

## Fachprojekt Report

### **Interactive Real-Time Gaming**

Lukas Bünger  
Thilaksan Kodeeswaran  
Dilsan Mahadeva  
30.09.2020

Supervisors:

Prof. Dr. Jian-Jia Chen

M.Sc. Junjie Shi

Technische Universität Dortmund

Fakultät für Informatik

Lehrstuhl Informatik 12 (Eingebettete Systeme)

<http://ls12-www.cs.tu-dortmund.de>



# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1	Motivation und Hintergrund . . . . .	1
1.2	Aufbau und Umgebung der Arbeit . . . . .	1
<b>2</b>	<b>Spiel</b>	<b>3</b>
2.1	Spiel - Hauptmenü . . . . .	3
2.2	Spiel - Einzelspielermodus . . . . .	5
2.3	Spiel - Mehrspielermodus . . . . .	6
2.4	Spiel - Spielende . . . . .	7
<b>3</b>	<b>Struktur</b>	<b>9</b>
3.1	Zustände . . . . .	9
3.2	Verhältnisse der Elemente . . . . .	9
<b>4</b>	<b>Spiel Logik</b>	<b>11</b>
4.1	Initialisierung . . . . .	11
4.2	Gameloop . . . . .	12
<b>5</b>	<b>Probleme und Lösungen</b>	<b>13</b>
5.1	Bewegung der Schlange . . . . .	13
5.2	Elemente Erzeugen . . . . .	13
5.3	Spielleistung . . . . .	14
	<b>List of Figures</b>	<b>19</b>
	<b>List of Algorithms</b>	<b>21</b>
	<b>List of Source Codes</b>	<b>23</b>
	<b>Eidesstattliche Versicherung</b>	<b>25</b>



# 1 Einleitung

Es wird hier kurz und knapp erzählt wie das Projekt zustande gekommen ist und in welcher Entwicklungsumgebung gearbeitet wurde.

## 1.1 Motivation und Hintergrund

Durch die Vergabe des Projektes war uns klar ein kleineres Retro Spiel zu programmieren, dabei kam Snake schnell als Idee. Jedoch war unser Ziel darüber hinaus als nur das klassische Spiel zu implementieren. Es kamen sehr schnell viele Erweiterungsvorschläge wie mehr und variierte Food-Elemente oder spezielle Level oder Mehrspielermodi. Insbesondere gab es sogar noch weitere Level Ideen und weitere Spielmodi, die aber wegen zeitlichen begrenzen des Projekts vernachlässigt wurden und dafür gesorgt wurde, dass die Erweiterungen reibungslos funktionieren.

## 1.2 Aufbau und Umgebung der Arbeit

Die Vorgabe ein Echtzeitbetriebssystem (engl. RTOS) an der Universität zu nutzen, war wegen der Corona-Pandemie eine unmögliche Aufgabe. Dadurch wurde alles online verschoben, dadurch war ein Emulator, welcher solch ein Echtzeitbetriebssystem simuliert, das Grundwerkzeug und Grundumgebung, womit das Projekt gestartet hat. Durch das einarbeiten in den Code des Emulators wurde es mit der Zeit immer verständlicher den Aufbau einfacher das Spiel zu implementieren. Unter anderem hat der Web Cloud GitHub die Zusammenarbeit von uns sehr vereinfacht. Dadurch konnte strukturiert und effektiv an dem Projekt gearbeitet werden. Durch den WebClient BigBlueButton konnten wir uns digital treffen und Problemen oder Ideen als Gruppe besprechen.



## 2 Spiel

In diesem Abschnitt wird das Snake Spiel beschrieben und die Funktionen von Elementen im Gameplay oder Buttons erklärt. Dabei wird gar nicht auf die Implementierung eingegangen, sondern nur erklärt wie das Spiel funktioniert.

