

Angewandte Computer- und Biowissenschaften

Professur Medieninformatik

Bachelorarbeit

Experimentelle Evaluation des Game Flows im Tower Defense
Genre mit Hilfe des Eye-Tracking Systems Tobii

Irina Hasanow

Mittweida, den 8. Oktober 2018

Erstprüfer: Prof. Dr. rer. nat. Marc Ritter

Zweitprüfer: M. Sc. Manuel Heizing

Hasanow, Irina

Experimentelle Evaluation des Game Flows im Tower Defense Genre mit Hilfe des
Eye-Tracking Systems Tobii

Bachelorarbeit, Angewandte Computer- und Biowissenschaften

Hochschule Mittweida– University of Applied Sciences, Oktober 2018

Referat

In dieser Arbeit geht es um die experimentelle Messung des Game Flows von einem Tower Defense Spiel mithilfe eines Tobii EyeX Eye-Trackers. Dabei wird die Theorie von Eye-Tracking, Flow und dem Tower Defense Genre untersucht. Die Verfasserin erstellt ein Toolchain, das eine Aufnahme von Eye - Tracking Daten ermöglicht und sucht dank einem explorativen Forschungsansatz nach Gemeinsamkeiten und Unterschieden in Daten von 10 Versuchspersonen.

Das Toolchain besteht aus mehreren Fenstern eines Eye-Tracking Visualisierungsprogramm und einer Software, die diese Fenster aufnimmt und somit eine Analyse der aufgenommenen Daten ermöglicht. Es konnten Gemeinsamkeiten zwischen den Mustern der Visualisierung bei erfahrenen Spielern gefunden werden.

Diese Angehensweise bietet interessante Einblicke in den Game Flow, ist aber als alleinstehende Analyse nicht zu empfehlen.

Name: Hasanow, Irina

Studiengang: Medieninformatik und Interaktives Entertainment

Seminargruppe: MI15w1-B

English Title: Experimental evaluation of game flow in the tower defense genre with the help of the eye tracking system Tobii

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Grundlagen	3
2.1	Definition von Flow	3
2.1.1	Voraussetzungen für die Gegebenheit des Flows	4
2.1.2	Balance zwischen Überforderung und Unterforderung	5
2.2	Definition von Game Flow	7
2.3	Gleichsetzung von Flow und Game Flow mit Vergnügen	10
2.4	Eye-Tracking-Systeme und ihr Nutzen	11
2.4.1	Verwendungsbereiche	11
2.4.2	Funktionsweise	13
2.4.3	Blickbewegungsforschung	15
2.4.4	Darstellungsformen von Eye-Tracking Daten	16
2.4.5	Vor- und Nachteile	18
2.4.6	Tobii - Eye-Tracking	19
2.4.7	Das Tobii EyeX Modell	20
2.5	Das Genre "Tower Defense"	21
3	Konzeption	29
3.1	Aufgabenstellung	29
3.2	Lösungsansatz	29
4	Studie/Versuch	33
4.1	Aufbau	33
4.2	Materialien	33
4.2.1	Hardware	34

4.2.2	Software	36
4.3	Durchführung	38
4.3.1	Aufbau	38
4.3.2	Ablauf der Studie	41
4.3.3	Gewonnene Daten	43
5	Evaluation	59
5.1	Gewonnene Daten	59
5.2	Gewonnene Erkenntnisse	59
5.3	Technische Schwierigkeiten und Limitationen	61
5.3.1	USB-Hub	61
5.3.2	Einschränkung der Funktion	62
5.3.3	Kalibration	63
5.3.4	Aufbau	63
5.3.5	Visualisierung	64
6	Zusammenfassung und Ausblick	67
	Literaturverzeichnis	IX

1 Einleitung

Videospiele haben im Laufe ihrer Geschichte sehr viel an Bedeutung gewonnen. Sie werden sowohl laut diskutiert, als auch oft akzeptiert. Einige sehen sie als Kunst, andere als Gefahr für die Gesellschaft. Die Entwickler sehen sie als einen Teil der Unterhaltungsindustrie und nutzen sie als eine Möglichkeit, eine positive Erfahrung für den Konsumenten zu erschaffen. Die Zahlen sprechen für sich selbst. Die Einnahmen in der Branche nehmen jährlich zu. Videospiele sind inzwischen ein fester Bestandteil unserer Gesellschaft und umfassen viele Bereiche. Ob Serious Gaming, Virtual Reality oder Smartphone Games - Videospiele entwickeln sich täglich und erobern verschiedene Märkte.

Doch woran erkennt ein Konsument ein erfolgreiches Spiel? Woran misst er den Erfolg? Es gibt viele Faktoren an denen der Verbraucher, aber auch der Erzeuger, feststellen kann, ob ein Spiel erfolgreich ist. Verkaufszahlen und der Hype ums Spiel sind erste Indikatoren. Doch ein sehr interessanter Bereich im Game Development, der sowohl für den Developer als auch für den Spieler, für Psychologen, für Verhaltensforscher wichtig ist und den Erfolg stark beeinflusst, ist der Game Flow. Der Game Flow ist einer der Bereiche, die einen Einfluss auf Spielspaß haben. Er bezeichnet wie stark sich ein Spieler konzentrieren kann und ob er Langweile hat oder zu angespannt ist. Bisher war es schwer den Game Flow zu messen, da er auch von Spieler zu Spieler unterschiedlich sein kann.

Während viele Developmentbereiche Software verfügen, die das Entwickeln leichter machen, seien es Game Engines für Programmierer und Leveldesigner, oder 3D Software für 3D-Artists. Game Designer, die für das Erhalten des Game Flows zuständig sind, sind selten auf Software angewiesen. Ihre Herangehensweise ist oft intuitiv und theoretisch, aufgebaut aus alten Materialien der Gamedesigner - Pioniere. Während bei größeren Videospiefirmen es ganze Abteilungen gibt, welche Spiele auf ihre Qualität durch Versuchspersonen prüfen (Quality Assurance, kurz QA), hat ein Game Designer vor dieser Prüfung keine Rückmeldungen von außen. Auch ist die Prüfung stark von der QA - Abteilung abhängig. Es fehlt die Ansicht einer Person, die ein

Spiel zum ersten Mal spielt und eventuell prüft, ob geringe Spielerfahrung dafür ausreicht, dass ein Spiel erfolgreich gespielt werden kann.

Die Technologie von Eye-Tracking ist vergleichsweise mit anderen Technologien relativ jung. Sie ermöglichen bei vielen Anwendungen eine Analyse von User-Verhalten und können die Bereitschaft des Verbrauchers zur Interaktion gut visualisieren. Auch wenn Eye-Tracking bereits in der Videospielebranche benutzt wird, zum Beispiel zur Steuerung oder Visualisierungshilfe bei E-Sport, öffnet Eye-Tracking neue Möglichkeiten, vor allem im Game Design, die zur Entwicklung von Spielen verwendet werden können.

Die Verfasserin dieser Bachelor-Arbeit hat es sich zur Aufgabe gemacht, diese Möglichkeiten mithilfe eines Eye-Tracking Systems "Tobii EyeX" zu erkunden und daraus mögliche wichtige Schlüsse zur Entwicklung und Erkennung von Game Flow zu ziehen.

2 Grundlagen

In diesem Kapitel werden die Grundlagen dieser Bachelorarbeit vorgestellt. Zunächst werden Grundlagen zu Themen Flow, Game Flow und den Emotionen, die dahinter stecken, im Kapitel 2.1 - 2.3 erklärt. Daraufhin folgt der Abschnitt 2.4, welcher einige Grundlagen des Eye-Tracking ausarbeitet. Im Abschnitt 2.5 wird der Tower Defense Genre untersucht und die Eignung dessen zur Analyse des Game Flows.

2.1 Definition von Flow

Der Begriff "Flow" gilt nicht exklusiv für Video Games. Er findet Verwendung im Leben eines Jeden. Der Flow ist ein wichtiger Begriff für Arbeiten und Beschäftigungen jeder Art. Mihaly Csikszentmihalyi, der Autor des Buchs "Flow: The Psychology of Optimal Experience", ist ein Wissenschaftler wie auch der Namensgeber von dieser Erscheinung und bezeichnet Flow als den Zustand, in dem Menschen so sehr in eine Aktivität vertieft sind, dass alles Andere nicht mehr wichtig ist. Das setzt voraus, dass die Erfahrung so viel Vergnügen bereitet, dass Menschen es zu jedem Preis tun würden, auch wenn es ihnen keinen Nutzen bringt. [Csi08, S. 3f]

Aus diesem Grund ist der Flow , beispielsweise für Arbeit, Beschäftigung, Leben und Spaß, sehr relevant. Das Phänomen wurde erst 1975 benannt, war aber in der Entwicklungsgeschichte des Menschen ein wichtiger Faktor. Er wurde in verschiedenen Kulturen zu verschiedenen Zeiten geschätzt und verschieden benannt. Das Jujitsu - kan ist, laut Kiyoshi Asakawa, eine ähnliche Erscheinung. Es beschreibt eine Zufriedenheit mit der aktuellen Beschäftigung, mit der Berufung und mit der Lage in der Gesellschaft. Es ist eine Erfüllung eines Individuums in seiner Beschäftigung. [Asa04]

Das zeigt, dass in jeder Kultur, in der Flow untersucht wurde, es dafür auch eine Benennung gibt. [MC16] Dies bedeutet, dass der Flow und seine Äquivalenten in

sehr vielen Lebensbereichen relevant sind und erheblich zu der Entwicklung der Menschheit beigetragen haben.

Einer der Gründe weswegen Künstler, Wissenschaftler, Sportler wie auch Gelehrte prächtige Statuen bauen, Rekorde aufstellen, Theorien aufbauen und Probleme lösen, ist der Flow. Zusätzlich hilft dieser bei Dingen die wenig Spaß machen, wie bei der Erledigung von eintönigen Arbeiten oder beim Erfüllen von Pflichten.

2.1.1 Voraussetzungen für die Gegebenheit des Flows

Damit der Flow gegeben ist, müssen einige Voraussetzungen erfüllt sein. [Csi00] Die ersten drei Punkte sind zwingende Voraussetzungen, während die letzten fünf zu der Erfahrung von Flow erheblich beitragen.

1. Eine wahrgenommene Herausforderung oder Gelegenheiten für Aktionen, die sich im Bereich von vorhandenen Fähigkeiten eines Teilnehmers befinden. Der Teilnehmer muss das Gefühl haben, der Herausforderung gewachsen zu sein. Ein Sportler, der noch unerfahren ist, wird durch eine schwere Übung frustriert sein und der Flow wird nicht erreicht. Eine viel zu leichte Übung bringt oft Langeweile mit sich.
2. Klares Ziel und sofortiges Feedback über den Fortschritt. Es muss klar erkennbar sein, ob Handlungen Erfolg bringen oder nicht. Zum Beispiel sieht ein Künstler, dass eine bestimmte Farbe oder Aktion sein Bild weiter gebracht hat und es schöner gemacht hat. Ein Basketballspieler muss sofort erkennen können, dass sein Korb ihm Punkte eingebracht hat und er seinem Team zum Sieg verhilft.
3. Intensive und fokussierte Konzentration in der Gegenwart der Tat. Der Teilnehmer muss auf die Tat konzentriert sein und möglichst wenige Ablenkungen haben. Ein abgelenkter Teilnehmer ist dagegen schnell mit der Beschäftigung frustriert.
4. Das Bewusstsein und die Tätigkeit verschmelzen. Es gibt keinen Platz für Zweifel an der Tätigkeit oder Sorgen des Alltags, der Teilnehmer ist so sehr auf die Tat fokussiert, dass sein Bewusstsein damit verschmilzt.

5. Der Verlust der reflektiven Selbstwahrnehmung. Der Teilnehmer verliert sich so sehr in seiner Beschäftigung, dass er nicht mehr sozial interagiert. Ein Kind wird auf die Rufe der Mutter nicht hören, Kollegen und Freunde werden nicht begrüßt, wenn sie den Raum betreten, weil sie nicht wahrgenommen werden. Oft werden auch menschliche Bedürfnisse vergessen. So malt ein Künstler tagelang an einem Bild und stellt nach der Vollendung dessen fest, dass er vergessen hat, zu essen, zu trinken und sich zu waschen.
6. Das Gefühl, alles unter Kontrolle zu haben und wissen, was als nächstes passieren muss. Der Teilnehmer hat die Situation unter Kontrolle und kennt die positiven Folgen seiner Taten. Er behält den Überblick in der Situation und hat das Gefühl der Kontrolle über den Ausgang seiner Beschäftigung.
7. Der Verlust von Zeitgefühl. Oft kann die beschäftigte Person nicht erkennen, wie viel Zeit vergangen ist. Der Teilnehmer hat das Gefühl, die Zeit "verfliegt wie im Flug". Der bereits unter dem Punkt 5 genannte Künstler realisiert oft nicht, dass bereits mehrere Tage vergangen sind, weil er zu vertieft in die Beschäftigung war. Der Computerspieler hat oft nicht unter Kontrolle, wie lange eine Spielesitzung dauert. Eine Spielesession, die 15 Minuten dauern sollte, kann zu mehreren Runden eskalieren und mehrere Stunden in Anspruch nehmen.
8. Die Tätigkeit erfordert keinen Lob von Außen, der Teilnehmer sollte die Tätigkeit als selbstbelohnend empfinden. Die Tätigkeit macht so viel "Spaß", dass der Teilnehmer sie freiwillig aufsucht. Für Außenstehende muss hier kein Sinn oder jeglicher Nutzen erkennbar sein.

2.1.2 Balance zwischen Überforderung und Unterforderung

Ein anderer wichtiger Faktor für das Erfolgen des Flows ist ein Gleichgewicht zwischen Überforderung und Unterforderung, so wie zwischen den Fähigkeiten und Anforderungen. Hilfestellung zum Verständnis dieses Problems bietet die gegebene Infografik.

Aus dieser ist zu entnehmen, dass der Flow gegeben ist, wenn die Herausforderung und die Fähigkeiten des Teilnehmers nahe beieinander liegen. Dabei sind leichte Schwankungen der Werte zugelassen. Ist eine Herausforderung zu groß und entspricht

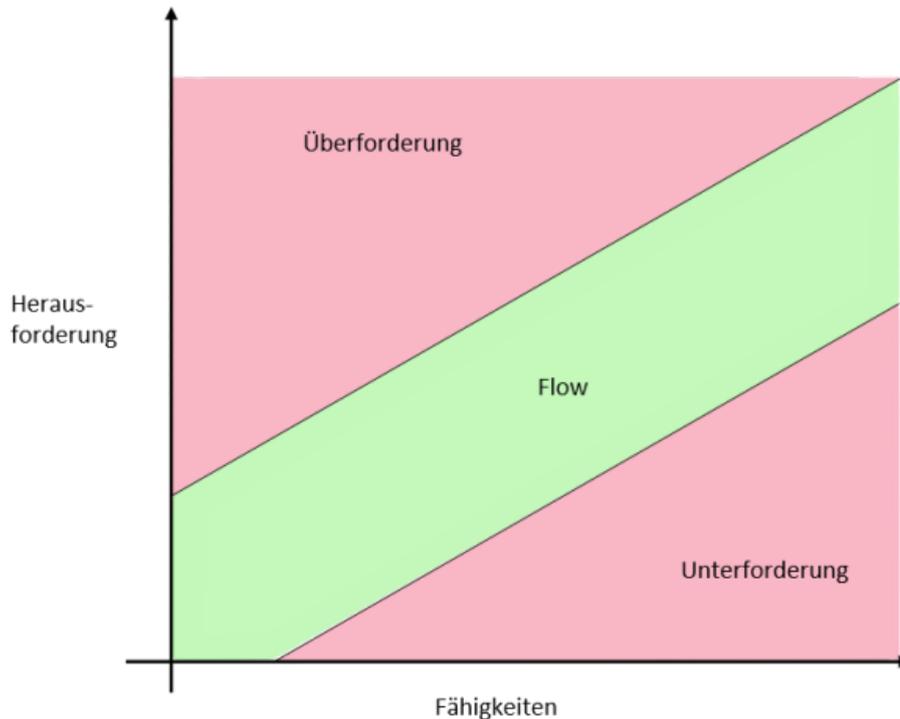


Abbildung 2.1: Das originale Modell des Zustands des Flows nach Csikszentmihalyi.
[Csi00]

erheblich nicht den Fähigkeiten des Teilnehmers, ist dieser überfordert und der Flow ist nicht gegeben. Er wird mit der Tätigkeit frustriert sein und wird die Tätigkeit eventuell nicht weiter ausüben.

Sind die Fähigkeiten des Teilnehmers sehr hoch, während die Herausforderung oder die Ansprüche zu niedrig sind, wird der Teilnehmer gelangweilt sein. Eventuell wird er die Tätigkeit weiterhin ausführen, aber sie wird qualitativ nicht so hochwertig ausgeführt, wie die Tätigkeit, die unter dem Flow ausgeführt wurde.

Ist dagegen eine Herausforderung hoch und ein Teilnehmer bringt die nötigen Fähigkeiten mit, welche der Herausforderung ungefähr entsprechen, wird er in seiner Arbeit aufgehen. Er kann sein volles Potential entfalten und seine wahren Fähigkeiten unter Beweis stellen. Es ist sehr wahrscheinlich, dass diese Person den Zustand des Flows erreichen wird.

Ein ähnliches Phänomen ist auch zu beobachten, wenn ein Teilnehmer keine hohen Fähigkeiten aufweisen kann und die Ansprüche entsprechend zu seinen Fähigkeiten

gesenkt sind. Diese Person kann der Tätigkeit nachgehen, ohne aufgrund einer zu hohen Schwierigkeit frustriert zu sein. Der Teilnehmer wird den Flow sehr wahrscheinlich erreichen.

2.2 Definition von Game Flow

Der Zustand von Flow in Video Games ist das Ziel eines jeden Game Designers. Der Spieler soll den Flow so lange wie möglich behalten, denn wenn der Spieler aus dem Flow austritt und diesen Zustand nicht wieder erreicht, ist es sehr wahrscheinlich, dass der Spieler seine Beschäftigung wechselt und das Spiel verlässt. [Sal13]

Game Flow entspricht trotz einiger Besonderheiten dem gewöhnlichem Flow und die Regeln zum Erreichen des Flows aus Kapitel 2.1.1 sind auch für den Game Flow anwendbar. Um den Flow möglichst gut zu erreichen, sollte jeder Game Designer diese Regeln beim Design beachten.

1. Eine wahrgenommene Herausforderung oder Gelegenheiten für Aktionen, die sich im Bereich von vorhandenen Fähigkeiten eines Teilnehmers befinden. Ein Spiel muss zum Spieler passen. Ein Kleinkind wäre von einem sehr anspruchsvollen Spiel überfordert, so wie ein Anfänger mit einem Spiel, das für Profis erstellt wurde.
2. Klares Ziel und sofortiges Feedback über den Fortschritt. Spielern muss ein klares Ziel präsentiert werden. Oft muss ein Rennen gewonnen werden, ein Gegner besiegt oder eine Mission erfüllt werden. Spieler brauchen dabei klare Indikationen, ob sie diesem Ziel näherkommen. Es gibt viele Wege, wie ein Game Designer Einfluss auf diese Indikationen nehmen kann. Das kann sowohl durch das User Interface passieren, als auch durch in-Game-Elemente. Wenn ein Gegner getroffen wird, sollten in seiner Lebensleiste seine Lebenspunkte sinken und dem Spieler dadurch anzeigen, dass dem Gegner Schaden zugefügt wurde. Das funktioniert auch, wenn der Gegner eine Animation besitzt, die auf den Schaden deutet, oder wenn der Gegner rot aufblinkt. So weiß der Spieler, dass sein Angriff Wirkung zeugt und wird weiterhin Gegner angreifen. Bei einem Rennen sollte der Spieler angezeigt bekommen, wie viele Runden er noch zu fahren hat und wo er sich auf der Strecke befindet - und ob er in die

richtige Richtung fährt. Viele Spiele besitzen solche Indikatoren, sie sind aus den Spielen nicht wegzudenken.

