung nach Meilensteine