### 2.1 Spiel - Hauptmenü

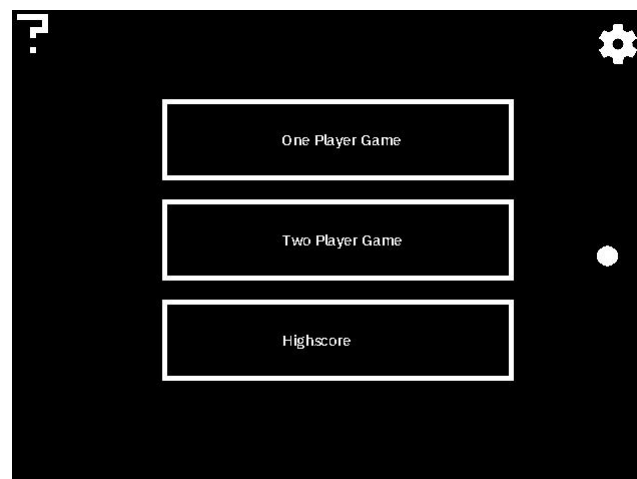


Abbildung 2.1: Hauptmenü

Das Hauptmenü 2.1 erscheint beim starten des Spiels und hat fünf Buttons. Liegt der Mauszeiger über dem Fragezeichen-Button wird eine Anleitung des Spiels angezeigt. Dort wird die Steuerung für die jeweiligen Spieler angezeigt und spezielle Elemente aus dem Mehrspielermodus erklärt.

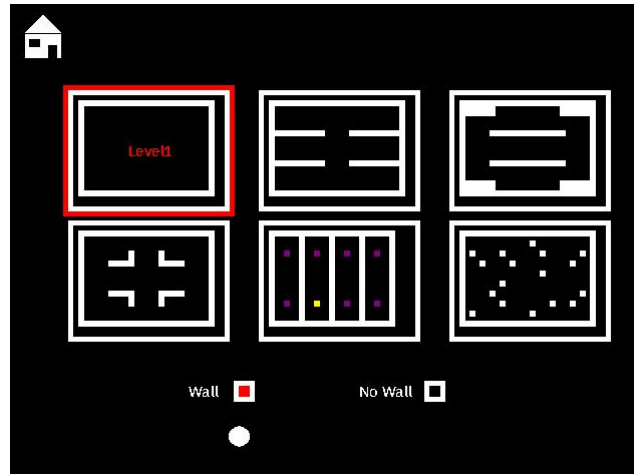


Abbildung 2.2: Einstellungen

Wird auf das Zahnrad rechts oben geklickt, öffnet sich das Einstellungs Menü 2.2, indem verschiedene Levels ausgewählt werden können und die Außenwand aktiviert und deaktiviert werden kann. Ist die Außenwand deaktiviert, kann die Schlange beim kollidieren mit der Außenwand nicht sterben. Durch klicken auf das Haus links oben kehrt der Spieler zum Hauptmenü zurück.

Name	Time	Punkte	Level
Thilaksan	00:00:10	50	Level1 Wall
Dilsan	00:00:09	45	Level2 NoWall
Lukas	00:00:08	40	Level3 NoWall
Dilsan	00:00:07	35	Level1 Wall
Thilaksan	00:00:06	30	Level1 NoWall
Lukas	00:00:05	25	Level2 Wall
Thilaksan	00:00:04	20	Level3 Wall
Lukas	00:00:03	15	Level2 NoWall
Thilaksan	00:00:02	10	Level2 NoWall
Dilsan	00:00:16	5	Level1 NoWall

Abbildung 2.3: Highscore

Wird im Hauptmenü auf den Highscore-Button geklickt, wird der Highscore 2.3 aus den bisher gespielten Spielen angezeigt. Dabei sind die Highscores primär nach Punkten und sekundär nach Zeit sortiert. Außerdem steht in jeweils der letzten Zeile der Highscores das Level, indem gespielt wurde. Mit Klicken auf das Haus links oben kehrt der Spieler zurück zum Hauptmenü.

Klickt der Spieler auf den „One Player Game“-Button öffnet sich ein Menü, indem der



Spieler seinen Namen eintragen kann. Dies kann durch Klicken auf die jeweiligen Buttons auf dem Bildschirm oder durch Eingabe über die Tastatur geschehen. Das Spiel wird dann gestartet, wenn der StartGame-Button betätigt wurde. Wählt der Spieler den Mehrspielermodus, durch Betätigen des „Two Player Game“-Button im Hauptmenü, öffnet sich wieder ein Menü zum Eintragen der Spielernamen und das Spiel kann durch das Betätigen des StartGame-Buttons gestartet werden.