3. Intensive und fokkuzierte Konzentration in der Gegenwart der Tat. Viele Spiele erfordern die volle Konzentration des Spielers. Vor allem Online Games können heutzutage nicht pausiert werden. Ist der Spieler abgelenkt, spielen andere Mitspieler besser als er und er ist automatisch unterlegen. Das frustriert den Spieler und stört den Flow.
4. Das Bewusstsein und die Tätigkeit verschmelzen. Der Spieler kennt die Spielregeln auswendig, er beherrscht die Steuerung perfekt, ohne auf den Controller zu schauen. Er spielt selbstbewusst und stellt sich der Herausforderung.
5. Der Verlust der reflektiven Selbstwahrnehmung. Der Spieler ist ins Spiel so sehr vertieft, dass Rufe von Eltern und Freunden nicht gehört werden. Er vergisst auch oft die menschlichen Bedürfnisse, so wie das Aufnehmen von Nahrungsmitteln oder den Schlaf.
6. Das Gefühl, alles unter Kontrolle zu haben und wissen, was als nächstes passieren muss. Der Spieler hat die Situation unter Kontrolle und kennt die positiven Folgen seiner Taten. Er behält den Überblick in der Situation und hat das Gefühl der Kontrolle über sein aktuelles Spiel. Hier kann der Game Designer nachhelfen, in dem er das Spiel so übersichtlich wie möglich macht und die Ziele klar strukturiert.
7. Der Verlust von Zeitgefühl. Der Spieler vergisst oft die Zeit und spielt ein Spiel über mehrere Stunden. Selbst wenn eine Spielrunde eine kurze Dauer aufweist, spielt der Spieler mehrere Runden, vor allem wenn der Flow erreicht wird. Das kann auch passieren, wenn der Spieler sich vornimmt, nur eine Spielrunde zu spielen.
8. Die Tätigkeit erfordert kein Lob von außen, der Spieler sollte das Spiel als selbstbelohnend empfinden. Das Spiel macht dem Spieler Spaß, er spielt sie aus eigenem Verlangen.

Die Grafik zum Zustand des Flows nach Scikszentmihalyi findet auch beim Game Flow eine Verwendung (Abbindung 2.2). Da es sich bei Game Flow um eine Erfahrung handelt, die ein Game Designer für Spieler erstellt, kann ein Designer mehr

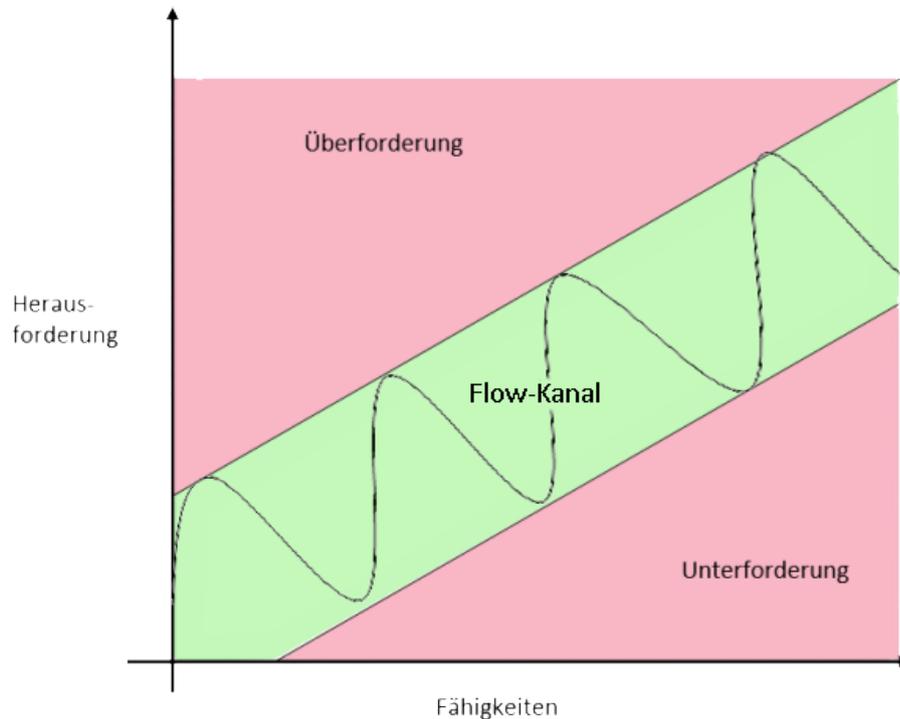


Abbildung 2.2: Jesse Schells Modell eines Game Flow Channels nach Csikszentmihalyi. [Sch14, S. 119f]

Einfluss auf den Flow haben. Er kann ihn heben und senken und damit verschiedene Wirkungen erzielen.

In Spielen wie Candy Crush berichten Spieler, dass die Abwechslung zwischen schweren und leichten Spielinhalten den Spielern ein gutes Gefühl gibt. So gibt das Spiel nach einem schweren Level ein leichtes Level vor und nach einigen leichten Levels kommt immer ein schweres oder ein sehr schweres Level dazu [Mar17]. So bekommt der Spieler nach den schweren Levels ein Gefühl der Verwirklichung und er empfindet ein Gefühl der Macht. Die leichten Levels helfen dem Spieler, wieder runter zu kommen. Es ist auch empfehlenswert, neue Mechaniken vor einem einfachen Level einzuführen, sodass der Spieler sie in einer stresslosen Situation lernen kann. Abbildung 2.2 demonstriert, dass zwischen Unterforderung und Überforderung der Game Flow Kanal liegt. Die Unterschiede zwischen Spielerfähigkeiten und Herausforderung sollte also nicht über den Flow - Kanal hinausgehen, um die Unterbrechung des Flows zu vermeiden. Ob ein Game Designer die Schwankung zwischen Herausforderung

und Fähigkeiten vollkommen ausnutzt oder die Unterschiede gering ausfallen lässt, so lange die Differenz im Flow - Kanal nicht über dessen Grenzen hinaus reicht.

2.3 Gleichsetzung von Flow und Game Flow mit Vergnügen

Wie bereits von Csikszentmihalyi festgestellt wurde, ist Flow die ultimative Erfahrung. Der Flow beschreibt einen Zustand, in dem ein zu beobachtender Mensch eine Beschäftigung um jeden Preis ausführen will, ohne dass die Tätigkeit ihm einen sichtbaren Nutzen bringt.

Doch der Flow bringt viele Vorteile mit sich. Da Flow das Erlernen von neuen und das Vertiefen alter Fähigkeiten unterstützt sowie begünstigt, profitiert das Gehirn. Das neuronale Netzwerk wird permanent erweitert und sorgt dafür, dass Denkvermögen und Gedächtnisleistung sich verbessern. Das gilt für Aktivitäten die hohe Konzentration erfordern, wie das Spielen eines Musikinstruments, künstlerische Tätigkeiten und sportliche Aktivitäten. [BKK18] Damit bringt Flow auch die körperlichen Vorteile von sportlichen Aktivitäten mit sich, wie bessere Durchblutung von Muskeln und Gehirn, Fettverbrennung, Muskelaufbau und Beschleunigung des Stoffwechsels, da der Flow dazu beiträgt, dass diese Aktivitäten länger und konzentrierter ausgeführt werden.

Eine wichtige Eigenschaft des Flows ist, dass es mit Spaß und Vergnügen verbunden ist. Menschen, die im Flow sind, berichten von einem Gefühl der Euphorie und Selbsterfüllung. Sie berichten, dass sie Spaß an ihrer Tätigkeit haben. Und, dass Tätigkeiten auszuführen, die ihnen Spaß machen, ihr Leben verbessern. Somit ist Flow sehr mit Spaß und Vergnügen verbunden. [Sch14]

Oft werden Videospiele gespielt, weil sie Spaß machen. Das Ziel eines jeden Game Designers ist es, Überforderung und Unterforderung (und die damit verbundene Angst oder Langeweile) um jeden Preis zu vermeiden. Die Abwesenheit dieser negativen Empfindungen sind positive Empfindungen wie Spaß und Vergnügen, und somit der Flow. Und da gute Videospiele so designet sind, dass der Flow erreicht wird, machen solche Spiele Spaß und sind erfolgreich bei Spielern.

2.4 Eye-Tracking-Systeme und ihr Nutzen

Eyetracking ist ein technisches Hilfsmittel, welches die Augen- und Blickbewegungen einer Person aufzeichnet und auswertet. Es weist viele Anwendungsbereiche auf, wie Mensch-Maschine-Interaktion, Informatik, Marktforschung, Psychologie und Neurowissenschaften und hat somit in der Vergangenheit wie auch in der Gegenwart in diesen Bereichen gedient. [AB18b, How do Tobii Eye Trackers work? Learn more with Tobii Pro]

2.4.1 Verwendungsbereiche

In dem Bereich der Mensch-Maschine-Interaktion wird es vor allem dafür benutzt, Menschen mit kognitiven und körperlichen Schwierigkeiten dazu zu verhelfen, ein erfolgreicherer und unabhängigeres Leben zu führen. Sie tracken die Bewegungen der Augen und steuern damit Mauscursor und Tastaturen und helfen ihnen damit Texte zu schreiben, Computer zu bedienen und mithilfe von diesen auch Sprachausgabe zu nutzen. Ein gutes Beispiel war Stephen Hawking, der dank seinem Computer seinen Rollstuhl bedienen konnte, Präsentationen und Texte in Textverarbeitungsprogrammen, dank Textvorhersagungssoftware verfassen konnte, und ein fast normales Leben eines Professors an der Universität Cambridge führte. Auch wenn er kein pures Eye-tracking verwendete, sondern einen Mix zwischen diesem und einer Brille, die Bewegungen seiner Wange erfasste [Woo18]. Da jede körperliche Beeinträchtigung einzigartig sein kann, bedeutet dies, dass es mindestens genauso viele verschiedene Lösungsansätze geben kann, wenn es darum geht, das Leben von beeinträchtigten Personen zu vereinfachen

In der Informatik wird Eye-Tracking unter anderem für Videospiele verwendet. Auch Virtual Reality und Argumented Reality sind Bereiche, in denen es gerne eingesetzt wird. Es wird oft als eine Maßnahme zur Steuerung verwendet. Die Blickrichtung im Spiel ändert sich parallel zur Blickrichtung oder Augenposition des Spielers.

In der Psychologie wird die Bildwahrnehmung oft mit Eye Tracking untersucht. Beobachtungen zu Reaktionen auf bestimmte Bilder sind Teil solcher Analysen. Vor allem das Lesen war eines der ersten Beschäftigungen, bei denen man Eyetracking einsetzte, um das menschliche Gehirn bei Verarbeitung von Informationen besser zu verstehen.

In der Marktforschung wird Eye-Tracking bei der Beobachtung von potentiellen Kunden verwendet, um somit festzustellen, wohin der erste Blick fällt. So wird Verpackung- und Logodesign bewertet und angepasst. Im Rahmen dieser Analyse können Fragen bezüglich folgender Aussagen beantwortet werden:

- Erfasst der Kunde den Markennamen als Erstes?
- Fällt ihm der Werbeslogan auf dem Design auf?

Auch Emotionen werden dank der Technologie erkannt und verwertet. Stößt ein Design auf positive Gefühle oder sorgt die grelle Verpackung für das Unwohl des Kunden? Eye-tracking ist sehr populär in der Marktforschung. Dabei ist eine Analyse theoretisch einfach, da die Hardware immer simpler und günstiger wird. Wie die Daten aber ausgewertet werden sollen, ist das wahre Problem. Wenn ein Kunde ein Logo lange Zeit betrachtet, geschieht das, weil er es erkennt? Oder weil er die Schrift kaum lesen kann?

Aber nicht nur Produkte können so untersucht werden. Benutzerverhalten ist in heutiger Zeit besonders wichtig für die Forschung, da immer mehr Medien interaktiv werden. Videospiele, interaktive Filme, Webseiten, Programme, Betriebssysteme und andere Anwendungen können dank dieser Technik untersucht und die User-Erfahrung bedeutend verbessert werden. Dabei werden oft die folgenden Fragen gestellt und die Ergebnisse untersucht: [o.V15]

- Was nimmt der User auf der Bildschirmseite als erstes wahr?
- Wie lange betrachtet der User einzelne Elemente des User Interface?
- Wie lange werden einzelne Bereiche einer Seite erfasst?
- Welche Textpassagen werden sorgfältig gelesen, und welche bloß überflogen?
- Werden nur Überschriften gelesen oder werden auch die Texte überflogen?
- Wie hoch ist die Aufmerksamkeit des Users im Vergleich zwischen Grafikelementen und Textelementen?

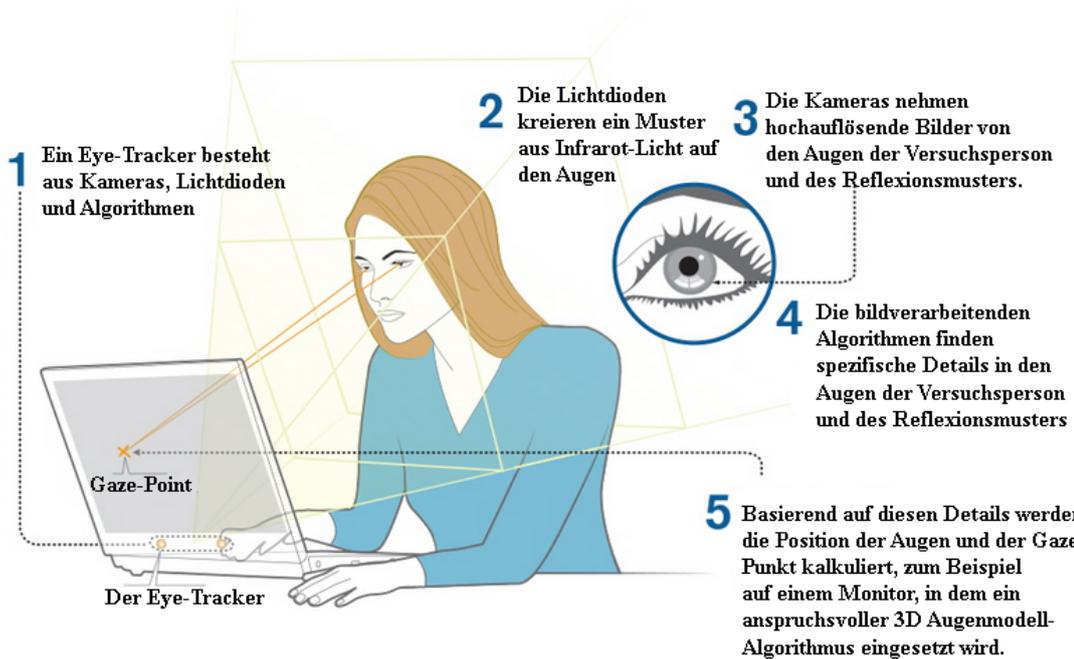


Abbildung 2.3: Die Funktionsweise eines Eye-Tracking-Systems von dem Hersteller Tobii. Dieses Prinzip verwenden viele Eye-Tracking Hersteller. [AB18b, How do Tobii Eye Trackers work?]

2.4.2 Funktionsweise

Es existieren mehrere Varianten von Eye-Tracking-Systemen - mobile und externe Modelle sind die gängigsten Variationen. [o.V15] Beide haben eine fast identische Funktionsweise. Mobile Systeme sind solche, die mitgenommen werden können. Oft haben sie eine Brillenform und können so mitgenommen werden. Sie besitzen mehrere Kameras und nehmen Augenbewegungen des Trägers auf, um diese später zu analysieren.

Externe Systeme sind entweder in einen Bildschirm eingebaut, oder lassen sich auf einem Bildschirm befestigen. Somit sind sie nicht so mobil, wie die Brillenmodelle. Sie bestehen oft aus einer langen Plastikleiste, weisen Leuchtdioden, die infrarotnahes Licht ausstrahlen, und Kameras auf und verwenden Software, die dank Algorithmen die Augenposition berechnet (Abbildung 2.3). Zuerst kreieren die Lichtquellen ein Muster aus Infrarotnahem Licht (NIR 780 nm - 1400 nm) auf den Augen. Die Kameras erfassen dabei die Augen des Nutzers, so wie das Reflexionsmuster der Infrarotlichter (Abbildung 2.4). Durch Filterung und Berechnung von mathema-

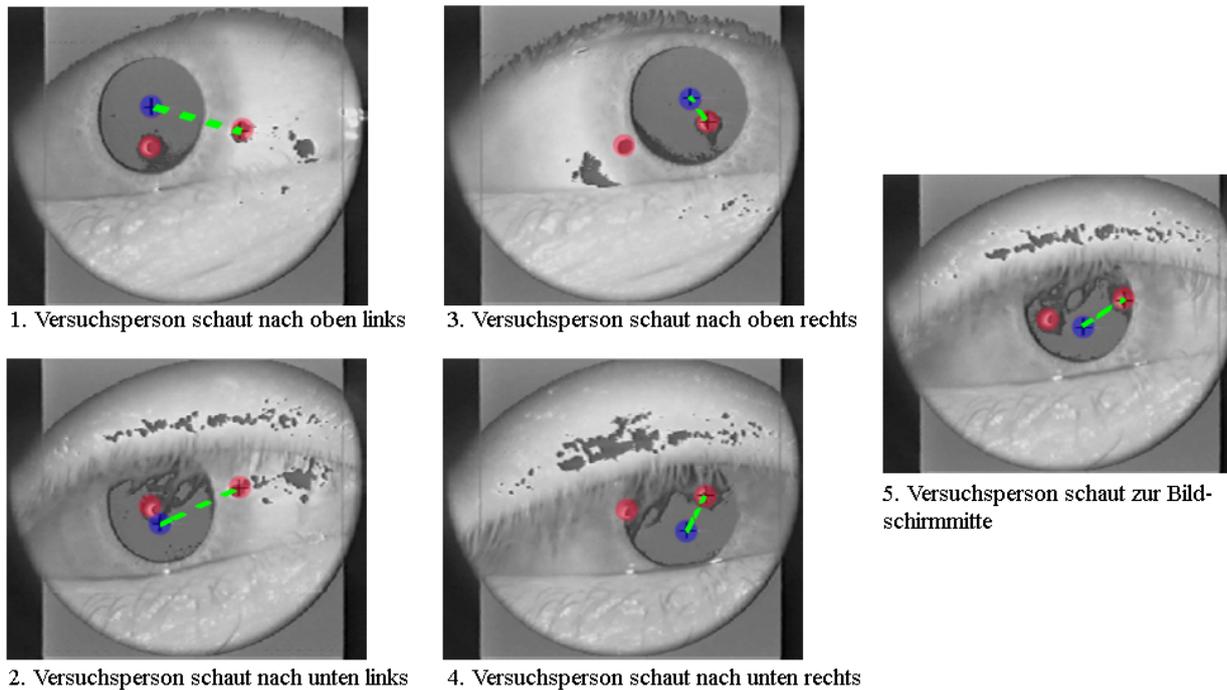


Abbildung 2.4: Die Spiegelung der Infrarot-Lichtdioden (rot) im Auge im Verhältnis zu der Pupille (blau) sorgt dafür, dass das System die Blickrichtung des Auges bestimmt. [Duc07, S.89]

tischen Algorithmen wird die Position des Auges auf einem Bildschirm errechnet. Dabei wird auch die Position der Pupille und die Distanz dieser von der Reflexion des Infrarot-Lichts bestimmt, um die Blickrichtung der Versuchsperson zu bestimmen.

Die Vorteile der mobilen Systeme sind die Mobilität. Eine zu untersuchende Person kann spontan und ohne Vorbereitungen für eine Untersuchung ausgesucht werden. Es wird lediglich nur ein zu untersuchendes System oder Medium gebraucht, welches auch eine App für ein Mobiltelefon sein kann. Somit ist das mobile System sehr schnell aufgebaut und kann für unterschiedliche Zwecke verwendet werden. Beispiele hierfür sind das Untersuchen von Fahrerverhalten hinter dem Steuer eines Fahrzeugs oder die Analyse der User-Experience eines neuen Betriebssystems für mobile Geräte. Hier ist kein großes Gerät notwendig, das zuerst aufgebaut werden muss. Viele der mobilen Geräte haben nicht nur Kameras, sondern besitzen mittlerweile auch die Technologie mit der Infrarot-Muster-Erkennung. Somit sind sie für den professionellen Gebrauch bestimmt und in der Marktanalyse kaum wegzudenken.

Die externen Systeme sind dagegen fest an einem Display befestigt. Ein Transport ist meist möglich, ist aber mit Aufwand verbunden. Dafür geben sie oft genaue Ergebnisse und sind in der Herstellung günstig, sodass sie vielseitig verwendet werden können. Einsatzzwecke sind sowohl die professionelle Steuerung von Computern und anderen Systemen, als auch Steuerung in Video Games und ebenfalls Marktanalyse.

2.4.3 Blickbewegungsforschung

Blickbewegungsforschung ist die Wissenschaft hinter Eye-tracking. Mit ihr wird versucht, das menschliche Auge und seine Bewegungen besser verstehen und interpretieren zu können. Dabei gibt es mehrere Bewegungsvarianten, die es zu untersuchen gilt, doch für die Analyse von Eye-Tracking Daten sind folgende Bewegungsarten besonders interessant. [Duc07, S. 41 f.]

- Eine Fixation ist der Vorgang, wenn ein ganz bestimmter Punkt anvisiert wird und die Augen darauf fixiert werden. Trotz dieser Vorstellung bleiben die Augen dabei nicht immer still - leichte Zitterbewegungen treten auf und sorgen dafür, dass nicht immer nur die selben Punkte auf der Netzhaut belastet werden. Eine Fixation wird in Zeiteinheiten gemessen.
- Saccaden sind Aktionen, bei denen von einer Fixation zur nächsten gewechselt wird. Das sind oft sehr schnelle Augenbewegungen, bei denen man keine optische Information aufnimmt. Das heißt, eine zu untersuchende Person sieht nichts während sie von einem Fixationspunkt zum nächsten springt. Zum Beispiel, wenn die Augen von der Tastatur zu einem Bildschirm springen. Saccaden werden in Längeneinheiten gemessen.
- Die Verfolgungsbewegung ist eine Kombination zwischen diesen zwei Augenbewegungen. Sich bewegende Objekte werden fixiert, während das Gehirn die Informationen weiterhin verwertet und diese während der Saccadenphase immer noch auswerten kann. [Ray09]
- Der Gaze Point ist eine einzelne Fixation, ohne Zeitangaben. Sie wird in x-y-Koordinaten angegeben.

Die Dauer und Ausführung dieser Augenbewegungen ist sehr stark davon abhängig, wie sich eine Versuchsperson fühlt. Die Länge von Saccaden und die Dauer von

Fixationen kann stark abweichen, abhängig von der Müdigkeit, gesundheitlichem Zustand, Geschlecht, Drogen-, Koffein- oder Alkoholkonsum, Alter und persönlichen, individuellen Faktoren. Die Auswertung dieser Daten ist also möglich, doch dank den individuellen Faktoren nicht so einfach.

Ein weiterer Wert, der für Eye-Tracking interessant ist, aber keine typische Augenbewegung ist, ist die Größe der Pupillen einer Versuchsperson. Allerdings ist bei der Messung dieses Wertes einiges zu beachten. Während die Größe der Pupillen durch professionelle Eye-Tracking Systeme erfassbar ist, ist die Größe an sich kein besonders relevanter Wert für die Eye-Tracking Messung. Interessanter ist die Pupillenvergrößerung oder Verkleinerung. Diese wird in Prozentsätzen im Vergleich zum Zeitpunkt vor der Veränderung angegeben.

Die menschliche Pupille vergrößert und verkleinert sich abhängig vom Lichteinfall. Aber auch emotionale oder andere körperliche Stimuli bringen die Pupille dazu, sich zusammen zu ziehen. Wissenschaftler aus Saudi Arabien haben in ihren Versuchen festgestellt, dass negative und traurige Emotionen dafür sorgen, dass sich Pupillen verkleinern, während positive Emotionen dafür sorgen, dass Pupillen sich vergrößern. [SA14]

Außerdem sind Veränderungen der Pupillengröße möglich, wenn Versuchspersonen neue Informationen sehen oder etwas sehen, was sie erwarten. Auch Angst, Erregung, Sprachwahrnehmung, Informationsaufnahme und viele weitere Faktoren können Auswirkungen auf die Pupillengröße haben. Bestimmte Krankheiten und Medikamente haben ebenfalls eine Auswirkung auf die Pupillen. sie ändern die Bereitschaft der Pupille, sich erweitern oder sich zusammen zu ziehen. [AB18b, Are pupil size calculations possible with Tobii Eye Trackers?]

2.4.4 Darstellungsformen von Eye-Tracking Daten

Heatmaps und Gaze Plots sind zwei von vielen Visualisierungsmöglichkeiten von Daten, die durch Eye-Tracking gesammelt wurden. Sie gehören zu den zwei bekanntesten Varianten und helfen, die von Eyetracking gesammelten Daten zu analysieren und ihnen Bedeutung zu geben. [AB18b, Working with Heat Maps and Gaze Plots]



Abbildung 2.5: Gaze Plots aufgenommen am Beispiel der Homepage der Hochschule Mittweida, mithilfe des Programms "Hairball"

Gaze Plots (Abbildung 2.5) zeigen in Kreisen an, wie lange eine Fixation in einem Bereich anhält und in welcher Reihenfolge einzelne Fixationspunkte passieren. Ein Kreis wird größer, je länger eine Fixation anhält. Die Saccaden werden in Linien angezeigt, die einzelne Fixationen miteinander verbinden. So kann nachvollzogen werden, welche Bereiche eines Produkts, einer Verpackung oder der Bedienelemente eines Spiels zuerst angeschaut werden. Ist es bei einem Produkt das Logo und der Hersteller? Oder die Nährwertangaben? Solche Fragen lassen sich mit den Gaze Plots beantworten.

Heatmaps (Abbildung 2.6) sind eine bereits lange Zeit existierende Methode, die nicht solche umfangreiche Details liefert, wie etwa Gaze Plots. Sie zeigt an, wie lange sich Versuchspersonen auf bestimmte Bereiche konzentrieren. Je länger ein Fixierpunkt angeschaut wird, desto stärker ändert sich die Farbe der markierten Fläche von blau über grün nach rot. Der Vorteil dieser Methode ist, dass Heatmaps für mehrere Personen gleichzeitig angelegt werden können. Der Nachteil ist, dass sie oft eher ablenkend wirken. Für einen Wissenschaftler muss es klar sein, wofür er Heatmaps anlegen will. Oft können sie gut darstellen, welche Bereiche eines Bildes die Aufmerksamkeit auf sich ziehen und welche Bereiche einfach übersprungen werden.



Abbildung 2.6: Heatmap aufgenommen am Beispiel der Homepage der Hochschule Mittweida, mithilfe des Programms "Hairball"

2.4.5 Vor- und Nachteile

Eyetracking-systeme bringen viele Vor- und Nachteile mit sich. [o.V15] Zu den Vorteilen gehören folgende Punkte:

- Eye-Tracking ermöglicht es zu sehen, wie unterschiedliche Zielgruppen dieselbe Webseite oder Anwendung sehen und wie sie sich dort zurechtfinden. Eine Person, die oft Videospiele spielt, wird eine Seite mit Videospieldaten anders betrachten, als eine fachfremde Person. Hier gilt es, nach Unterschieden in der Informationsverarbeitung zu suchen und diese zu untersuchen, um ein besseres Verständnis für die Wahrnehmung zu bekommen
- Dank Eye-Tracking kann festgestellt werden, ob ein Bildschirm angeschaut wird, oder nicht. Ist eine Werbesendung wirklich interessant und will eine zu beobachtende Person sich diese wirklich anschauen?
- Eye-Tracking ermöglicht es, zu sehen, ob ein Bereich überflogen wird oder ob der zu Untersuchende sich explizit auf einen bestimmten Bereich konzentriert
- Mithilfe von Eye-Tracking lässt sich herausfinden, ob bei einer Internetseite zuerst Elemente auf der rechten Seite, auf der linken Seite, oben oder unten untersucht werden. So kann eine Internetseite den Bedürfnissen und der Aufmerksamkeit der Versuchspersonen angepasst werden, so wie die Anordnung von Menüs, Überschriften und anderen Elementen

- Durch die Veränderung vom Pupillendurchmesser lässt sich ermitteln, ob unbekannte oder erwartete Elemente von einer Versuchsperson erfasst werden

Während Eye-Tracking viele Messungen möglich machen, ist die Interpretation dieser Messungen der schwierige Teil. So hat Eye-Tracking folgende Nachteile, die stets bedacht werden müssen:

- Nur weil eine zu untersuchende Person einen Bereich mit den Augen fixiert und lange auf ihn starrt, heißt es nicht, dass diese Person sich auf diesen Bereich konzentriert. Die Person kann auch gedankenverloren in die Gegend starren. Mittels Eye-Tracking ist es unmöglich, herauszufinden, ob es eine aktive oder passive Fixation ist.
- In das Sehfeld der Versuchsperson können andere Elemente fallen, die nichts mit der Untersuchung zu tun haben. Zum Beispiel der Scrollbalken einer Webseite oder das User Interface eines Browsers, die nicht untersucht werden sollen, können den User ablenken und das Ergebnis verfälschen.
- Brillen und Kontaktlinsen verfälschen das Ergebnis des Eye-Trackings oder machen eine Auswertung in einigen Fällen unmöglich.
- Die Feststellung, dass eine Überschrift zuerst angeschaut oder fixiert wird, sagt nichts darüber aus, warum dies der Fall ist. Hier wird es klar, dass Eye-Tracking auf eine quantitative Funktion beschränkt ist.

Aus diesen Nachteilen wird klar, dass Eye-Tracking in vielen Fällen keine gute allein stehende Methode ist. Sie kann durch Usability Tests, Umfragen und anderen Analysemethoden ergänzt und dadurch viel effektiver gemacht werden.

2.4.6 Tobii - Eye-Tracking

Tobii ist ein Hersteller von Eye-Tracking Produkten, der seit 2001 auf dem Eye-Tracking Markt existiert. Der Hauptsitz ist in Schweden und die Firma besitzt mittlerweile etwa 1000 Mitarbeiter. Die Firma zeichnet sich dadurch aus, dass ein Teil ihrer Produkte nicht nur für die Forschung, sondern auch für die Allgemeinheit zugänglich sind. Die Firma besitzt 3 verschiedene Business-Einheiten, die jeweils marktführende Produkte in verschiedenen Bereichen produzieren. [\[AB18a\]](#)

- Tobii Dynavox ist die Einheit für technische Hilfsmittel, die oft Verwendung bei Menschen mit Beeinträchtigungen finden. Dazu gehören externe Eye-Tracker, die an einem Bildschirm angebracht werden und somit die Computersteuerung wie auch die damit eventuell verbundene Kommunikation ermöglichen.
- Tobii Pro ist die Einheit, die Eye-Tracking Produkte für die Marktanalyse und Verhaltensforschung produziert. Dazu gehören mobile Produkte wie Tobii Glasses, welche die Marktanalyse und Wahrnehmungsforschung vereinfachen. Außerdem beteiligt sich Tobii Pro oft an Forschungen zu Eye-Tracking relevanten Bereichen und stellt ihre Produkte oft Universitäten zur Verfügung.
- Tobii Tech ist die jüngste Einheit, die sich mit Technologie- und Marktentwicklung für den Verbraucher beschäftigt. Sie produziert Eye-Tracking Systeme, die in Computern, Smartphones und in Virtual Reality Hardware Geräten eingesetzt wird. Eine Abteilung davon ist Tobii Gaming, die sich zur Aufgabe gemacht hat, Spiele durch Eye-Tracking immersiver zu machen, in dem sie dieses in die Steuerung mit integriert. Sie produzieren sowohl externe, als auch fest in Computer eingebaute Systeme.

Die Produkte von Tobii Gaming sind für diese Bachelorarbeit besonders interessant, vor allem das Produkt namens Tobii EyeX, da sie im Vergleich zu Tobii Pro Produkten kostengünstiger sind und auch für die Endverbraucher viel leichter zugänglich sind [AG17].

2.4.7 Das Tobii EyeX Modell

Tobii EyeX ist ein Eye-Tracker, der speziell zur Steuerung von Video Games entwickelt wurde. Es ist eines der ersten Modelle, die für diesen Zweck verwendet wurden. Der Controller wurde 2016 rausgebracht, das Modell wird nicht mehr produziert und wurde durch das Modell Tobii 4C ersetzt. Das Modell zeichnet sich durch die Einfachheit der Benutzung aus. Ein Käufer muss keinen komplizierten Aufbau durchführen. Es reicht, einen magnetischen Streifen am unteren Rand des Bildschirms anzubringen und das Gerät lässt sich dank eingebauten Magneten an diesen Streifen bequem anbringen. Das Gerät muss dann mit einem USB 3.0 zu USB 1.0 Kabel mit einem Computer mit dem Betriebssystem Windows 8 oder Windows 10 verbunden werden. Die dazu gehörende Software ist auf der offiziellen Seite von Tobii zu finden. Nach der Installation der Software kann das Gerät mit dem

Computer verwendet werden und es erfolgt eine Kalibration. Die Software ermöglicht die Steuerung von ausgewählten Videospiele, von denen es momentan über 130 verschiedene Titel gibt. Bekannte Spiele sind Shadow of the Tomb Raider und Farming Simulator 18. Die Steuerung durch das Eye-Tracking ermöglicht eine bessere Immersion in das Spielgeschehen, da der Spieler die Ansicht im Spiel mit seinen eigenen Augen steuern kann, und nicht, so wie bisher, mit der Maus oder einem Controller. So wird dem Spieler das Gefühl vermittelt, direkt im Spielgeschehen zu sein und die Welt aus Augen des Protagonisten sehen zu können. Dank Tobii EyeX ist auch die Steuerung von dem Betriebssystem „Windows“ mit der Version 8 und 10 möglich. Der Hersteller von Tobii verfolgt das Ziel, dass analoge Steuerungen eines Computers, wie Maus und Tastatur, eines Tages dank Eye-Tracking wegfallen können. Tobii EyeX und die dazugehörige Software ermöglichen einen Einblick in dieses Szenario. Die Lage des Mausursors lässt sich zum Beispiel durch das Drücken eines Knopfes oder durch eine kurze Bewegung der Maus zu dem Gaze Point, den der Spieler gerade mit den Augen fixiert, bewegen. Außerdem lässt sich die Tobii – eigene Software durch Augenbewegungen und Fixationen von Menüpunkten steuern. Die in der Software integrierte Funktion *"Gaze Trace"* ermöglicht, die Augenbewegungen optisch auf dem Bildschirm durch eine Markierung sichtbar zu machen. Somit ist Tobii EyeX ein kostengünstiges Gerät, das erste Einblicke in die Verwendung von Eye-Tracking Geräte und eine erweiterte Gaming-Erfahrung bietet.

2.5 Das Genre "Tower Defense"

Für diese Bachelorarbeit lohnt es sich einen Blick auf das Genre „Tower Defense“ und das verwendete Spiel zu werfen, um damit auch hinter die Theorie der in der Aufgabenstellung erwähnten Technologie zu blicken.

Tower Defense ist ein Genre von Videospiele. Es gehört ebenfalls zu den Strategiespielen und ist aus dem Strategiegenre entstanden. Spiele wie *Starcraft* und *Warcraft 3* besaßen einzelne Level, die zur Abwechslung des Spiels gedacht waren, aus denen das neue Genre entstanden ist. So ist das Genre relativ jung im Vergleich zur Geschichte von Video Games.

Spielregeln

Die Spielregeln eines jeden Tower Defense Spiels sind simpel und laufen etwa gleich ab, wobei es viele Variationen dieses Spielgenres gibt [WL16]. Es gibt ein Spielfeld, auf dem mehrere Punkte und Bereiche verteilt sind. Der Spieler muss einen Punkt oder Bereich gegen Gegner verteidigen, die meist von der anderen Seite des Spielfelds kommen. Die Gegner können auch aus mehreren Richtungen und Seiten kommen. Diese kommen oft in Wellen, die aus mehreren Einheiten bestehen. Der Spieler hat die Möglichkeit, seine Verteidigung aufzubauen, um die Gegner an dem Weiterkommen zu hindern, bevor sie die Basis des Spielers erreichen [SKL13]. Es gibt oft verschiedene Gegnerarten, so wie Verteidigungseinheiten, die der Spieler errichten kann. Die Gegner haben oft verschiedene Fähigkeiten und Eigenschaften. Werte, wie Verteidigung, Angriff, Geschwindigkeit, Lebenspunkte und Angriffsgeschwindigkeit sorgen dafür, dass es verschiedene Gegnertypen geben kann. Die normalen Gegner, die oft in einer großen Anzahl spawnen, haben eine Geschwindigkeit, die den Spieler nicht überfordert. Sie richten wenig Schaden an, werden aber in großer Anzahl eine Herausforderung für den Spieler. Eine Gegnerart, die Tanks, sind oft Einheiten, die mehr Lebenspunkte aufweisen, als die gewöhnlichen Gegner. Sie brauchen mehr Treffer, um besiegt zu werden. Jedoch bewegen diese sich aber dafür oft langsamer. Sie beschäftigen so die Verteidigungseinheiten des Spielers, währenddessen schnellere Gegner sich dem Verteidigungsziel des Spielers nähern können. Ebenfalls kann es eine im Gegensatz zu den anderen Gegnern, schnellere Gegnerart geben. Sie müsste dafür weniger Lebenspunkte aufweisen, als andere Gegner und eventuell einen stärkeren Angriff, um in wenig Zeit großen Schaden anzurichten. Die Verteidigungseinheiten des Spielers können ebenfalls unterschiedliche Statuswerte haben. Sie sind außerdem oft in der Lage, upgegradet zu werden um ihre Werte zu verbessern. Außerdem müssen Türme nicht nur angreifen. Sie können Gegner verlangsamen oder ihnen mit der Zeit Lebenspunkte abziehen und diese Effekte können durch Upgrades verbessert werden. Es ist das Ziel eines jeden Spielers, seine Verteidigungseinheiten so schnell wie möglich upzugraden und eine Strategie zu finden, die die Gegner am effektivsten aufhalten kann. Um dies erreichen zu können, muss der Spieler eine Währung sammeln und verbrauchen [AHS15, S.61]. Diese kann sowohl über Zeit hinzukommen, als auch durch das Besiegen von Gegnern oder Errichten von Verteidigungseinheiten verdient werden. Der Spieler muss die Währung verwalten und Prioritäten wählen. Der Spieler wird dabei mit vielen Fragen konfrontiert. Lohnt sich gerade ein Update einer Einheit oder sollte die Verteidigung weiter vorne

beim Verteidigungsziel verstärkt werden? Außerdem können spielereigene Einheiten, entweder auf vordefinierbaren Plätzen oder frei in der Landschaft platziert werden. Sie haben oft eine bestimmte Reichweite, die erweitert werden kann. Je nach Spiel hat ein Tower Defense mehrere Level – ein Level besteht aus mehreren Wellen, die dicht aufeinanderfolgen. Diese Level nehmen an Schwierigkeit zu und stellen neue Gegnerformen vor. Eventuell steigt die Anzahl von Gegnern in einer Welle oder die Zeit zwischen den Wellen verkürzt sich. Mit jedem Level muss der Spieler seine Verteidigung erneut errichten. Mit der Zeit lernt dieser zu verstehen, welche Strategie am besten zu welcher Situation passt. Da die Gegner in Wellen kommen und einige Zeit brauchen, um besiegt zu werden, bekommt der Spieler eine kurze Pause zwischen den Wellen. Wenn der Spieler die Gegner einer Welle bis zu der nächsten Welle nicht rechtzeitig besiegt, entsteht für ihn eine Stresssituation. Diese Stresssituation entsteht dadurch, dass die nächsten Gegner bereits kommen, bevor die letzten besiegt werden konnten. Die Schwierigkeit des Spiels steigt mit jedem Level. Da ein Spiel mit diesem Genre darauf ausgelegt ist, dass die Schwierigkeit in einem einzigen Level sinkt und steigt, eignet sich dieses Genre sehr gut auf eine Untersuchung des Game Flows. Grund hier für ist, dass nach einer Welle der Gegner für den Spieler ein Moment der Ruhe folgt, bevor eine neue Gegnerwelle kommt. Das Genre schafft oft Abwechslung zwischen Überforderung und Unterforderung. Die Flow – Kurve im Flowkanal aus Abbildung 2.2 findet hier also sehr ausgeprägt Anwendung. Deswegen eignet es sich besonders gut für eine Untersuchung des Game Flows.