## 2.2 Spiel - Einzelspielermodus

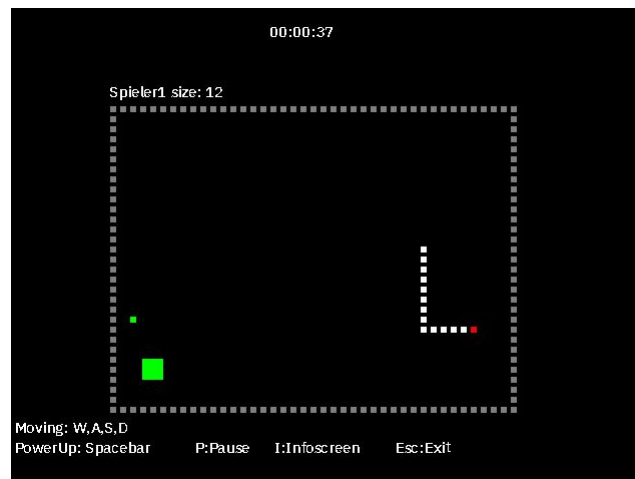


Abbildung 2.4: Einzelspieler Spiel

Der Einzelspielermodus ist im Grunde das traditionelle Snake Game. Die Schlange lässt sich steuern durch Betätigen der Tasten W,A,S,D und bewegt sich alle fünf Frames. Die grünen Elemente sind das Essen der Schlange, welches die Schlange wachsen lässt. Dabei wächst die Schlange um eine Größe beim Verzehren des kleinen Food-Elements und um zwei beim Verzehren des großen Superfood-Elements. Das Spiel kann durch die entsprechenden Levels erschwert werden. Level fünf hat ein lilanes Teleport-Element, welches die Schlange zu einem anderen Teleport-Element teleportiert. Dabei teleportieren die oberen Elemente zum nächsten rechten Element und die unteren Elemente zum nächsten linken Element. Level 6 verändert sein inneres Wandmuster nach dem Verzehren des Food-Elements jedoch nicht nach Verzehren des Superfood-Elements. Das Spiel endet, wenn die Schlange mit der Wand oder mit sich selber kollidiert.

## 2.3 Spiel - Mehrspielermodus

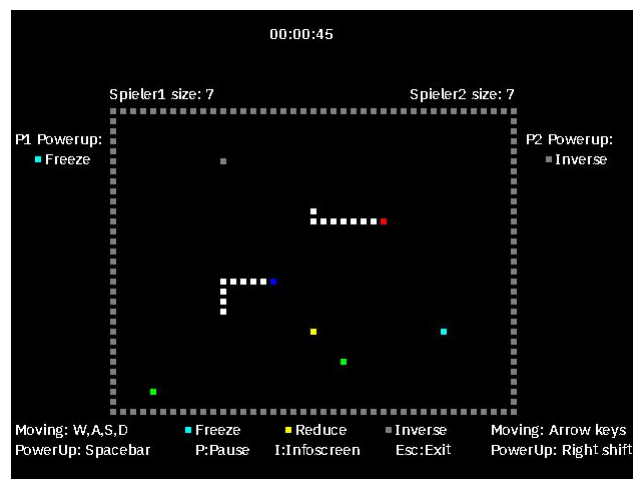


Abbildung 2.5: Mehrspieler Spiel

Beim Mehrspielermodus spielen zwei Spieler gegeneinander und versuchen das Spiel durch töten der Schlange des Gegenspielers zu gewinnen. Spieler eins bewegt die rote Schlange mit den Tasten W,A,S,D und Spieler zwei bewegt die blaue Schlange mit den Pfeiltasten. Im Mehrspielermodus gibt es außerdem Spezial-Elemente, wie das cyanfarbene Freeze-Element, das gelbe Reduce-Element und das graue Inverse Element. Diese Elemente können aufgesammelt werden und mit Leertaste für Spieler eins und mit Shift für Spieler zwei eingesetzt werden. Dabei kann nur ein Element gleichzeitig in der Tasche eines jeweiligen Spielers sein. Beim Einsatz des Freeze-Elementes kann die gegnerische Schlange sich für 25 Frames nicht bewegen. Beim Einsatz des Reduce Elementes verringert sich die Länge der gegnerischen Schlange um eine Größe. Das Inverse-Element invertiert die Steuerung des Gegenspielers für 250 Frames. Das Spiel ist beendet, wenn eines der Spieler verliert. Kollidiert die Schlange eines Spielers mit der Wand, sich selber oder dem Körper der gegnerischen Schlange, verliert derjenige Spieler. Kollidieren beide Schlangen Kopf an Kopf gewinnt derjenige Spieler mit der größeren Schlange.