Eignung von "AI Tower Defense" zur Untersuchung des Game Flows

Das Videospiel *AI Tower Defense Evolutionary* wurde innerhalb eines Praktikums an der Hochschule Mittweida von der Gruppe bestehend aus Patricia Ließ, Alexander Kühn und der Verfasserin dieser Bachelor-Arbeit, Irina Hasanow, entwickelt. Der Verwendungszweck dieses Spiels war, ein Umfeld für einen evolutionären Algorithmus zu entwickeln, in dem es in ein Spiel integriert wurde. Es baut auf einer simplen Idee auf, dass die Gegner in diesem Spiel sich weiter entwickeln und immer stärker werden. Die Gegner werden mit Statuswerten in bestimmten Bereichen generiert und durch den evolutionären Algorithmus werden die besten Eigenschaften einer Welle an Gegnern weiter vererbt. Im besten Fall bedeutet das, dass die Gegnerwellen mit zunehmenden Generationen immer stärker werden und der Spieler nach einigen Wellen verliert. Das Spiel weist auch alle anderen klassischen

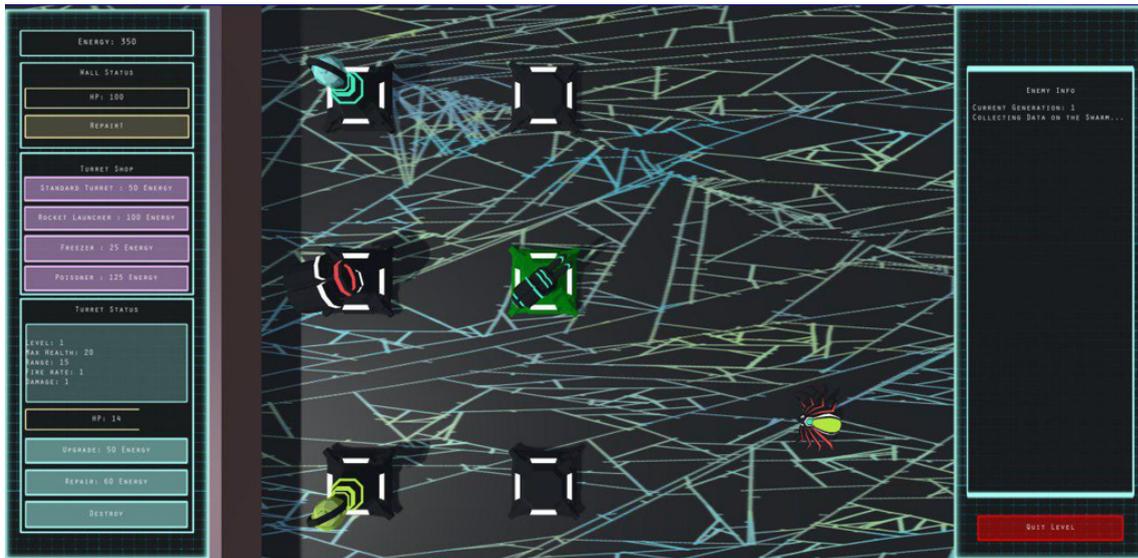


Abbildung 2.7: Screenshot aus Evolutionary, auf welchem das Spielfeld, die Türme des Spielers, die Gegner und das User Interface zu sehen sind.

Eigenschaften eines Tower Defense Spiels auf. Das Spielfeld ist so aufgebaut, dass eine zu beschützende Mauer auf der linken Seite des Bildschirms sich befindet. Auf dem Spielfeld sind einige Sockel verteilt, auf dem der Spieler Türme bauen kann, die die Mauer beschützen können, in dem sie die Gegner zerstören. Es gibt mehrere Arten von Türmen mit unterschiedlichen Effekten, so wie eine Währung, mit der ein Spieler diese Türme kaufen und verbessern kann. Die Gegner kommen von der rechten Seite des Spielfelds und bewegen sich zur linken Seite, um die Mauer anzugreifen. Die Mauer besitzt eine bestimmte Anzahl an Lebenspunkten und fällt diese auf 0, hat der Spieler das Spiel verloren und bekommt seine erreichte Punktezahl angezeigt. Der Spieler hat die Möglichkeit, die Mauer zu reparieren, wenn die Lebenspunkte der Mauer nicht 0 sind. Hierfür muss er aber Energie verbrauchen, welche die Währung darstellt. Der Gegner wird, wie bereits erwähnt, mit der Zeit stärker, da Statusveränderungen in Geschwindigkeit, Angriffstärke und Lebenspunkten stattfinden. Deswegen muss der Spieler auf seine Ressourcen achten, seine Türme im Überblick behalten, so wie eine Strategie entwickeln. (Abbildung 2.7)

Es ist nochmal wichtig zu erwähnen, dass dieses Spiel dazu entworfen wurde, um mit dem evolutionären Algorithmus arbeiten zu können und nicht um Spielern das beste Spielerlebnis zu bieten. Das ist an vielen Faktoren zu erkennen. Zum Beispiel ist in das Spiel ein Logsystem eingebaut, das keine Verwendung für einen Spie-

ler findet, aber für einen Game Developer oder einen Forscher einen Einblick in die Funktionsweise des Algorithmus bietet. Außerdem sind User-Interface Elemente so angeordnet, dass auf der rechten Seite des Bildschirms Informationen über die aktuelle Generation der Gegner angezeigt werden. Sie sind so entworfen, dass sie dem Spieler wenig bis gar keinen Nutzen bringen und dienen zur Übersicht der Entwicklung des evolutionären Algorithmus.

Trotz diesen Eigenschaften ist dieses Spiel durchaus geeignet, um Informationen über Eye-Tracking zu sammeln. Da das Spiel als Teil eines Praktikums gedacht und die Arbeitszeit daran limitiert war, wurde das Spiel nicht gebalancet. Die Werte wurden nicht so angepasst, dass das Spiel dauerhaft Vergnügen bietet und den Spieler lange im Flow hält. Die Menge der Währung ist viel zu groß für den Spieler, sodass sich daraus ergibt, dass der Spieler am Anfang eine viel zu kleine Herausforderung erlebt und seine Verteidigung in den ersten Sekunden des Spiels bereits aufbauen kann. Hier muss sich der Algorithmus schnell entwickeln, um Langeweile bei dem Spieler zu vermeiden und in einigen Fällen gelingt es ihm, in den meisten Beispielen ist dies nicht der Fall.

Es ist für einen Vergleich äußerst nützlich, ein ähnliches Szenario vorliegen zu haben. Im Rahmen dieser Bachelorarbeit werden mögliche Gemeinsamkeiten bei den gemessenen Eye-Tracking Daten ermittelt. Wenn auch Unterforderung in mehreren Fällen zu ähnlichen Messergebnissen führen kann und im Fall eines gut verlaufenden Game Flows Unterschiede zu diesen Messungen festgestellt werden können, eignet sich das Spiel durchaus zum Messen von Game Flow.

Es sind mehrere Szenarien möglich, jedoch hält die Verfasserin das Beispiel aufgeführt bei Abbildung 2.8 bei vielen Spielern am Wahrscheinlichsten. Sie war stark am Game Design des Spiels beteiligt und hat das Spiel auch nach dem Fertigstellen oft getestet.

- Punkt A: Der Spieler beginnt das Spiel. Er kennt die Regeln noch nicht. Während er die Regeln begreift, kommt bereits die erste Gegnerwelle. Er ist von dieser Situation überfordert. Wie stark er davon überfordert ist, hängt von seiner Erfahrung mit Tower Defense Spielen, von seinem Alter, Geschick wie auch der Fähigkeit und vom schnellen begreifen neuer Regeln ab. Diese Überforderung sollte aber nicht zu lange anhalten, da der Spieler die simplen Regeln schnell verstehen sollte. Das einzige, was er jetzt verstehen muss, ist dass möglichst viele Türme ihn davor schützen, zu verlieren. Der Spieler hat

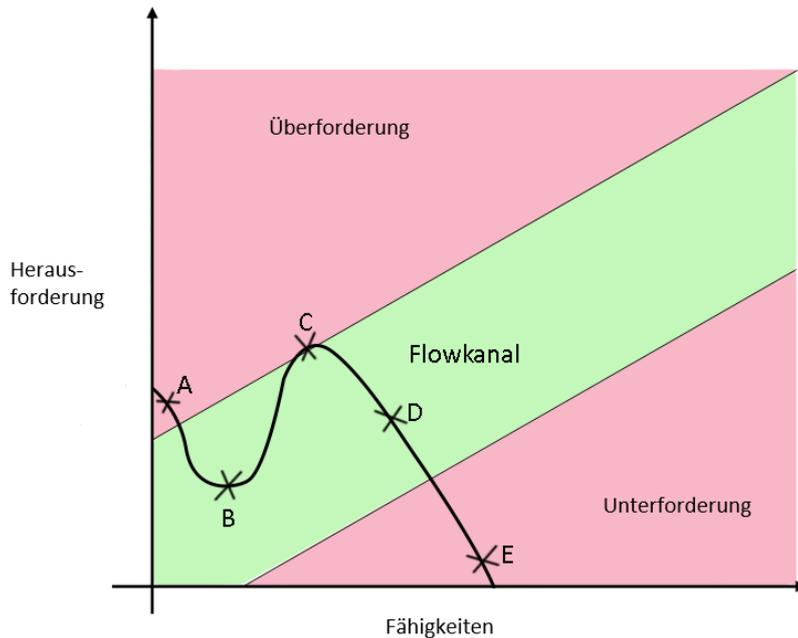


Abbildung 2.8: Ein mögliches Szenario zum Verlaufen des Game Flows bei dem Spielen von "AI Tower Defense - Evolutionary"

ohnehin genug Währung, um die nächsten Gegnerwellen durch das Erbauen neuer Türme zu überstehen.

- Punkt B: Der Spieler hat genug Türme erbaut und hat nun die erste Gegnerwelle überstanden. Er hat das Gefühl der vollen Kontrolle über die Situation. Er ist im Flow und fängt eventuell an, seine Türme zu upgraden.
- Punkt C: Wenn der Spieler unachtsam ist, kann es passieren, dass der Algorithmus ihn einholt und die Gegner beispielsweise durch Mutation oder geschickte Vererbung stärker werden und so den Spieler für einen kurzen Moment sich unterlegt führt. Vielleicht sind einige Gegner auch bereits schnell genug, um zur Mauer zu kommen und diese wenige Male anzugreifen. Das kann den Spieler überfordern, jedoch ist es sehr wahrscheinlich, dass dieser im Flow bleibt, da diese Herausforderung nicht zu hoch sein sollte.
- Punkt D: Der Spieler hat die Situation wieder unter Kontrolle. Er upgradet seine Türme, so weit es geht. Es ist auszuschließen, dass er jetzt verlieren

kann. Noch ist er im Flow, da er das Gefühl hat, dass er gewinnt und dank seinen Fähigkeiten richtig gehandelt hat. Die Gegner werden immer stärker und schneller, haben aber keine Chance gegen die starken Türme des Spielers.

- Punkt E: Der Spieler verliert Interesse. Das Spiel fühlt sich für ihn repetitiv an. Die Türme zerstören die Gegner in großen Mengen. Die Türme sind bereits so stark, dass Gegner zerstört werden, bevor sie auf der Map sichtbar sind. Er kann sich zurück lehnen und nichts machen - der Ausgang ist immer derselbe. Die Herausforderung ist absolut nicht mehr vorhanden. Der Spieler hat Langeweile und hört auf, das Spiel zu spielen.

3 Konzeption

In diesem Kapitel wird die Aufgabenstellung für diese Bachelorarbeit zitiert. Außerdem wird ein theoretischer Lösungsansatz im Kapitel durchgegangen, der die tatsächliche Durchführung im Kapitel 4 stark beeinflussen wird.

3.1 Aufgabenstellung

Wesentliche Aspekte für Herausforderungen in modernen Computerspielen bestehen in der Fokussierung der Aufmerksamkeit des Spielers auf unterschiedliche Bildbereiche, in denen für das Spielgeschehen relevante Aktionen stattfinden. Der aktuelle Spielerfokus lässt sich durch Eye Tracking erfassen. Die Zielstellung dieser Arbeit besteht darin, eine Werkzeugkette (Toolchain) zu erstellen, die es erlaubt, die Aktionen des Spielers mit der Aufmerksamkeit auf den Bildschirm zu synchronisieren und in Relation zu setzen. Dies ist an einem im Vorfeld der Arbeit entstandenen Tower Defense-Projekt zu untersuchen und zu bewerten, welches die Möglichkeit bietet, den Spielverlauf zu protokollieren. Mit Hilfe des Eye Tracking-Systems „Tobii“ sind Parameter und Metriken zu bestimmen, die es erlauben, den Game Flow zu quantifizieren, zu beeinflussen und somit festzustellen, ob ein Spiel vom Spieler als interessant, herausfordernd, langweilig oder zu schwer empfunden wird.

3.2 Lösungsansatz

Der Lösungsansatz besteht darin, dass durch eine Software, ein Eye-Tracking System, einen Computer und einige Versuchspersonen eine Relevanz zwischen aufgenommenen Eye-Tracking Daten und dem Game Flow eines Tower Defense Videospiels aufgewiesen werden kann. In dieser Bachelorarbeit wird keine eigene Software

entwickeln und mit Programmen arbeiten, die frei zugänglich sind, da die Entwicklung eigener Software den Umfang einer Bachelor-Arbeit sehr weit überschreitet.

Bei diesem Ansatz geht es nicht darum, eine genaue Antwort auf die Aufgabenstellung zu finden. Viel mehr wurde ein qualitativer und explorativer Forschungsansatz für wichtig empfunden und für diese Studie eingesetzt. Dieser explorativer Ansatz ist nicht dazu bestimmt, gezielt einzelne Fragestellungen endgültig zu beantworten, sondern erste Anhaltspunkte auszuarbeiten und eine überblicksartige Forschungsgrundlage zum Thema "Messungen von Game Flow mithilfe von Eye-Trackern" zu schaffen. Dank E-Sport und gesellschaftlicher Anerkennung von Videospiele tauchen immer öfters wissenschaftliche Arbeiten zum Thema Game Flow und Analysen durch Eye-Tracking auf. Die Analyse des Gameplays erfolgt oft durch teure komplexe Systeme sowie nicht für jeden zugängliche Eye-Tracking Geräte. Zudem erfolgt oft die Analyse in einem Labor. In dieser Arbeit wird untersucht, ob diverse Analysen auch mit einem günstigen Modell, außerhalb eines wissenschaftlichen Settings in einem spontanen und entspannten Umfeld möglich sind und welche Möglichkeiten bei einer Untersuchung zur Verfügung stehen.

Dabei soll im besten Fall herausgefunden werden, ob ein Spieler im Flow war, ob ihm das Spiel Vergnügen bereitete und ob es für eine außenstehende Person anhand der Daten möglich ist, zwischen Überforderung und Unterforderung zu unterscheiden.

Mithilfe von der Hardware und der Software soll eine umfangreiche Analyse möglich sein. Eye Tracking bietet viele Chancen und Möglichkeiten. Da bereits im Kapitel 2.3 festgestellt wurde, dass Game Flow Spaß und Vergnügen in einem Video Spiel bringt, sollte dank Eye Tracking dieser leicht erkennbar sein. Ob durch die Messung des Pupillendurchmessers, oder durch andere Faktoren, menschliche Emotionen und Empfindungen wie Spaß, Langeweile, Spannung oder Gleichgültigkeit, sollten problemlos gemessen werden können. Die Daten sollten speicherbar sein, leicht zu lesen und auszuwerten.

Heatmaps und Gaze Plots sollen ebenfalls simpel erstellbar und speicherbar sein. Daraus sollen Erkenntnisse entnommen werden. Heatmaps und Gaze Plots haben unterschiedliche Verteilungen, abhängig davon, ob ein Spieler im Flow ist oder diesen nicht erreichen kann. Es ist an diesen Daten leicht zu erkennen, ob ein Spieler im Flow ist, oder nicht.

Es soll klar sein, welche Daten für die Untersuchung relevant sind, und welche nicht. Das Toolchain, das es zu kreieren gibt, sollte möglich machen, ohne weitere Hilfsmittel diese Daten aufnehmen und auswerten zu können.

4 Studie/Versuch

Dieses Kapitel beschreibt den Aufbau und die Durchführung der Studie. Im Mittelpunkt dieser Studie steht die eingesetzte Software, das Eye-Tracking System Tobii EyeX und das Spiel *AI Tower Defense*. Die Vorgehensweise, das Material und der Aufbau werden detailliert erläutert.

4.1 Aufbau

Der Aufbau in dieser Studie ist ein Zusammenspiel zwischen simpel verbundener Hardware und komplex aufeinander abgestimmten Software, die eine Analyse durch eine Person ermöglicht. Ein Eye-Tracking Gerät ist durch ein Kabel mit einem Computer verbunden und an dessen Bildschirm angebracht. Die Versuchsperson sitzt vor diesem Computer und spielt ein Videospiel, das mit einer angeschlossenen Computermaus gesteuert wird. Eine Software visualisiert Augenbewegungen von der Versuchsperson während des Spiels in Form von Echtzeit – Heatmaps und - Gaze Plots. Eine andere Software nimmt das Spiel und mehrere unterschiedliche Visualisierungen auf, speichert diese auf der Festplatte des Computers und lässt so zu, dass eine Person die aufgenommenen Videodaten zu einem späteren Zeitpunkt auswerten und beurteilen kann. An der Abbildung 4.1 lässt sich der Aufbau nachvollziehen

4.2 Materialien

Die Teilnehmerin bekam für diese Studie ein Eye-Tracking Gerät von der Universität zur Verfügung gestellt. Dabei handelte es sich um das Tobii EyeX. Sie benutzte für die Studie ihren eigenen Laptop und benutzte hauptsächlich Open Source Software.

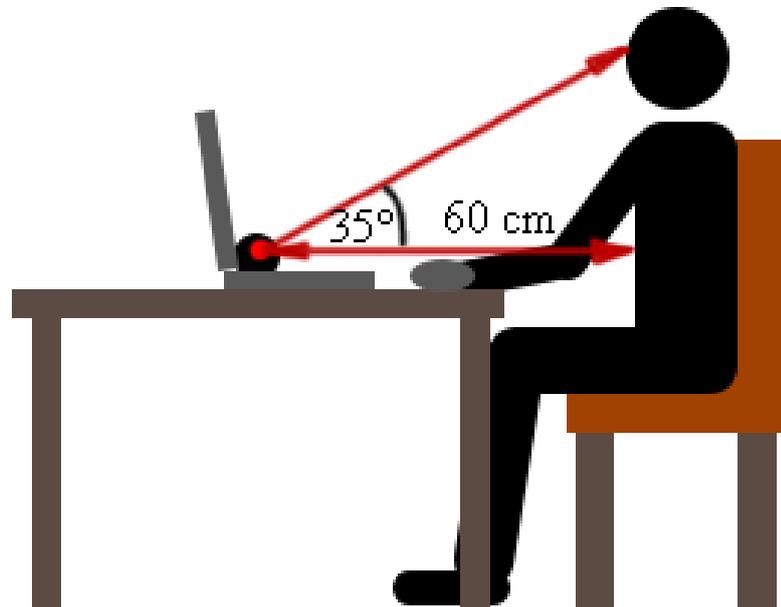


Abbildung 4.1: Aufbau der Hardware. Die Distanz zum Eye-Tracker, so wie der Winkel des Eye-Tracking Systems hängt sehr stark von der Größe der Versuchsperson ab und kann Unterschiede aufweisen.

4.2.1 Hardware

In diesem Abschnitt wird die Hardware beschrieben, die für diese Studie notwendig ist. Dazu gehört ein Computer (in dem Fall ein Laptop) und ein Eye-Tracking System.

Laptop

Zur Aufnahme der Eye-Tracking Daten, zum Inbetriebnehmen des Eye-Tracking Systems und zum Ausführen von notwendiger Software wird ein Laptop verwendet. Dank der Mobilität eines tragbaren Computers lässt er sich überall mitnehmen und macht so die Studie damit leichter. Da die Software hohe Ansprüche aufweist, um mehrere Videos auf einmal aufzunehmen, kommt es sehr gelegen, dass der verwendete

Laptop mehr zu den leistungsstärkeren Geräten gehört. Auch das Eye-Tracking System erfordert viel Arbeitsspeicher, welchen der Laptop aufweist. Für die Bedienung des Laptops wurde eine Computermaus angeschlossen. Da die Computermaus nur für die Steuerung des Videogames benutzt wird und keine Auswirkungen auf Messungen und Eye-Tracking Daten haben.