## 2.4 Spiel - Spielende

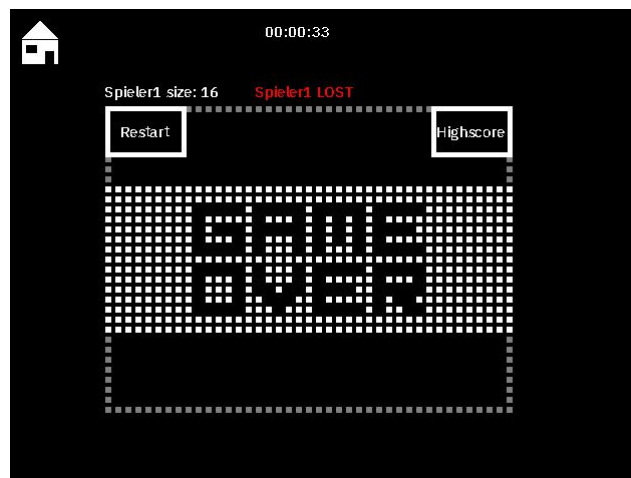


Abbildung 2.6: Spielende

Ist das Spiel zu Ende erscheint eine kleine Animation und mehrere Buttons. Der Restart-Button startet das Spiel neu und der Highscore-Button zeigt den Highscore an. Außerdem steht über dem Spielfeld welcher Spieler gewonnen hat.



## 3 Struktur

In diesem Abschnitt wird beschrieben, wie das Spiel in seiner Struktur aufgebaut ist. Dabei werden die Verhältnisse und die Relationen einzelner Elemente miteinander bezogen.

### 3.1 Zustände

Das Spiel läuft über drei Zustände, da das Spiel über den RTOS-Emulator läuft und der Emulator mit Zuständen arbeitet. Jeder Zustand arbeitet wie eine Prozess (Task), das bedeutet es kann jeweils nur einer dieser Zustände gleichzeitig arbeiten und die anderen kommen in ein wartenden Bereich.

Im erster Zustand wird das Hauptmenü angezeigt. Dabei werden die Voreinstellungen und die Wahl des Spielmodi gewählt. Obwohl in diesem Prozess verschiedene Anzeigen, wie z.b. Levelauswahl oder Informationbildschirm, des Bildschirms existieren, wird lediglich nur der Bildschirm aktualisiert ohne den Zustand zu wechseln.

Der zweite Zustand wird erreicht, indem das wählen des Spielmodis und Eingabe des Names vom Spieler eingegeben wurde. Somit handelt dieser Prozess um das Spiel an sich, das bedeutet, dass die Spielregeln beachtet und jegliche Veränderungen im Spiel hier verarbeitet werden.

Der letzte Zustand verarbeitet die Rekord bzw. Besten-Liste (Highscore). Hierbei werden die besten zehn Spieler mit den höchsten Punkten angezeigt. Dieser Zustand hält die Liste der besten zehn Spieler auf dem aktuellsten Stand und diese Daten werden in einer Datei („Highscore.txt“) gespeichert und exportiert. Insbesondere wird die Datei auch importiert zum Ausgeben der besten Spieler.

Jeder Zustand kann durch klicken von Knöpfen erreicht werden und der Spieler merkt diese Übergänge in der Regel nicht.

### 3.2 Verhältnisse der Elemente

Die Verhältnisse der Elemente werden im Bezug zu den Zustände beschrieben.

Im Hauptmenü werden Elemente wie Knöpfe und Symbole verwendet. Durch drücken eines der Knöpfe können mehrere Informationen den Nutzer angezeigt werden. Dabei wird der Bildschirm lediglich erneuert, indem der Hintergrund neu gefüllt wird und dann die neuen Informationen dargestellt. Dasselbe geschieht mit den Voreinstellung des Levels.

Die Maus ist auf dem Bildschirm von der Darstellungsebene ganz vorne gesetzt, da die Maus über jedes Objekt sein kann. Entsprechend falls die Maus sich über einer der Knöpfe befindet, ändert sich die Farbe des Knopfes in grau, um visuell zu zeigen, dass die Maus sich in diesem Bereich befindet.

Der Highscore Zustand arbeitet sehr ähnlich wie das Hauptmenü. Falls sich die Liste ändert wird der Bildschirm mit dem Hintergrund neugefüllt und die Liste danach visualisiert. Jedes mal beim betreten dieses Zustandes wird die Liste durch die Datei „Highscore.txt“ importiert um die aktuellste List darzustellen.

Im Spiel werden mehrere Elemente verwendet, wie z.B. das Food-Element, das Wandelement, die Schlange und das Inventar des Spielers. Dabei ist klar je nach Voreinstellung, dass bei einer Kollision von der Schlange mit der Wand, das Spiel zu Ende sein kann. Damit ist die Schlange untergeordnet als die Wandelemente. Insbesondere ist die Schlange auch innerhalb des Spielfeldes von der Wand eingeschlossen. Im Fall das die Wände deaktiviert wurden, springt die Schlange einfach in die gegenüberliegende Spielfeldseite. Das Teleport-Element in Level 5 besitzt den selben Rang wie die Wandelemente, da durch zusammentreffen mit der Schlange, die Schlange nur an einer anderen Position verschiebt wird. Dagegen sind die Pickup-Elemente wie Food-Element, SuperFood-Element, Decrease-Element, Freeze-Element und Invert-Element von der Schlange abhängig, weil die Schlange diese Elemente aufnehmen kann. Darüberhinaus dürfen die Pickup-Elemente nicht auf der Schlange erzeugt werden, somit sind diese untergeordnet als die Schlange. Die jeweiligen Schlangen haben jeweils eine Liste als Datenstruktur, damit es einfacher ist Elemente hinzuzufügen und zu entfernen. Durch aufnehmen der Elemente werden einige in ein Inventar gepackt, dabei werden immer die letzten aufgenommen Elemente behalten. Diese Elemente werden jeweils an der Seite des Spielers angezeigt.

## 4 Spiel Logik

In diesem Kapitel gehen wir auf die Hauptfunktion des eigentlichen Spielablaufs, *vGameScreen()*, und der dafür benötigten einzelnen Funktionen ein. Wie in den meisten Computerspielen besteht die Hauptfunktion im groben aus einer einzigen großen Schleife, in der zum der aktuelle Spielzustand abhängig von den Eingaben der Spieler geändert wird, und zum anderen der aktuelle Spielzustand grafisch aufgearbeitet und auf den Bildschirm gebracht wird. Vor dem Start dieser Schleife findet noch eine Initialisierung statt, welche den Spielzustand auf den Anfang des Spiels setzt.

### 4.1 Initialisierung

Das erste, was nach Starten des Spiel geschieht, ist das Erstellen eine Art *seed* für die *rand()* Funktion der C - Programmiersprache. Da die *rand()* Funktion die verstrichene Zeit seit Aufruf der Funktion in der sie aufgerufen wird als Basis für die Berechnung der Pseudozufallszahl nimmt, die ersten Aufrufe der *rand()* Funktion immer die gleichen Werte zurückgeben, und somit die Schlangen der Spieler sowie das erste *foodElement* immer an der gleichen Stelle starten. Um den entgegenzuwirken berechnet die Funktion als erstes die letzten beiden Ziffern des Produkts der x- und y-Koordinaten der Mausposition beim klicken des Start-Buttons und dekrementiert diese Zahl bis zur null. Durch diese minimale verstrichene Zeitspanne ändern sich die Ergebnisse der ersten *rand()*-Aufrufe und damit der Startzustand des Spielfelds, vorausgesetzt man drückt beim Start nicht auf den exakt gleichen Pixel wie vorher. Anschließend werden, je nach gewähltem Level, die Wände sowie alle weiteren festen Elemente des Levels an ihre entsprechenden Stellen ins *fieldArray* geschrieben. Daraufhin werden die Variablen für die Position der beiden Spieler, *p1X*, *p1Y*, *p2X* und *p2Y*, sowie das erste *foodElement*, auf zufällige Positionen im Spielfeld gesetzt und die zugehörigen verketteten Listen für die Schlangen mit bereits 2 weiteren SSchlangenteilen initialisiert. Dies geschieht auch im Singleplayer-Modus für die Schlange von Spieler 2, da der Code ansonsten aufgrund einer möglicherweise nicht initialisierten Spieler-2-Schlange nicht kompiliert. Einzig der Eintrag im *fieldArray()* wird im Singleplayer-Modus ausgelassen, da offensichtlich kein Spieler 2 existiert. Nun ist das Spielfeld soweit initialisiert dass das eigentliche Spiel beginnen kann.