Technische Daten Laptop	
Modell	Asus ROG GL702VM-GC026T
Prozessor	Intel Core i7-6700 HQ
Arbeitsspeicher	16GB DDR4 RAM
Grafikkarte	GTX 1060
Monitorgröße	17 Zoll

Tabelle 4.1: Technische Daten des benutzten Laptops

Tobii EyeX

Das Modell des Eye-Tracking Systems wurde im Kapitel 2.4 bereits erwähnt und beschrieben. Folgende Daten sind für die Untersuchung relevant:

Technische Daten Eye-Tracker	
Modell	Tobii EyeX
Größe	20x15x318 mm
Gewicht	91 Gramm
Maximale Bildschirmgröße	27 Zoll
Arbeitsabstand	50-90 cm
Abmessungen der Trackbox	40x30 cm
Verbindung	USB 3.0 (Kabel beinhaltet)
Kabellänge	180 cm
Betriebssystem Kompatibilität	Windows 7, 8.1 und 10 (nur 64-bit)
CPU-Belastung	10%
Systemansprüche	2.0 GHz Quad-Core Intel i5 oder i7, 8 GB RAM

Tabelle 4.2: Technische Daten des eingesetzten Eye-Trackers

High-Speed-USB-3.0-Verlängerungskabel

Tobii EyeX ist ein Eye-Tracker, der einen USB 3.0 Anschluss braucht. Das Gerät ist inkompatibel mit einigen Herstellern von USB 3.0 Büchsen (ASMedia USB 3.0 oder 3.1 Controller) und wurde anfangs nicht von dem Computer erkannt.

Verlängerungskabel	
Art	USB-Stecker Typ A auf USB-Buchse Typ A
Länge	2 m
Übertragungsgeschwindigkeit	bis zu 4,8 Gbit/s
Hersteller	Amazon Basics

Tabelle 4.3: Technische Daten des erworbenen Verlängerungskabels

4.2.2 Software

OBS Studio

OBS Studio ist eine kostenlose Open-Source-Software für Videoaufnahmen und Live-Streaming. Es ist vor allem populär bei Video Game Streamern. Die Verfasserin dieser Arbeit hat sich für diese Software entschieden, weil sie es erlaubt, mehrere Fenster verschiedener Programme auf einmal aufzunehmen. Verwendete Version 21.1.0 Aktuellste Version 22.0.2

Hairball

Da Tobii EyeX als ein Controller für Video Games entwickelt wurde, existiert keine offizielle Software von Tobii, die mit diesem Gerät Analysen von Eye-Tracking Daten möglich macht. Eine externe Software war hier die Lösung. *Hairball* von Ryklin-Software ist eine nicht offizielle Software, mit der die Erfassung von Eye-Tracking Daten mit dem Tobii EyeX und anderen Eye-Trackern möglich ist. Das Programm wurde hauptsächlich dafür entwickelt, um Informationen aus betrachteten Bildern zu entnehmen. Die Analyse von Videos und Videospiele sind damit nicht möglich. In der vorliegenden Arbeit werden deswegen aufgenommene Bilderdaten mit einem Video des aufgenommenen Videospiele verglichen. Allerdings ist keine Speicherung

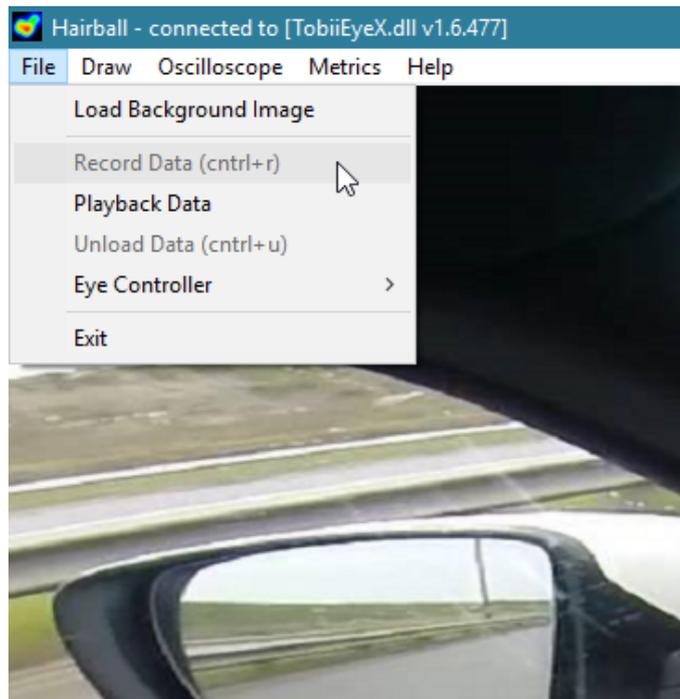


Abbildung 4.2: Das Speichern von Eye-Tracking Daten ist in Hairball mit einem Tobii EyeX nicht möglich. Mit anderen Geräten, zum Beispiel Tobii Pro Produkten, wäre das annehmbar.

dieser Daten möglich, da der Hersteller, Tobii das Speichern der Daten nicht möglich macht. Somit ist ein Betrachten der Daten nur in Echtzeit möglich. Deswegen wird mit OBS Studio die Arbeitsweise von Hairball aufgenommen, um aus den Aufnahmen per Hand einzelne Daten auslesen zu können (Abbildung 4.2).

Handbrake

Für das Bearbeiten der Videos wird ein Video-Bearbeitungstool mit dem Namen *Handbrake* verwendet, das Videos ohne viel Aufwand editieren und zuschneiden kann. Dies ist dafür notwendig, um nicht für die Untersuchung relevante Informationen zu erfassen. Die Audiospur, die zur Erfassung von untersuchungsrelevanten Daten benutzt wurde, wird ausgeblendet, da sie viele störende Geräusche enthält. Die Videos werden ohne Audiospur mithilfe dieser Software gespeichert. Die aktuelle Version entspricht zum Zeitpunkt des Nutzens, Version 1.1.2. Die Software ist Open Source und kostenlos.

Evolutionary - AI Tower Defense

AI Tower Defense ist das Spiel, was auf Game Flow untersucht werden soll. Es wurde bereits im Kapitel 2.5.1 genau erklärt. Da es sich um ein Studentenprojekt handelt, sind keine Anforderungen an das Gerät bekannt, auf dem das Spiel laufen soll. Bis jetzt funktionierte das Spiel auf allen Geräten, auf denen es getestet wurde. Das Spiel wurde seit der Fertigstellung im Praktikum für diese These nicht mehr editiert.

4.3 Durchführung

Für die These wurde die folgende Durchführung durchgesetzt. Die Hardware wird aufgebaut und die Software gestartet. Der gesamte Aufbau dauert 15 - 30 Minuten, wobei der meiste Aufwand der Start, das Verbinden und das Einstellen der Software in Anspruch nimmt.

4.3.1 Aufbau

Da der Aufbau bereits im Kapitel 4.1 detailliert erklärt wurde, wird hier auf Einzelheiten eingegangen, die mit der Software zusammenhängen. Das Verbinden mit dem mitgelieferten Kabel scheiterte zuerst, weiteres dazu im Kapitel 5.1, deswegen musste zusätzlich ein Verlängerungskabel aus Kapitel 4.1 genutzt werden. Nach dem Verbinden des Eye-Trackers mithilfe des Verlängerungskabels an den Laptop, wird eine Computermaus angeschlossen. Aufgrund der fehlenden Tastaturbelegung zur Bedienung des Spiels, war die Maus notwendig.

Nach dem Aufbau der Hardware muss die Software gestartet werden. Es handelt sich um *OBS*, *Hairball* und *Evolutionary*, die Reihenfolge des Starts ist jedoch wichtig. Bei diesen Aufnahmen sollen vier Fenster von Hairball laufen und dank OBS lassen sie sich so anordnen, dass verschiedene Visualisierungen in einem Video darstellbar sind. Ein Fenster läuft im Hintergrund, sodass Daten, wie Distanz von dem Bildschirm, Augenpositionen und Augenbewegungsarten auf der unteren Leiste des Programms angezeigt werden. Dieses Fenster bekommt einen dunklen Hintergrund, damit es nicht von den Geschehnissen von anderen Fenstern ablenkt. Dieses Fenster soll keine eigene Visualisierung bekommen und läuft, wie bereits, nur im Hintergrund. Die anderen drei Fenster werden in einer Viererverteilung angeordnet.

Diese drei Fenster müssen nacheinander geöffnet werden und nach dem Öffnen jedes einzelnen sollte der Hintergrund der Applikation geändert werden. Ein Screenshot aus dem Spiel wurde vor der Studie aufgenommen. Auf ihm sind das Spielfeld, die Menüs und die Basen, auf denen die Türme platziert werden, zu sehen. Keine Gegner oder Türme wurden in den Screenshot eingefügt. Da Hairball Eye-Tracking auf Bildern ermöglicht und Daten in Echtzeit anzeigt, ist die Analyse eines Videospiele nicht möglich. Stattdessen wird ein Spielfenster aufgemacht, gestartet und dank OBS mit den vier Hairball Fenstern so angeordnet, dass es in den Vierer-Raster reinpasst. So kann anhand des Spiels und des direkten Vergleichs mit dem Screenshot genau erkannt werden, wohin der Blick des Spielers sich konzentriert.

Anschließend wird die Visualisierung bei Hairball ausgesucht. Das Programm bietet mehrere Visualisierungsmöglichkeiten, unter anderem die im Kapitel 2.4 aufgeführten Heatmaps und Gaze Plots. Andere nützliche Visualisierungen sind Gaze Swarms, Gaze Fixations und mehrere Heatmap Optionen, die verschiedene Einblicke ermöglichen. Für diese Arbeit wurde sich für ein Fenster für eine Kombination zwischen Gaze Dot und Gaze Crosshair entschieden, um in diesem Fenster den Überblick zu behalten, wohin der Spieler momentan blickt. In der Abbildung 4.3 ist dank einem direkten Vergleich mit dem aufgenommenen Hairball Fenster sowie dem gleichzeitig aufgenommenem Spielfenster leicht zu erkennen, dass der Spieler auf einen neu errichteten Turm schaut.

Auf den anderen Fenstern sind die Visualisierungen einer klassischen Heatmap und Gaze Plots, wobei Hairball die typische Gaze Plot Funktion nicht besitzt und diese sich bei dem Programm aus Gaze Scanpath und Gaze Fixations zusammensetzt. Dabei zeigt Hairball leider nicht die typischen Zahlen, die bei klassischen Gaze Plot Visualisierungen vorhanden sind und die Reihenfolge angeben, in der die Gaze Plots entstehen. Gaze Fixations zeigt die Dauer von Fixationen an, in dem sie die Größe ändern. Gaze Scanpath zeigt die dazu gehörenden Saccaden an. Das Visualisieren von den Heatmaps und den Gaze Plots wurde als wichtig empfunden, um Vergleiche zwischen verschiedenen Erfahrungen aufstellen zu können. Weisen diese Visualisierungen Gemeinsamkeiten auf bei Spielern, die den Zustand des Flows erreichen? Das Zusammenwirken dieser Visualisierungen ist auf der Abbildung 4.4 erkennbar. Hier ist die Anordnung der einzelnen Fenster von Hairball und somit der einzelnen Visualisierungsarten und dem Spielefenster erkennbar. Diese Anordnung erlaubt einen direkten Vergleich zwischen Spiel und Visualisierung auf dem Video.

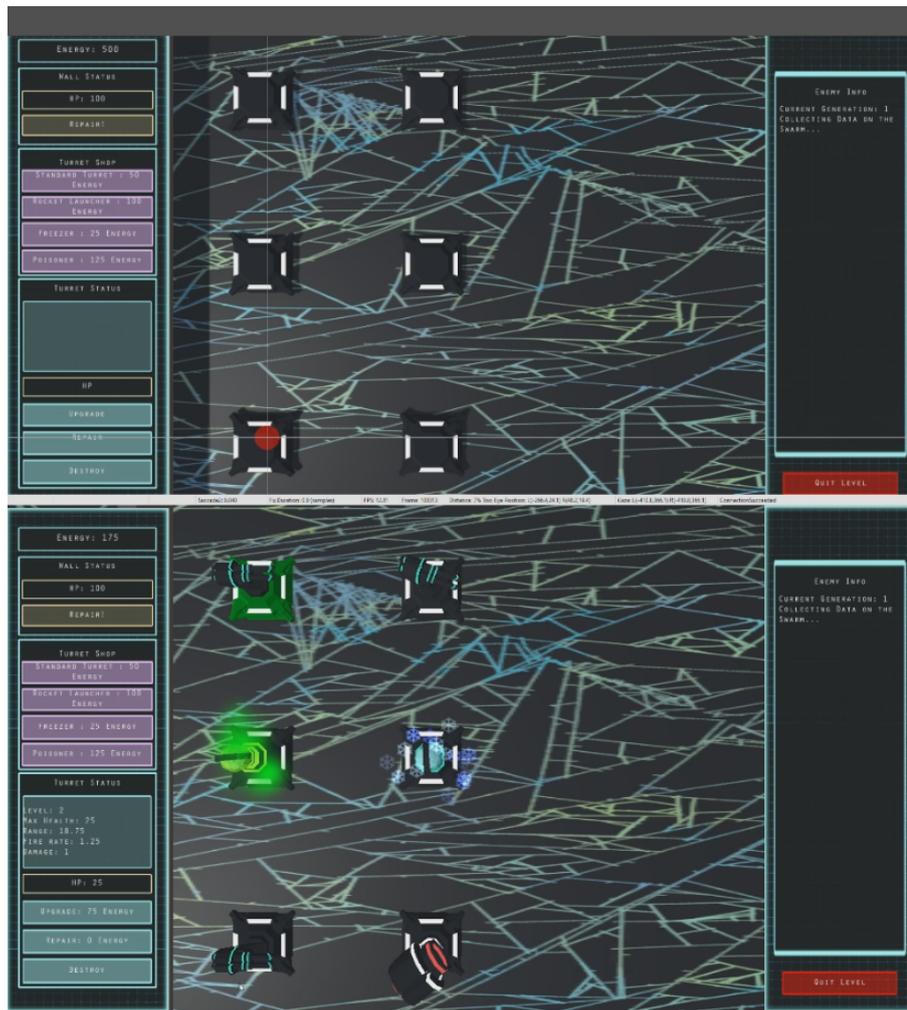


Abbildung 4.3: Direkter Vergleich zwischen dem Hairball - Fenster mit Crosshair (roter Punkt und senkrechte/waagerechte Linie) Visualisierung und dem aktuellen Spielfenster ermöglicht direkte Erkenntnis zum Blick des Spielers.

Wenn diese Schritte nicht hintereinander erfolgen wird, dann verwechselt OBS die Ansichten und zeigt dieselbe Visualisation. Grund hierfür ist, dass OBS stark auf Fensternamen achtet und die Fenster somit verwechseln kann. Es ist wichtig, die Fenster von Hairball nacheinander zu öffnen und diese sofort nach dem Öffnen dem OBS Recorder hinzuzufügen, damit dieses Problem nicht entsteht.

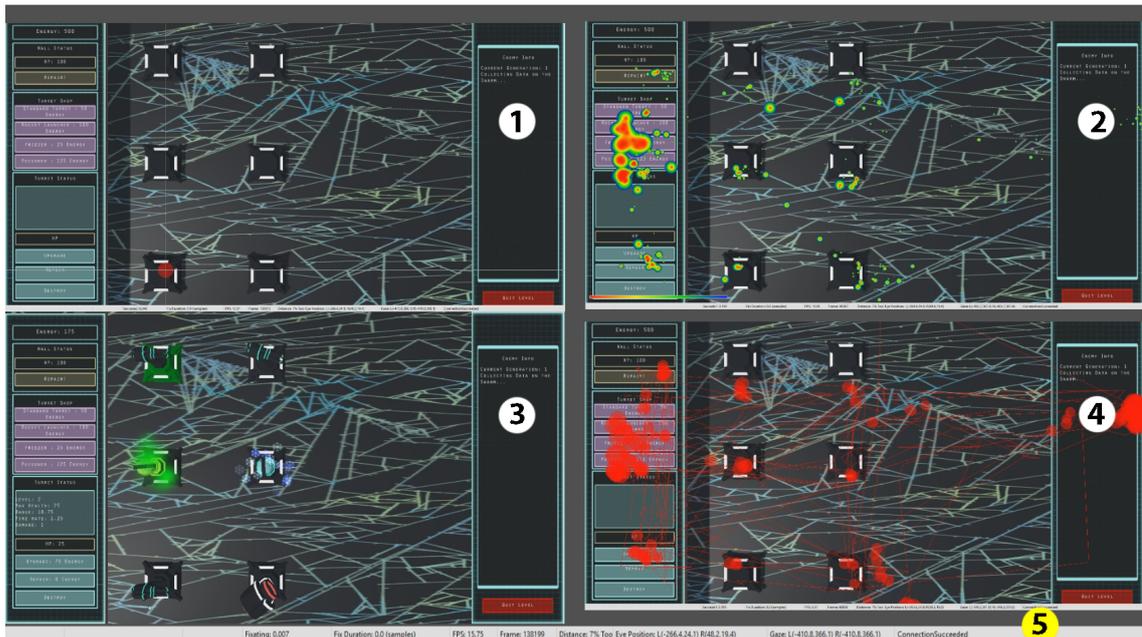


Abbildung 4.4: Überblick über die erstellte Tool Chain und den Vergleich im aufgenommenen Video. 1. Fenster Hairball mit Gaze Dot und Gaze Crosshair, 2. Fenster Hairball mit Heatmap, 3. Spielfenster "Evolutionary", 4. Fenster Hairball mit Gaze Plots, 5. Fenster Hairball im Hintergrund, ohne Visualisierungen. Auf der unteren Leiste sind Informationen, wie Augenbewegungen, Bewegungsdauer, Augenposition und mehr, zu sehen.

4.3.2 Ablauf der Studie

10 Probanden waren Teil dieser Studie. Die Studie wurde nacheinander durchgeführt. Die Teilnehmer wurden in einem neutralen Setting, einem ruhigen Café, angesprochen. Das sorgte dafür, dass die Verfasserin dieser Bachelorarbeit ihre Probanden sich selbst aussuchen konnte und sie nicht aus ihrem direkten Umfeld stammen. Die freie Auswahl führte auch dazu, dass ein Geschlechterratio von 50:50 erreicht, so wie das Durchschnittsalter von 21,3 erzielt werden konnte.

Die Versuchspersonen spielten alle dasselbe Spiel sowie dasselbe Level und somit auf der gleichen Schwierigkeit. Die ganze Studie fand für jede Versuchsperson am selben Ort, sodass die Umstände bei allen nahezu identisch sind.

Zum Beginn der Studie wurden die Versuchspersonen über diese Studie aufgeklärt. Ihnen wurde der Zweck erklärt und sie gaben ein mündliches Einverständnis ab, bei dem sie zusagen, dass ihre Eye-Tracking Daten beim Spielen eines Videospiele aufgenommen und sie für eine Bachelorarbeit genutzt werden, so wie ihre Stimme während des Spielens mit aufgezeichnet wird, um ihre Daten und ihre Reaktionen besser nachvollziehen zu können. Alle Teilnehmer waren ohne Ausnahme einverstanden. Ihnen wurde erklärt, dass sie ein Spiel spielen sollen, während eine Software die Eye-Tracking Daten in Form eines Videos aufzeichnet. Da dieses Spiel kein öffentlich publiziertes Spiel ist, hat keiner der Teilnehmer dieses Spiel vorher gespielt.

Während ein Teilnehmer sich an den Tisch setzt, an dem der Computer und Eye-Tracker aufgebaut sind (Abbildung 4.1), startet die Verfasserin die Aufnahme auf dem OBS - Programm und öffnet das Fenster des Spiels. Sie überprüft, ob der Teilnehmer in der richtigen Distanz von dem Eye Tracker sitzt und ob dieser die Daten erfasst. Dann darf der Teilnehmer das Spiel beginnen, in dem er den Anweisungen folgt und im Hauptmenü des Spiels auf den Button für das erste Level drückt. Die Verfasserin erklärt die Spielregeln während das Spiel beginnt und die ersten Gegner auftauchen.

Der Teilnehmer spielt das Spiel. Parallel läuft die Aufnahme nach dem Aufbau der Software aus Kapitel 4.3.2. Die Verfasserin fragt jeden Teilnehmer nach Angaben, wie Alter, Geschlecht, ob die Person oft Videospiele spielt, ob dieser Tower Defense Spiele kennt und ob das Spiel ihm Spaß macht. Die Verfasserin notiert sich diese Angaben und gibt dem Teilnehmer die Information, dass er das Spiel jederzeit schließen kann, wenn Langeweile entsteht. Das gibt dem Spieler die Möglichkeit, selbst zu entscheiden, wann er aufhört und verschafft der Verfasserin viele verschiedene Einblicke in die Denkweise des Spielers.