## 4.2 Gameloop



## 5 Probleme und Lösungen

Im folgendem werden einige Probleme, die bei der Implementierung des Projektes aufgetreten sind, beschrieben und des weiteren werden verschiedenen Lösungsansätzen dazu vorgestellt.

### 5.1 Bewegung der Schlange

Bei der Implementation der Schlange wurde am Anfang erst ein Quadrat erstellt, danach musste die Bewegung hinzugefügt werden. Da am Anfang noch keine Bildschirmrate gab, konnte die Schlange in jede Richtung in Echtzeit laufen, je nach Eingabe der Richtung. Um die Schlange in direkter Diagonalen Richtungen zu vermeiden, wurde die Bewegung in Horizontaler- und Vertikaler-Achse beschränkt. Das Problem war, dass die Schlange in die entgegengesetzte Richtung laufen kann, d.h. die Schlange konnte durch sich selbst durchlaufen.

Der erste Lösungsansatz war mit Hilfe von einer Variable die aktuelle Richtung zu speichern um je nachdem in die andere Achse zu laufen. Damit wird verhindert direkt in die entgegengesetzte Richtung zu laufen. Jedoch wurde das Problem noch nicht behoben, da durch gleichzeitige benutzen von mehreren Richtungseingaben die Variable eine falsche Richtung erhält und somit die entgegengesetzte Richtung erlaubt. Dies kann so schnell passieren, sodass die Schlange die zweite Richtung nicht wahrnimmt und sofort in die entgegengesetzte Richtung läuft.

Deshalb gab es es eine endgültigen Lösungsansatz, welcher mit zwei Variablen und mit der Methode, die jeden Schritt der Schlange verarbeitet, arbeitet. Die Variablen sind dabei einmal *p1Direction* (für Player1 und Player2 *p2Direction*) für die aktuelle Richtung und *p1NextDirection* (für Player1 und Player2 *p2NextDirection*) für die nächste Richtung. Die Idee mit dem verhindern der Achse bleibt. Jedoch wird die aktuelle Richtung erst der neuen Richtung gesetzt, sobald die Schlange sich um ein Feld bewegt.

### 5.2 Elemente Erzeugen

Relativ früh in der Entwicklung des Spiels machten sich Performanceprobleme beim Erstellen neuer Elemente, vor allem des *foodElement*, bemerkbar. Bei zunehmend langer Schlange erhöhte sich die Rechenzeit für das Finden einer freien Stelle auf dem Spielfeld

so stark, dass zum Beispiel nach dem Finden des *foodElements*, eine bemerkbare Pause entstand in der das Spiel nicht weiterlief und somit stockte. Diese Pause war allerdings nicht gleichbleibend lang, sondern erschien zufällig und mit unterschiedlicher Dauer, jedoch mit ansteigender Länge der Schlange öfter und länger. Dies war zurückzuführen auf unseren Algorithmus zur Bestimmung einer freien Stelle sowie die Speicherung der Schlange in einer Liste. Der Algorithmus suchte pseudo-randomisiert eine Stelle des Spielfeldes aus und überprüfte daraufhin, ob ein Element der Schlange bereits auf diesem Feld ist. Falls dies nicht der Fall war, war das Feld geeignet, ansonsten wurde einfach ein anderes Feld ausgesucht und dies solange wiederholt bis ein freies Feld gefunden wurde. Durch eine längere Schlange stieg somit die Wahrscheinlichkeit, dass ein neues Feld ausgesucht und der Überprüfungsprozess deshalb mehrere Male durchgeführt werden musste. Das größte Problem hierbei war aber der Überprüfungsprozess selber, sowie die Speicherung der Schlange in einer verketteten Liste. Um zu überprüfen, ob das ausgesuchte Feld nicht schon durch die Schlange belegt war, musste die gesamte Schlange Element für Element überprüft werden. In Kombination mit der Wahrscheinlichkeit auf mehrere Überprüfungen entstand dadurch bei längeren Schlangen ein so großer Rechenaufwand, dass die Verzögerung durch den Spieler bemerkbar und somit der Spielfluss ins Stocken geraten ist. Zur Lösung des Problems führten wir eine neue Variable ein, welche auch in der weiteren Entwicklung noch sehr hilfreich wurde: ein zweidimensionales Array mit Integer-Werten, das *fieldArray*. Das *fieldArray* dient als kompakte Darstellung des aktuellen Zustands des gesamten Spielfelds. Dabei repräsentierte jeder der 39 x 29 Integer-Werte eine Stelle auf dem Spielfeld und deren aktuellen Zustand. Ist der Wert 0 ist das Feld frei, ist der Wert 1 ist die Stelle von der Schlange von Spieler 1 belegt. Alle Werte und zugehörigen Zustände sind in zu sehen. Durch das *fieldArray* ist nun der Prozess des Überprüfens einer Stelle nicht mehr abhängig von der Länge der Schlange, sondern kann immer in konstanter Zeit durch einmaliges Checken des zugehörigen Wertes im *fieldArray* erledigt werden. Das Problem der mehrmaligen Überprüfungen durch Auswählen eines bereits belegten Feldes ist damit auch trivialisiert, da das Überprüfen nun schnell genug von statten geht. Durch das *fieldArray* wurde auch die weitere Implementierung des Spiel vereinfacht, da durch neue Wertezuweisungen im Array relativ einfach neue Objekte wie Wände und *PowerUps* in die Spiellogik eingeführt werden konnten, und das Überprüfen der Stellen an denen diese Objekte sich befinden durch das *fieldArray* direkt abgedeckt ist.