Wenn der Spieler verliert oder wenn er das Spiel als langweilig empfindet, schließt er das Spiel und die Aufnahme wird von der Verfasserin gestoppt. OBS Recorder speichert das Video bei der Beendigung der Aufnahme in dem in den Optionen hinterlegtem Pfad. Die Verfasserin bedankt sich bei dem Spieler und dieser wird entlassen. Der Spieler hat außerdem keine anderen Verpflichtungen gegenüber der Verfasserin und kehrt zurück in das Setting, aus dem er entnommen wurde.

Die Verfasserin kann nun die entstandenen Videos untersuchen. Sie macht Screenshots von den Videos und analysiert und vergleicht die Daten der Spieler untereinander auf unterschiedliche Gemeinsamkeiten und Differenzen.

4.3.3 Gewonnene Daten

Aus den gewonnenen Daten der Probanden ließ sich eine Tabelle extrahieren, welche Daten zur Befragung der Spieler enthält, so wie die Videolänge und somit Spielzeit. Kleine Zeitdifferenzen zwischen Aufnahmebeginn und Spielbeginn sind nicht zu beachten, da sie bei jedem Teilnehmer auffindbar sind. Der Zweck der Spielzeit liegt darin, dass er unter den Teilnehmern verglichen wird. Vielmehr ist das Verhältnis zwischen den Zeiten der einzelnen Spieler wichtig. Ein Spieler, der im Flow ist, wird länger spielen, als ein Spieler, der den Flow nicht erreichen konnte.

	Person 1	Person 2	Person 3	Person 4	Person 5
Geschlecht	weiblich	weiblich	männlich	männlich	weiblich
Alter	22	22	21	21	45
Spielerfahrung	keine	wenig	wenig	keine	keine
T.D. Erfahrung	ja	keine	keine	keine	keine
Spaß	ja	eher nein	ja	ja	eher nein
Spieldauer	2m 51s	3m 25s	5m 22s	1m 58s	2m 49s

Tabelle 4.4: Übersicht der gesammelten Daten bei Person 1 - Person 5

	Person 6	Person 7	Person 8	Person 9	Person 10
Geschlecht	weiblich	männlich	männlich	weiblich	männlich
Alter	20	16	11	8	27
Spielerfahrung	wenig	viel	sehr viel	wenig	sehr viel
T.D. Erfahrung	keine	viel	viel	keine	ja
Spaß	ja	eher nein	ja	ja	ja
Spieldauer	2m 42s	3m 03s	14m 14s	14m 01s	6m 35s

Tabelle 4.5: Übersicht der gesammelten Daten bei Person 6 - Person 10

Der Punkt in der Tabelle "T.D. Erfahrung" steht für Tower Defense Erfahrung. Die Verfasserin wollte Zusammenhänge zwischen der Spielleistung, dem erreichten (oder nicht erreichten) Game Flow und zwischen dem angegebenen Spaß ermitteln.

Wie bereits erwähnt, konnte die Verfasserin dieser Arbeit 10 Probanden mit dem Durchschnittsalter von 21,3 für diesen Versuch gewinnen, wobei die älteste Person 46 Jahre alt ist und die Jüngste das achte Lebensjahr noch nicht abgeschlossen hat.

Zwischen diesen Spielern fanden sich große Gemeinsamkeiten und auch Unterschiede.

Von den Spielern, die versicherten, Spaß zu haben, sind längere Spielzeiten zu beobachten. Ein Zusammenhang zwischen Spielerfahrung und Spielspaß konnte nicht festgestellt werden.

Um mehr Erkenntnisse zu sammeln, wird jeder Spieler einzeln bewertet. Dank den Videos und dank den gesammelten Daten wird versucht, zu erkennen, ob dank Eye-Tracking Daten möglich ist, zu bestimmen, ob eine Versuchsperson den Game Flow erreichen konnte.

Damit dies möglich wird, wird für jede teilnehmende Person eine eigene Bewertung verfasst. Es wird jeweils der letzte Screenshot aus dem Video gezeigt, das für jede Person aufgenommen wurde. Dieser Screenshot wird Visualisierungen, wie im Kapitel

Person 1

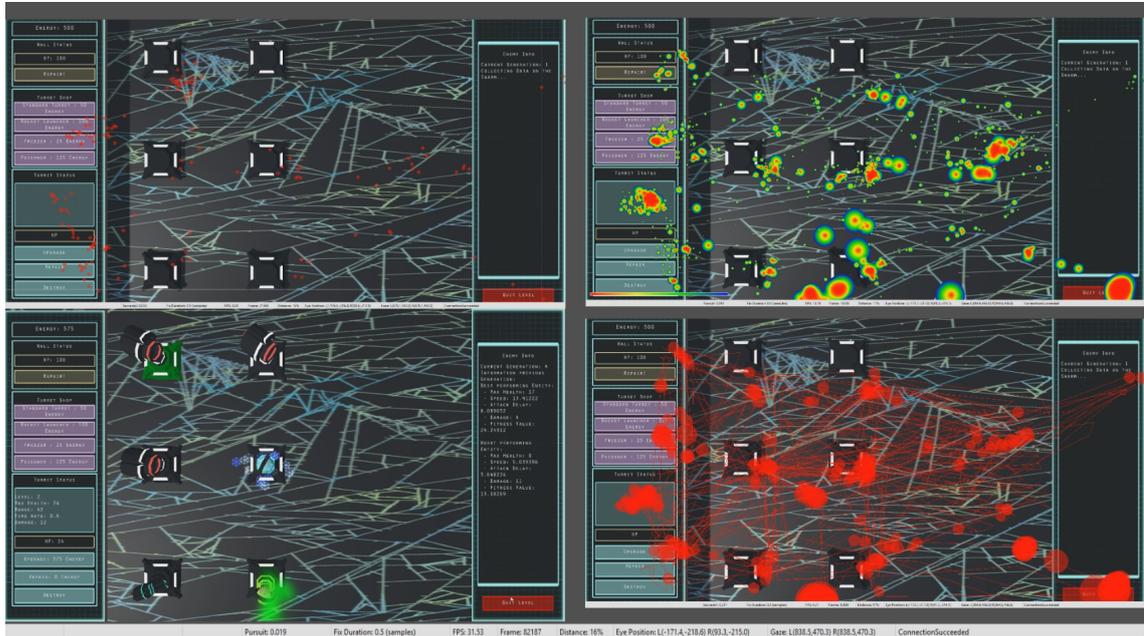


Abbildung 4.5: Screenshot aus der Aufnahme der Person 1 am Ende des Spiels.

Person 1							
Geschlecht	Alter	Spielerfahrung	T. D. Erfahrung	Spaß	Spieldauer	Brille	Game Flow
weiblich	22	keine	ja	ja	2m 51s	nein	nein

Tabelle 4.6: Gesammelte Daten der Person 1

Person 1 hat Erfahrungen mit Tower Defense Spielen aus Werbevideos von Smartphone-Applikationen. Trotz dem Fakt, dass sie wenig Spielerfahrung hat, beginnt sie das Spiel selbstbewusst und versteht es ohne viele Erklärungen.

Die Heatmap und die Visualisierung der Gaze Plots machen den Eindruck, als würde die Spielerin bereits sehr früh den "Quit Game" Button betrachten. Aus dem Video wird allerdings deutlich, dass der Blick der Spielerin sich bereits vor dem Spielstart zufällig auf diesen Punkt konzentrierte und das nicht der Fall sein kann. Das erschafft eine Fehlerquelle, auf die geachtet werden sollte.

Laut ihrer Aussage hat die Spielerin Spaß an dem Spiel, das kommt jedoch davon, dass sie das Muster von Tower Defense Spielen schnell wieder erkannt hat und anwenden konnte. Spielern macht es besonders viel Spaß, Muster zu erkennen und

diese zu durchschauen. [Kos13] Da aber keine neue Herausforderung kam und es kein neues Muster zu erkennen gab, überkam sie schnell die Langeweile und sie beendete das Spiel.

Dank den Eye-Tracking Daten wurde deutlich, dass sie, nachdem ihr langweilig wurde, nicht mehr auf das linke Menü achtete, in welchem sie die Türme updaten und ihre Mauer reparieren könnte, wenn sie Schaden genommen hätte.

Die Bewertung des Game Flows bei dieser Spielerin lautet: Entweder kam die Spielerin sehr früh in den Flow rein und flog sehr schnell raus, oder sie erreichte ihn nie richtig.

Person 2

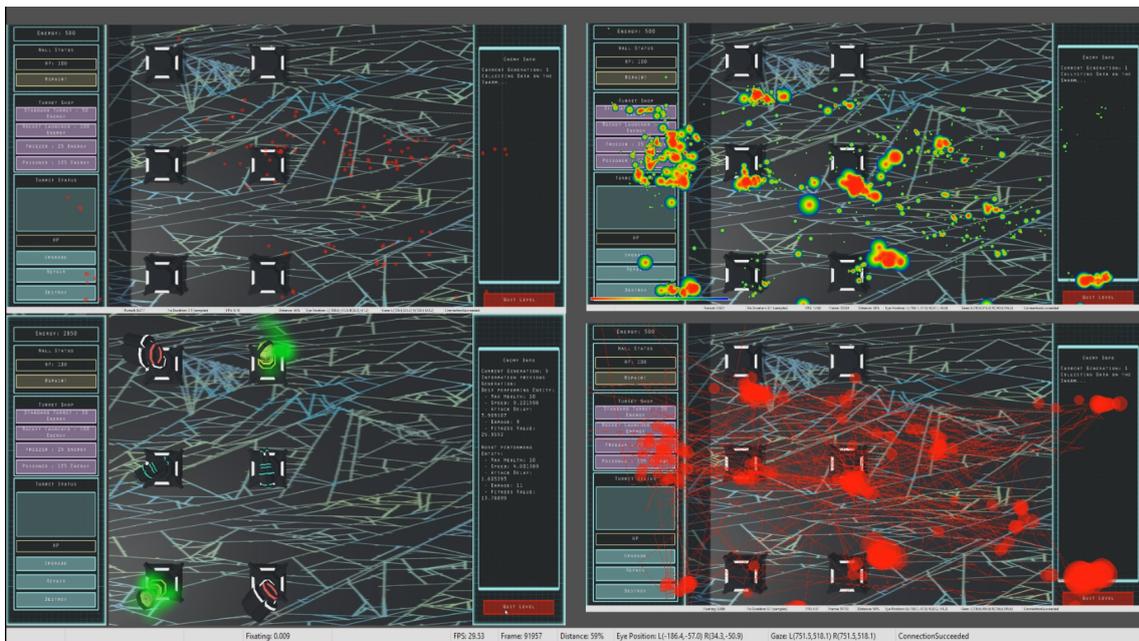


Abbildung 4.6: Screenshot aus der Aufnahme der Person 2 am Ende des Spiels.

Person 2							
Geschlecht	Alter	Spielerfahrung	T. D. Erfahrung	Spaß	Spieldauer	Brille	Game Flow
weiblich	22	wenig	nein	nein	3m 25s	nein	ja

Tabelle 4.7: Gesammelte Daten der Person 2

Person 2 ist keine "videospielaffine" Person. Sie beginnt zögernd, holt aber schnell auf, bis alle Türme erbaut sind. Ab diesem Zeitpunkt ist die Herausforderung auch für sie vorbei, jedoch beendet sie das Spiel nicht sofort, sondern zerstört einige Türme und baut andere Türme mit anderen Eigenschaften stattdessen. Sie bestimmt also ihr Spielgeschehen selbst und führt es so aus, wie sie es will.

Die Eye-Tracking Daten verraten, dass sie weder Erfahrung mit Tower Defense, noch mit anderen Genres hat. Sie betrachtet nicht gewisse UI Elemente, wie die Lebensanzeige der Mauer. Auch updatet sie ihre Türme nicht und betrachtet auch dementsprechend das dazu gehörende Menü nicht lange genug, um Informationen zu entnehmen.

In diesem Fall könnte es sein, dass Person 2 den Game Flow erreicht hat, weil ihre Fähigkeiten dank Erfahrungsmangel in dem Genre genau so gering sind, wie die Herausforderung. Sie versucht auch, den Flow weiterhin zu halten, in dem sie Türme zerstört und andere aufbaut. Das führt allerdings nicht zur erhofften Verlängerung der Herausforderung und der Game Flow wird unterbrochen. Die Spielerin verliert den Flow, beobachtet weiter das Spielgeschehen und schließt ihr Spielfenster.

Person 3

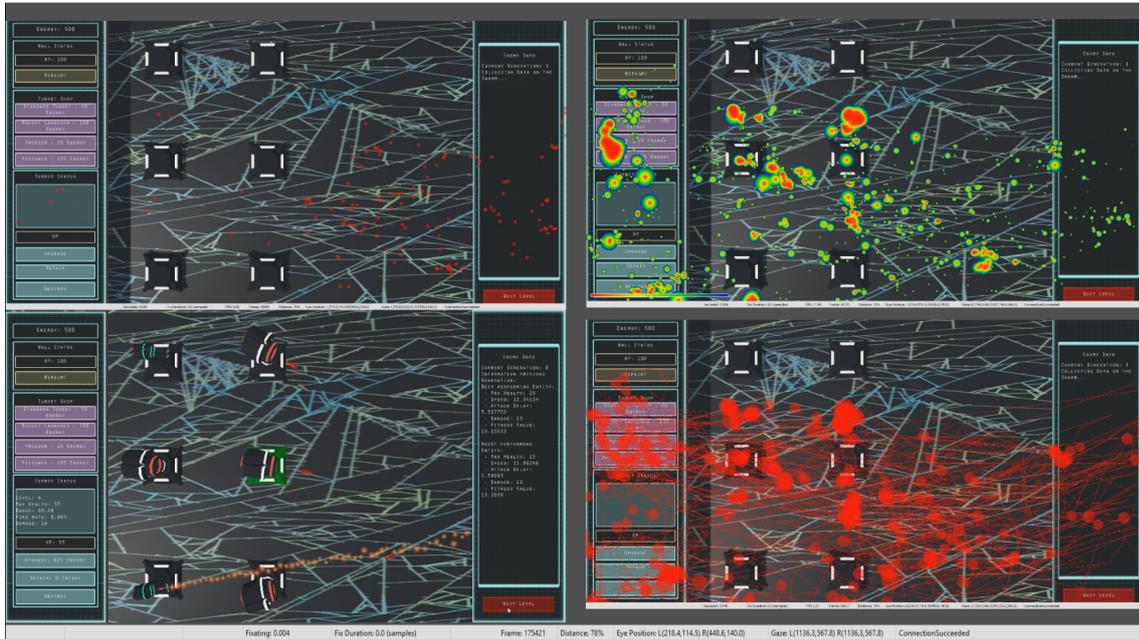


Abbildung 4.7: Screenshot aus der Aufnahme der Person 3 am Ende des Spiels.

Person 3							
Geschlecht	Alter	Spielerfahrung	T. D. Erfahrung	Spaß	Spieldauer	Brille	Game Flow
männlich	21	wenig	keine	ja	5m 22s	nein	N/A

Tabelle 4.8: Gesammelte Daten der Person 3

Anhand von den Eye-Tracking Visualisierungen und der Aufnahme des Spiels ist hier erkennbar, dass der Eye-Tracker Bewegungen des oberen Randes des Bildschirms nicht aufgenommen wurden. Hier wird vermutet, dass die Versuchsperson eine höhere Körpergröße aufwies und somit über dem Aufnahmewinkel des Eye-Trackers war. Um auszuschließen, dass die Person eventuell nur den oberen Bereich des Bildschirms betrachtete, sollte die Aufnahme des Spiels betrachtet werden. Die Mausposition entspricht nicht dem Gaze Crosshair aus der Visualisierung über der Spielaufnahme. Der Fehler wurde bei den nächsten Versuchspersonen korrigiert, in dem der Bildschirm des Laptops so gekippt wurde, dass der Eye-Tracker einen steileren Winkel aufweisen konnte. Es wurde auf einem zusätzlichen Fenster von Hairball die Position der Augen überprüft, dieses Fenster wurde jedoch nicht zusätzlich mit aufgenommen.

Dieser Fehler fiel auf, als die Aufnahme bereits gestoppt wurde. Eine Kontrolle der Aufnahme während die Versuchsperson spielt, ist dank technischen Limitationen nicht möglich gewesen. Da das Betriebsgerät ein Laptop war und die Lokation der Aufnahme ein Café war, war es nicht möglich, einen zweiten Bildschirm anzuschließen. Das würde dazu führen, dass die Verfasserin den Aufnahmefenster auf den zweiten Bildschirm projizieren könnte, während der Spieler am Hauptbildschirm, dem Laptop, das Spiel spielt.

Somit sind die Eye-Tracking Daten bei diesem Beispiel nicht verlässlich. Anhand von der Aufnahme wird geschätzt, dass der Spieler im Flow war, da auch hier seine Kenntnisse und Fähigkeiten dank Abwesenheit von Erfahrung gering sind. Er fängt langsam an, erreicht einen Moment, der für ihn sehr herausfordernd wird, überkommt ihn langsam und findet danach heraus, dass er Türme upgraden kann. Danach verfliegt für ihn der Game Flow und er stoppt das Spiel. Da keine verlässlichen Eye-Tracking Daten vorhanden sind, kann diese Annahme jedoch nicht bestätigt werden.

Bei Person 4 sind Ähnlichkeiten zu Person 1 zu beobachten, da ähnliche Bereiche betrachtet wurden. Vor allem das Gaze Plot Muster weist Gemeinsamkeiten auf. Person 1 hat den Game Flow nach dem Urteil der Verfasserin ebenfalls nicht erreicht.

Person 5

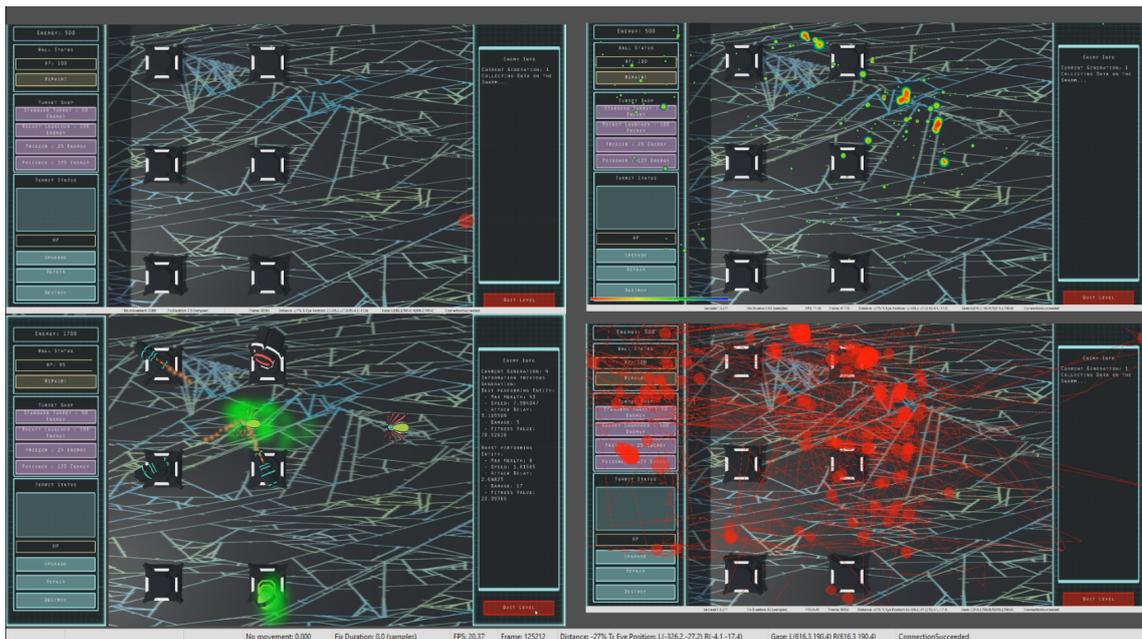


Abbildung 4.9: Screenshot aus der Aufnahme der Person 5 am Ende des Spiels.

Person 5							
Geschlecht	Alter	Spielerfahrung	T. D. Erfahrung	Spaß	Spieldauer	Brille	Game Flow
weiblich	45	keine	keine	eher nein	2m 49s	nein	nein

Tabelle 4.10: Gesammelte Daten der Person 5

Teilnehmerin Nr. 5 ist die älteste Versuchsperson. Sie hat keinerlei Erfahrung mit Videospiele und fühlte sich bei dem Spiel außerhalb ihres Elements. Ihre Visualisierung unterscheidet sich von den anderen, sie erfasst mit ihren Augen ganz andere Bereiche. Den Menüs schenkt sie kaum Beachtung und konzentriert sich eher auf das Spielfeld. Sie upgradet die Türme nicht und erkundet auch das dementsprechende Menü nicht. Sobald sie daran erinnert wird, dass sie das Spiel jederzeit selbstständig beenden kann, beendet sie es.

Game Flow kann hier nicht erkannt werden. Ausschlaggebend ist die schwache Verteilung der Fixationen bei der Spielerin. Sie ist kaum bei den Menüs vorhanden, zeigt auch die geringe Bereitschaft, das Spiel zu erlernen.

Person 6

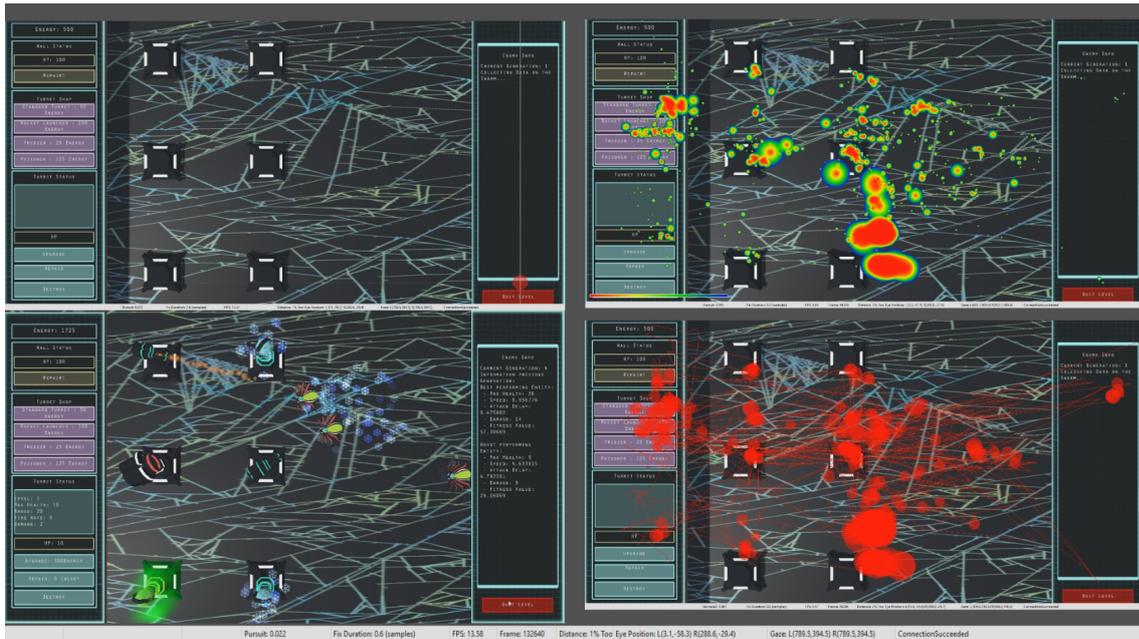


Abbildung 4.10: Screenshot aus der Aufnahme der Person 6 am Ende des Spiels.

Person 6							
Geschlecht	Alter	Spielerfahrung	T. D. Erfahrung	Spaß	Spieldauer	Brille	Game Flow
weiblich	20	wenig	keine	'geht'	2m 42s	nein	nein

Tabelle 4.11: Gesammelte Daten der Person 6

Person 6 zeigt ein ähnliches Verhalten, wie Person 5. Sie ist klar nicht im Flow, sie konzentriert sich kaum auf Menüs und als sie die Upgrade - Funktion der Türme für sich entdeckt, ist sie bereits so weit aus dem Flow, dass sie das Spiel kurz darauf beendet.

Ein interessanter Faktor bei dieser Person ist unter anderem, dass diese Person auf die Frage, ob sie Spaß hat, mit "geht" antwortet. Das hinterlässt Raum zur Interpretation. Eventuell traut sich nicht jede Versuchsperson zu sagen, "Dieses Spiel

macht mir keinen Spaß". Viele Spieler können zu schüchtern sein, um ihre Meinung zu sagen. Deswegen sind tiefgründigere Analysen, zum Beispiel durch Eye-Tracking, besonders wichtig.

Diese Person weist außerdem Differenzen zwischen anfänglicher Distanz zum Eye-Tracker und späterer Distanz. Eventuell liegt es daran, dass die Person sich zuerst auf das Spiel konzentrierte, und nach dem sie Langeweile spürte, sich "zurück lehnte". Dies sind jedoch lose Interpretationen und es liegen keine verlässlichen Daten zur Lage eines Spielers innerhalb und außerhalb des Game Flows.

Person 7

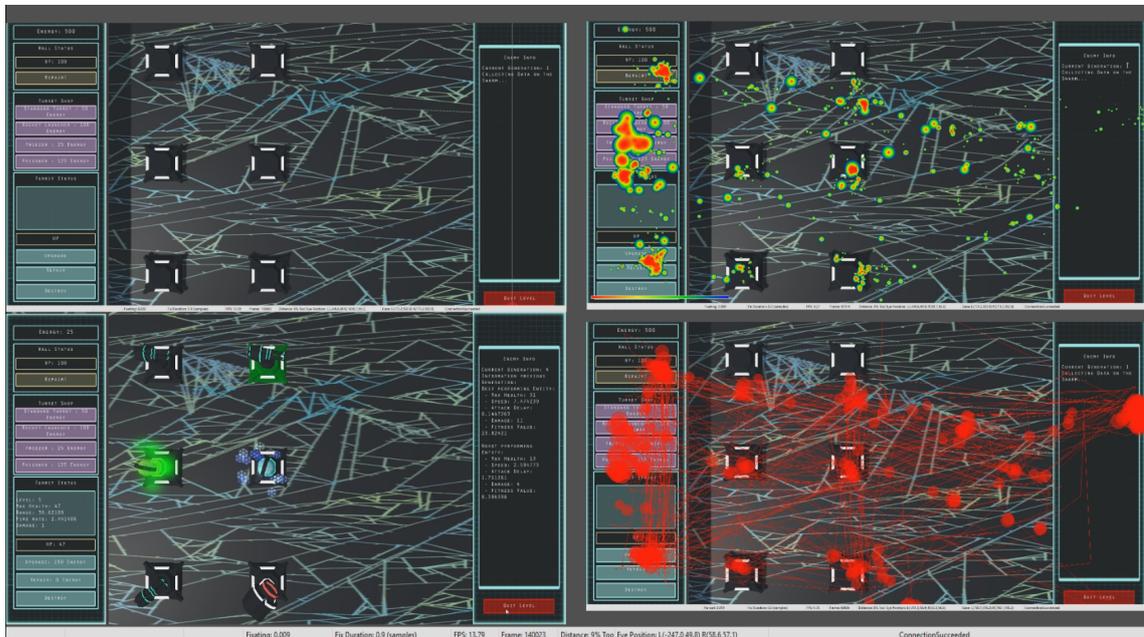


Abbildung 4.11: Screenshot aus der Aufnahme der Person 7 am Ende des Spiels.

Person 7							
Geschlecht	Alter	Spielerfahrung	T. D. Erfahrung	Spaß	Spieldauer	Brille	Game Flow
männlich	16	viel	viel	eher nein	3m 03s	nein	ja

Tabelle 4.12: Gesammelte Daten der Person 7

Person 7 scheint im Flow zu sein, wenn auch nur kurz. Er behält den Überblick über alle Menü-Schaltflächen, über das Spielfeld und überfliegt zwischendurch Informationen über die Gegner, obwohl diese ihm als Spieler nichts bringt. Er entdeckt

schnell die Upgrade - Funktion und führt sie so lange durch, bis seine Türme zu stark sind, um eine Herausforderung aufrecht zu erhalten.

Er versucht eigenständig, den Flow aufrecht zu erhalten, in dem er die Türme so weit wie möglich upgradet. Er hat eine ähnlich lange Spieldauer, wie die Versuchspersonen vor ihm, jedoch zeigt seine Gaze Plot Map viel mehr Aktivitäten. Hier bestätigt sich die Aussage, dass es sich um einen erfahrenen Spieler handelt, der auch Tower Defense Spiele oft angespielt hat und weiß, worauf er achten muss.

Person 8

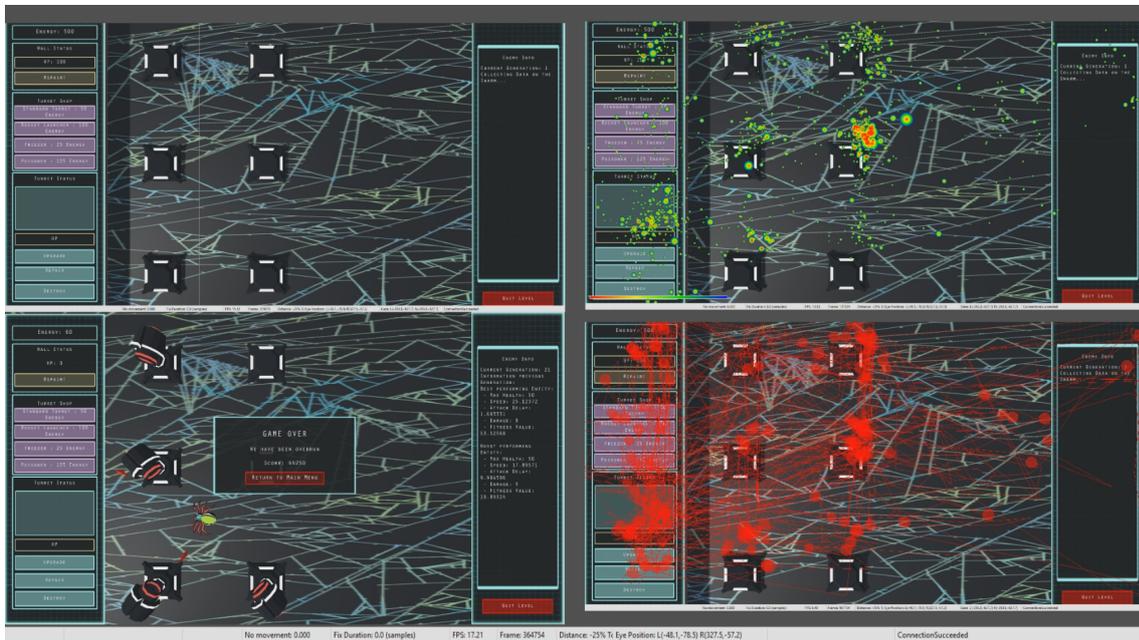


Abbildung 4.12: Screenshot aus der Aufnahme der Person 8 am Ende des Spiels.

Person 8							
Geschlecht	Alter	Spielerfahrung	T. D. Erfahrung	Spaß	Spieldauer	Brille	Game Flow
männlich	11	sehr viel	viel	ja	14m 14s	nein	ja

Tabelle 4.13: Gesammelte Daten der Person 8

Teilnehmer 8 hatte viel Spaß an dem Spiel und erreichte auch ebenfalls den Flow. Dank der Gaze Plots Visualisierung ist eine hohe Aktivität zu entnehmen. Der

Spieler tastete alle Bereiche des Spiels ab, lernte alle Menüs kennen, las Gegnerinformationen durch und schaute in die Richtung, aus der die Gegner kamen. Er wies eine sehr lange Spieldauer auf, was auch daran lag, dass er den Game Flow selbstständig aufrecht erhielt. Er updatete die Türme regelmäßig, zerstörte einige Türme und baute neue auf, die zu dem Gameplay besser passten. Bei ihm ist besonders gut zu erkennen, dass er sehr strategisch handelte und seine Visualisierung der Gaze Plots eine Art Gitter formt. Die drei verschiedenen Menübereiche werden betrachtet, so wie die 6 Turmsockel, auf die der Spieler die Türme platzierte. Außerdem sind große Bereiche von langen Fixationen kaum vorhanden. Das wird vor allem auf der Heatmap deutlich. Der erfahrene Spieler bleibt also nicht lange an einem Punkt.

Dieser Spieler war, genau so wie Person 9, sehr begeistert von dem Spiel. Er hat so lange gespielt, bis er verloren hatte. Da es sich um einen jungen Spieler handelt, waren eventuell seine Fähigkeiten nicht sehr hoch und deswegen machte ihm die geringe Herausforderung keine Probleme. Er hat den Game Flow so lange aufrecht erhalten, bis der Algorithmus sich so entwickelte, dass er stark genug war, den Spieler zu besiegen. Dies ist nur bei Person 8 und bei Person 9 vorgekommen.

Person 9

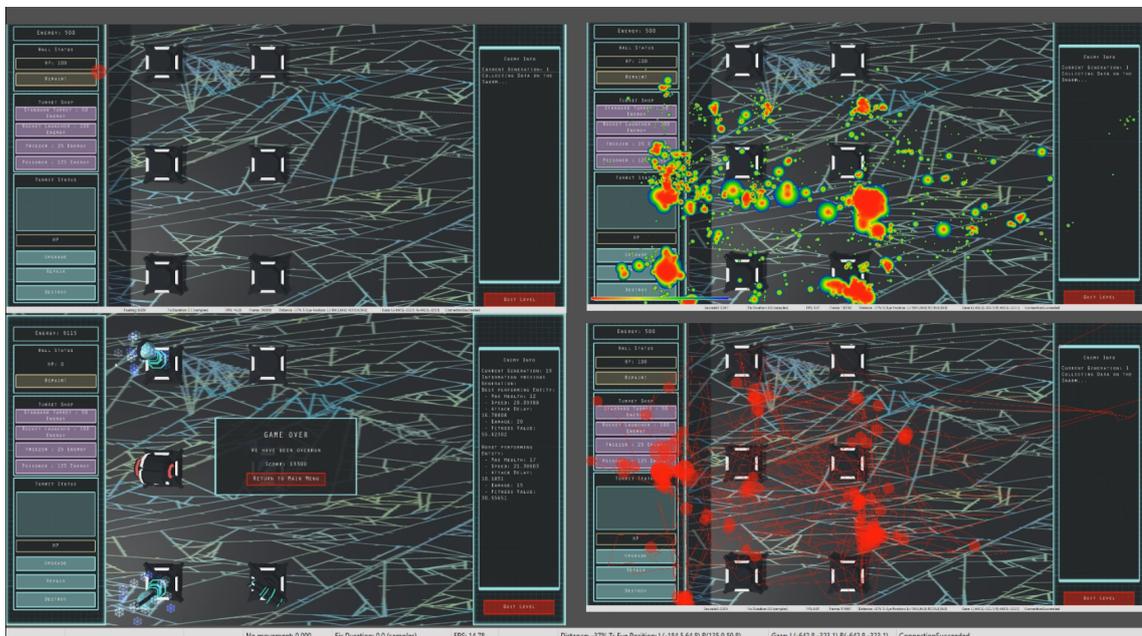


Abbildung 4.13: Screenshot aus der Aufnahme der Person 9 am Ende des Spiels.

Person 9							
Geschlecht	Alter	Spielerfahrung	T. D. Erfahrung	Spaß	Spieldauer	Brille	Game Flow
weiblich	8	wenig	keine	ja	14m 01s	ja	ja

Tabelle 4.14: Gesammelte Daten der Person 9

Versuchsperson 9 war die jüngste Teilnehmerin. Hier ist der Vergleich zur Person 8 sehr interessant. Beide haben eine sehr ähnliche Spielzeit, fanden das Spiel beide begeisternd, aber weisen sehr unterschiedliche Erfahrungslevel im Genre und mit Videospielen auf. Die Spielerin verliert das Spiel zuerst, weil sie Zeit braucht, bis sie das Spielprinzip versteht. Danach verhält sie sich ähnlich wie Person 8. Nachdem sie die Herausforderung durch ihre Fähigkeit ausgleichen konnte, kommt sie in den Flow. Das Spiel wird nach und nach zu einfach für sie und theoretisch sollte sie aus dem Flow kommen. Doch die Spielerin zeigt deutlich längere Spielzeit als viele andere Teilnehmer. Sie spielt weiter, weil sie ein gutes Gefühl bekommt, dass sie mit der Herausforderung fertig wird. Ihre Fähigkeiten sind zwar gering, jedoch sind sie gering genug, dass die niedrige Herausforderung für sie hoch genug bleibt. Sie lässt sich auch während des Spiels oft durch andere Faktoren ablenken und lehnt sich auch für kurze Zeit zurück, jedoch sieht es so aus, als würde die Spielerin den Flow freiwillig aufrecht erhalten. Das könnte daran liegen, dass Kinder oft offener gegenüber Videospielen und anderen Dingen sind.

Es ist auch anzumerken, dass diese Person eine Brille hatte. Es ist fraglich, ob das die Ursache dafür ist, dass das Muster der Gaze Plots so anders aussieht, als bei Person 8, obwohl ähnlich lange Spielzeit erreicht wurde. Oder aber es daran liegt, dass die Person wenig Tower Defense Erfahrung mitbringt. Dies ist nicht offensichtlich ersichtlich.

Person 10

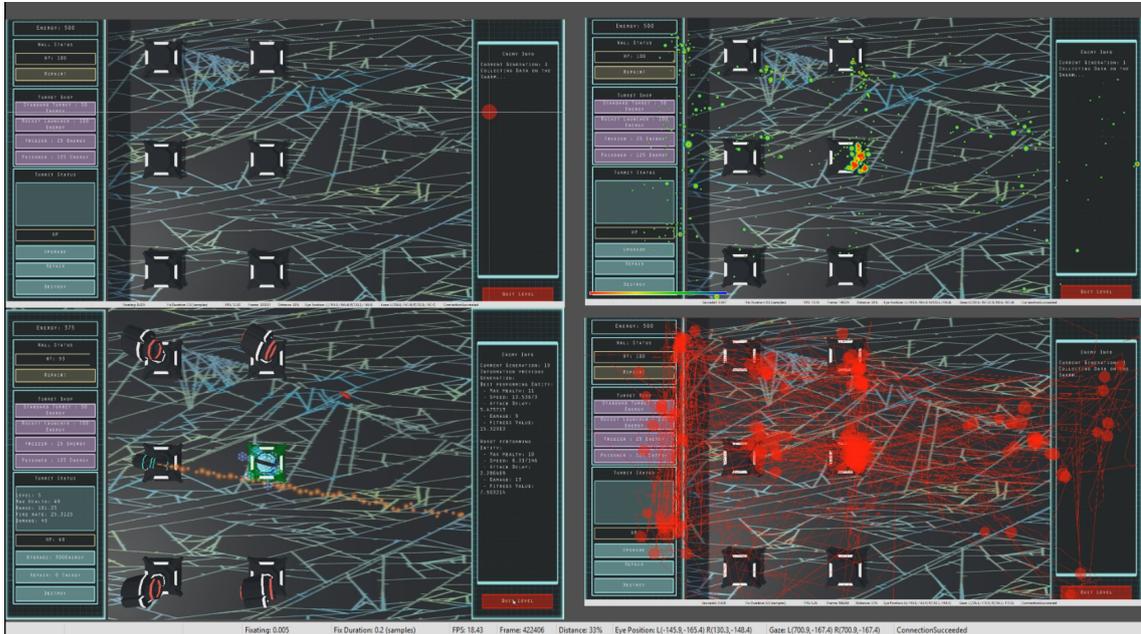


Abbildung 4.14: Screenshot aus der Aufnahme der Person 10 am Ende des Spiels.

Person 10							
Geschlecht	Alter	Spielerfahrung	T. D. Erfahrung	Spaß	Spieldauer	Brille	Game Flow
männlich	27	sehr viel	ja	ja	6m 35s	ja	ja

Tabelle 4.15: Gesammelte Daten der Person 10

Bei der Person 10 ist die Visualisierung sehr ähnlich zu der von Person 8. Beide gaben an, Spielerfahrung und Tower Defense Erfahrung zu haben und bei beiden lassen sich Gemeinsamkeiten erkennen. Wieder ist das gitterförmige Muster vorhanden, das so ausgeprägt nur bei diesen zwei Spielern vorhanden ist. Dieser Spieler ist der klassische Fall von "Game Flow schnell erreicht, schnell das Interesse verloren". Er besitzt genug Zeit, um sich das linke Menü mit Gegnerinformationen anzuschauen und lernt das Spiel im großen Umfang kennen. Er upgradet seine Türme so lange, bis sie zu stark sind und er den Game Flow nicht aufrecht erhalten kann.