## 5.3 Spielleistung

Beim Ausführen des Spiels kam es sehr oft zu Problemen mit der Spielleistung. Insbesondere wenn das Spiel mit anderen Programmen, wie BigBlueButton, gleichzeitig lief. Dies führte in den meisten Fällen zur Verlangsamung des Spielflusses. Desweiteren flackerte das Spiel sehr stark, sodass ältere Frames anstatt des neuen Frames gezeichnet wurden. Wei-

tere Probleme waren häufig auftretende Speicherzugriffsfehler vor allem, wenn das Spiel über eine virtuelle Maschine lief. Jener Fehler führte zur Terminierung des Spiels.



## Appendix



# Abbildungsverzeichnis

2.1	Hauptmenü . . . . .	3
2.2	Einstellungen . . . . .	4
2.3	Highscore . . . . .	4
2.4	Einzelspieler Spiel . . . . .	5
2.5	Mehrspieler Spiel . . . . .	6
2.6	Spielende . . . . .	7





# **Algorithmenverzeichnis**



## **List of Source Codes**





## Eidesstattliche Versicherung

---

Name, Vorname

---

Matr.-Nr.

Ich versichere hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Bachelorarbeit/Masterarbeit\* mit dem Titel

---

---

---

selbstständig und ohne unzulässige fremde Hilfe erbracht habe. Ich habe keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt sowie wörtliche und sinngemäße Zitate kenntlich gemacht. Die Arbeit hat in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner Prüfungsbehörde vorgelegen.

---

Ort, Datum

---

Unterschrift

\*Nichtzutreffendes bitte streichen

### Belehrung:

Wer vorsätzlich gegen eine die Täuschung über Prüfungsleistungen betreffende Regelung einer Hochschulprüfungsordnung verstößt, handelt ordnungswidrig. Die Ordnungswidrigkeit kann mit einer Geldbuße von bis zu 50.000,00 € geahndet werden. Zuständige Verwaltungsbehörde für die Verfolgung und Ahndung von Ordnungswidrigkeiten ist der Kanzler/die Kanzlerin der Technischen Universität Dortmund. Im Falle eines mehrfachen oder sonstigen schwerwiegenden Täuschungsversuches kann der Prüfling zudem exmatrikuliert werden. (§ 63 Abs. 5 Hochschulgesetz - HG - )

Die Abgabe einer falschen Versicherung an Eides statt wird mit Freiheitsstrafe bis zu 3 Jahren oder mit Geldstrafe bestraft.

Die Technische Universität Dortmund wird gfls. elektronische Vergleichswerkzeuge (wie z.B. die Software „turnitin“) zur Überprüfung von Ordnungswidrigkeiten in Prüfungsverfahren nutzen.

Die oben stehende Belehrung habe ich zur Kenntnis genommen:

---

Ort, Datum

---

Unterschrift