Person 10 trägt ebenfalls eine Brille. Ungenauigkeiten können nur vermutet werden, technische Probleme sind nicht aufgefallen.

5 Evaluation

Hier wird auf die technischen Schwierigkeiten eingegangen, die während der Arbeit mit dem Tobii EyeX aufgetreten sind. Außerdem wird auf die Limitationen des Geräts eingegangen, die aufgefallen sind und die großen Einfluss auf die Arbeit mit dem Gerät hatten. Es wird auch auf die gewonnenen Daten aus Kapitel 4 eingegangen und Gemeinsamkeiten und Unterschiede in gewonnenen Erkenntnissen festgehalten, die eventuell eine Analyse ermöglichen.

5.1 Gewonnene Daten

Zu den gewonnenen Daten gehören etwa 1,5 GB von Videos im MP4 - Format, welche die Eye-Tracking Visualisierungen von 10 verschiedenen Personen enthalten. Diese wurden im Kapitel 4.3 aufgeführt und jedes Video wurde einzeln betrachtet und analysiert. Dank diesen Videos kann das Gameplay der Personen zu jedem Zeitpunkt angehalten werden und Daten können ausgelesen werden. Zur Hilfestellung wurden Screenshots zum Ende des Spiels angefertigt und untereinander verglichen. Die Screenshots sind im Kapitel 4.3 für jede Person einzeln gekennzeichnet.

5.2 Gewonnene Erkenntnisse

Im Kapitel 4 wurde die Durchführung von den 10 Probanden dargestellt und ihre Visualisationen der Eye-Tracking Daten untereinander verglichen. Dabei wurden sowohl die Videos, als die Screenshots erwähnt. Folgende Auffälligkeiten konnten festgehalten werden:

- Die zwei Versuchspersonen mit der meisten Spielerfahrung (Person 8 und Person 9) und Erfahrung im Tower Defense Genre zeigten eine sehr ähnliche Struktur der Gaze Plots Visualisierung. Diese unterscheidet sich auch stark

von Spielern, die den Flow nicht erreichen konnten. Die Gitterstruktur, die sich über die Menüs und die Turmsockel verteilt, zeugt von hoher Aufmerksamkeit in den wichtigen Bereichen und keine langen Fixationen.

- Die Länge eines Spiels kann anhand von den End-Screenshots ungefähr bestimmt werden. Es kann klar unterschieden werden zwischen einer Person, die 3 Minuten gespielt hat und einer Person, die 14 Minuten gespielt hat. Anhand der Dichte von Saccaden und Fixationen und aufgrund der Aktivität ist dies möglich. Ist die Spieldauer gering, ist auch die Aktivität dementsprechend kurz.
- Personen, die den Game Flow nicht erreichten, haben andere Fixationspunkte, als diejenigen, die es taten. Sie zeigen lange Fixationen auf und längere Inaktivität, als diejenigen, die dank dem Flow aktiv spielten.
- Versuchspersonen mit Brillen liefern nicht immer genaue und nicht immer verfälschte Ergebnisse. Während es bei einer Person (Person 9) zu hohen Ungenauigkeiten kommen konnte, ist bei Person 10 keine hohe Ungenauigkeit zu erkennen. Dies könnte daran liegen, dass es verschiedene Arten von Brillen gibt und diese verschiedene Einflüsse auf die Messung haben können.
- Es ist schwierig, Daten zu interpretieren. Vorgänge zu verstehen ist nur möglich, wenn das Video live angeguckt wird. Interpretationen aufgrund von Screenshots sind möglich, lassen aber weniger Raum für Interpretation offen.
- Eine wichtige Erkenntnis für die Messung für Game Flows mit Eye-Tracking sind "Areas of Interest". Das sind Bereiche, die für den Spieler wichtig sind. Bei "Evolutionary" wären das die drei Bereiche in dem User Interface auf der linken Seite des Spielfelds und die sechs Sockel für die Türme. Werden diese Bereiche systematisch mit den Augen abgetastet und ergibt sich ein Gitternetzmuster wie bei Person 8 und 10. Hier ist die Wahrscheinlichkeit hoch, dass der Spieler im Flow war.

Außerdem ist Zeit ein ausschlaggebender Faktor für den Game Flow. Je länger die Spielzeit, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass der Spieler den Game Flow erreicht hat. Hierbei gibt es Ausnahmen, vor allem wenn es sich um eine geringe Spielzeit handelt. Bei einer längeren Spielzeit ist die Abwesenheit des Flows eher unwahrscheinlich.

5.3 Technische Schwierigkeiten und Limitationen

Eye-Tracking in der Form, so wie sie in dieser Bachelorarbeit vorgestellt wurde, ist eine junge Technologie. Tobii EyeX ist einer der ersten Game Controller seiner Art. Deswegen gibt es sowohl noch Komptabilitäts- als auch Genauigkeitsprobleme, die aufgefallen sind. Es wird in diesem Punkt auf Ungenauigkeiten des Geräts eingegangen, auf die Kalibration, auf die Anwendung und die Verbindungsprobleme, die von dem USB Hub verursacht wurden.

5.3.1 USB-Hub

Es gab einige Schwierigkeiten am Anfang der Arbeit mit dem Tobii EyeX Tracker. Nach dem ersten Auspacken und dem Downloaden und Installieren der Software, wurde festgestellt, dass das Gerät sich nicht mit dem Computer verbinden ließ. Es blinkte auf, aber die Software erkannte das Gerät nicht und zeigte Fehlermeldungen an, die den User zu dem Help Center des Herstellers verwiesen.

Nach vielen Recherchen wurde herausgefunden, dass das System nur an USB3.0 - Hubs funktionierte und einige Hersteller nicht von dem System erkannt werden. Asmedia USB-Hubs werden laut der Homepage von Tobii Eye Tracking von dem System nicht anerkannt. Da aber nicht überprüft werden konnte, welche Art von USB-Hubs in dem eingesetzten Arbeits-Notebook eingebaut wurden, war unbekannt, ob dieses Problem die Kommunikationsschwierigkeiten mit dem System verursachte. Es hätte auch ein Problem mit dem Betriebssystem, mit der Software, mit dem Kabel des Geräts oder mit einem internen Schaden in dem Eye-Tracking System, sein können.

Es bestand die Möglichkeit, ein neues Gerät zu bestellen, doch das Tobii EyeX war im Internet nicht erhältlich. Der Nachfolger des Geräts konnte nur bestellt werden. Der Verfasserin ist aufgefallen, dass viele Amazon-Käufer mit dem Gerät ein USB 3.0 Kabel bestellt haben. Dieses Kabel war ein Standard USB 3.0 Verlängerungskabel. Da das Kabel schnell lieferbar war und im Vergleich zu einem komplett neuen System günstig war, wurde es bestellt und daraufhin festgestellt, dass Tobii EyeX mit diesem funktionierte. Nach dem Anschließen des Kabels leuchteten die LED's des Geräts dauerhaft und die Software erkannte es. Ab diesem Zeitpunkt war es möglich, mit dem Gerät zu arbeiten und es das erste Mal in Betrieb zu nehmen.

Es ist nicht leicht, nachzuvollziehen, welche USB Hubs ein Computer aufweist. Sie sind oft im Inneren verbaut und während ein Besitzer oft weiß, welche Grafikkarte oder Prozessor in einem Gerät verbaut sind, ist es bei den USB-Hubs oft nicht der Fall. Dies ist auch viel schwerer zu überprüfen. Das Betriebssystem zeigt in der Systemsteuerung keinerlei Hinweise auf den Hersteller der USB Hubs. Intel wird als Hersteller angegeben. Bestanden die Komptabilitätsprobleme also wegen dem Hersteller der USB-Hubs, oder hat Tobii EyeX generell Probleme mit der Verbindung? Das könnte erklären, warum der Tobii EyeX nicht mehr erwerbbar ist und stattdessen sein Nachfolger, "Tobii Eye Tracker 4C" auf dem Markt vorhanden ist.

5.3.2 Einschränkung der Funktion

Eine Einschränkung war die Tatsache, dass Tobii EyeX nicht den Diameter der Pupille messen kann. Das können viele andere Eye-Tracker und diese Funktion hätte viele Einsichten in die Emotionen und Erlebnisse der Versuchspersonen ermöglicht. Im Kapitel 2.4 wird beschrieben, welche Informationen aus der Veränderung des Durchmessers der Pupille auszulesen sind.

Die Speicherung von Daten war ebenfalls nicht möglich, weswegen auch die Vorbereitung eines Toolchains notwendig war. Viele Programme, die für das Aufnehmen oder Visualisieren von Eye-Tracking Daten nötig waren, waren mit dem Gerät entweder nicht kompatibel, oder erforderten weitere Programme, die unnötig kompliziert, kostenpflichtig oder nicht zugänglich waren.

Da Tobii EyeX ein Gerät für das Steuern von Videospielen entwickelt wurde. Dementsprechend wurden diese Spiele so modifiziert, dass Ungenauigkeiten bei der Steuerung von dafür entwickelten Spielen mit diesem Gerät so wenig wie möglich auffallen. Die Ungenauigkeiten fallen unterschiedlich aus. Der Verfasserin ist, je nach Umstand eine Ungenauigkeit zwischen 1-3cm aufgefallen. Das Gerät erkennt einige Bereiche auf dem Bildschirm schlecht. Vor allem in den Ecken des Bildschirms wird die Eingabe durch die Augen nicht erkannt, stattdessen findet die Eingabe 1-2cm von dem beabsichtigtem Bereich statt. Dieses Problem tritt nicht immer auf und lässt sich dadurch beheben, dass der Benutzer seine Eingabe immer wieder korrigiert. Das bedeutet, dass die Augen immer wieder den Punkt fokussieren, an dem die Eingabe gewünscht ist. Diese Methode trägt jedoch nicht zu einer genauen Messung bei, sondern zu einem unangenehmen User Erlebnis.

Das in der Tobii EyeX Software integrierte Tool "Gaze Trace" ermöglicht es, den Eingabebereich der Augen visuell auf dem Bildschirm anzuzeigen. Ein etwa 3 cm im Durchschnitt großer Kreis bewegt sich mit den Augenbewegungen mit und zeigt dadurch den Ort auf dem Bildschirm des Computers an, auf dem sich die Augen des Benutzers gerade konzentrieren. Daher war es möglich, einen ungefähren Standort mit einer Ungenauigkeit anzuzeigen. Der Anzeigekreis jedoch, der einen transparenten Rand besitzt, wird dem User ständig angezeigt. Da Augen zucken und sich oft schnell und ruckartig bewegen, wirken die Bewegungen des Anzeigekreises lästig und viel zu schnell - die Verfasserin bekam beim längerem ersterem Benutzen des Gaze Trace Kopfschmerzen und leichte Übelkeit.

5.3.3 Kalibration

Während die Kalibration in Tobii - eigener Software möglich war, war eine Kalibration mit dem Programm Hairball nicht möglich. Sie funktionierte nicht. Deswegen konnte die Kalibration für jeden einzelnen Spieler vor der Aufnahme nicht durchgeführt werden. Ob eine Kalibration in der Tobii - Software zu Genauigkeiten bei Hairball führen würde, war ungewiss. Außerdem war es nicht möglich, die Kalibration in der Tobii EyeX Software durchzuführen, während Hairball bereits Visualisierungen aufzeichnete. Dies würde das Ergebnis erheblich verändern. Deswegen war mit Ungenauigkeiten bezüglich Kalibrationsschwierigkeiten zu rechnen. Da jede Versuchsperson unterschiedlich groß ist, sind die Augenpositionen immer anders. Es wurde immer darauf geachtet, dass Tobii EyeX auf die Versuchspersonen gerichtet war und der Bildschirm des Laptops wurde zur Korrektur gekippt, sodass dass die Augen des Spielers immer erfasst wurden. Dies ist bei Hairball leicht zu erkennen, da es zusätzlich ein Fenster liefert, das die Position der Augen der Versuchsperson beschreibt. Aus unbekanntem Gründen wurde dieses zusätzliche, kleine Fenster nicht vom OBS Studio aufgenommen, jedoch kann gesagt werden, dass Hairball die Augenpositionen auch ohne einer Kalibration gut genug erfasst. Nur sollte hier mit geringen Ungenauigkeiten gerechnet werden.

5.3.4 Aufbau

Während der Aufbau für die Studie der Hardware simpel ist und nur wenige Minuten in Anspruch nimmt, ist der Aufbau der Software komplex und erfordert viel Vor-

arbeit. Dank der Funktionsweise von OBS Studio, muss jedes Fenster von Hairball streng nacheinander geöffnet und hinzugefügt werden, sonst erkennt das Programm nur ein Fenster von Hairball und bildet dieses viermal ab. Es erforderte viel Zeit, bis das Toolchain so optimiert wurde, dass es für die Studie funktionierte. Dieses Verfahren ist umständlich und schwer zu erklären. Vielmehr ist ein Praxisbeispiel notwendig, um das Verfahren zu erklären. Außerdem dürfen die Hairball - Fenster nicht minimiert werden (Abbildung 5.1). Sie dürfen nur von anderen Fenstern verdeckt werden, müssen aber aktiv bleiben.

5.3.5 Visualisierung

Während einige Visualisierungen, wie Gaze Plots, sehr gut funktionieren, sehen Heatmaps in Hairball in dem Aufbau für die Studie nicht gut aus. Sie zeigen nur kleine Punkte an, die meistens so sehr gestreut sind, dass es schwer ist, nachzuvollziehen, ob es eine geglückte Visualisation ist, oder nicht. Die Gründe sind nicht bekannt, es wird jedoch vermutet, dass es an der Performance des Laptops liegen konnte. Vier verschiedene Hairball Fenster mit verschiedenen Visualisierungen, ein OBS Studio Fenster, das fünf verschiedene Fenster gleichzeitig aufnimmt, so wie ein Spiel, das im Vordergrund läuft und von einer Versuchsperson gespielt wird, das alles stellt eine hohe Belastung für den Laptop dar.. Außerdem verbraucht der Betrieb des Tobii EyeX ebenfalls Arbeitsspeicher - Ressourcen. Somit konnte der Computer einer der Gründe sein, warum die Heatmap - Visualisierungen weniger "geglückt" sind. Da die Verfasserin bereits einen sehr leistungsstarken Laptop besitzt, stellt sich die Frage, welche Werte ein ideales Gerät aufweisen sollte.

Ein anderer Grund für dieses Aussehen könnte die Tatsache sein, dass Hairball nicht die beste Heatmap Visualisierung besitzt. Der Benutzer hat keine Möglichkeit der Einstellung bezüglich der Länge einer Fixationen, die der User aufweisen muss, bis diese kenngzeichnet werden. Deswegen ist es schwer nachzuvollziehen, ob es sich hier um einen Fehler, oder um eine Darstellungsart handelt.

Hairball hat auch die Möglichkeit, Saccaden, Fixationen und andere Augenbewegungen sich als einen Graph anzeigen zu lassen. Die Anzeige ist allerdings sehr unübersichtlich und schaffte keine neuen Erkenntnisse, deswegen diese bei der Aufnahme weggelassen wurden.

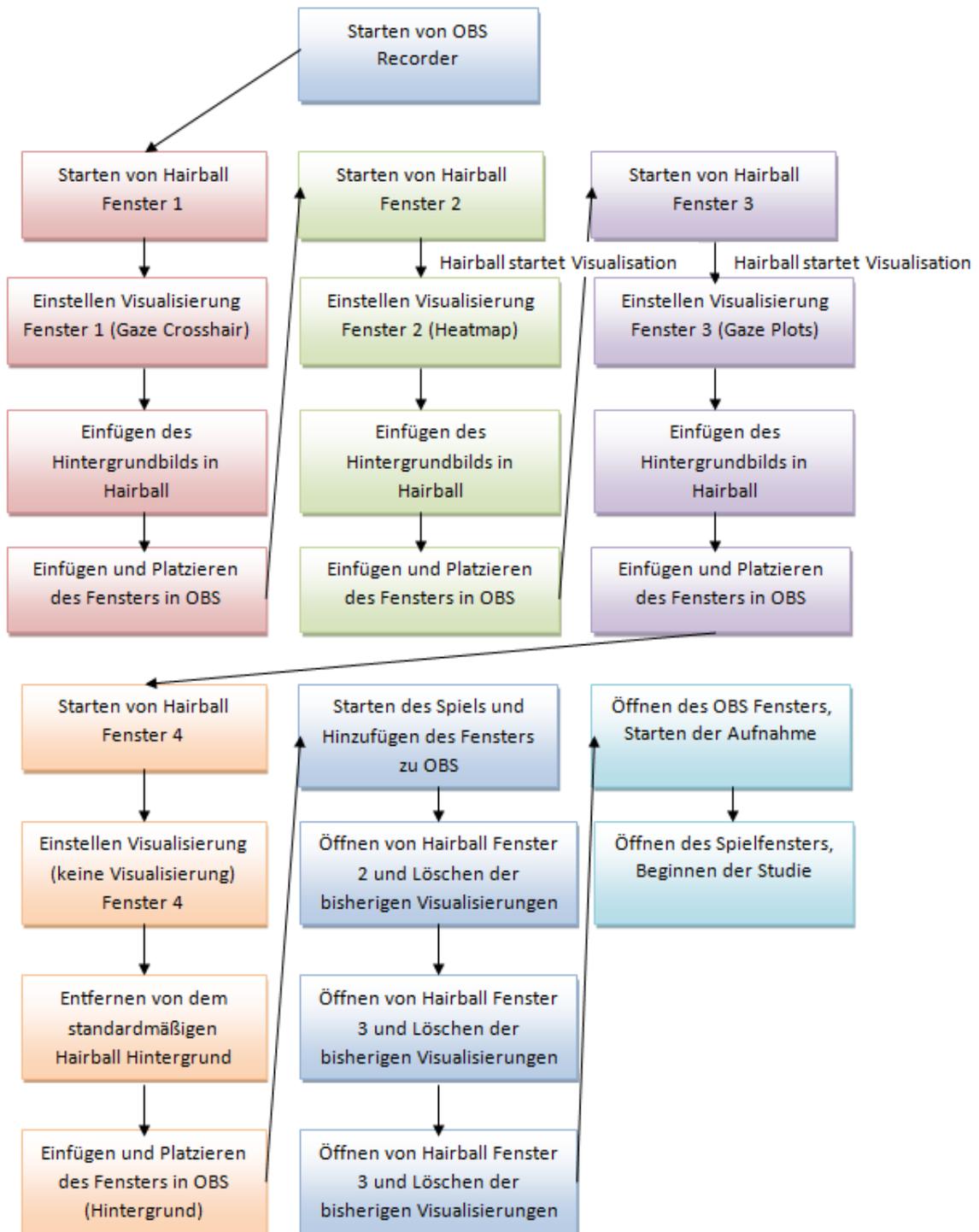


Abbildung 5.1: Die Vorbereitung der Software, wie in Kapitel 4.3 beschrieben. Es müssen sehr viele Schritte befolgt werden, damit der Software - Aufbau funktioniert.

6 Zusammenfassung und Ausblick

Die Verfasserin hat sich in dieser Bachelor-Arbeit mit der Theorie von Flow, Game Flow, Eye-Tracking und dem Tower Defense Genre beschäftigt. Sie schaffte sich eine Basis an notwendigem Wissen, das sie bei dieser Studie weiter bringen konnte. Sie plante eine Toolchain zur Analyse eines Tower Defense Spiels mithilfe von Eye-Tracking und führte Messungen mit 10 Versuchspersonen durch. Sie analysierte die Daten und kam zu mehreren Erkenntnissen.

Die Verfasserin ist nach dieser Studie davon überzeugt, dass dank dem Tobii EyeX interessante Einblicke in den Game Flow von Versuchspersonen möglich sind. Sie konnte durch die Analyse Gemeinsamkeiten aus Spielerverhalten extrahieren und neue Erkenntnisse in diesem Bereich sammeln.

Doch die Verfasserin konnte auch sehr viele Fehlerquellen erkennen, deren Beseitigung ihr nicht möglich war. Außerdem ist das Aufbauen des Toolchains sehr umständlich, erlaubt wenige Fehler und das Ergebnis ist schwer zu überprüfen. Es erfordert noch immer einen Urteil von einer Person, die eventuell in den Game Design des Spiels verwickelt war oder etwas von Game Design versteht. Auch hier kann die Bewertung sehr intuitiv sein und es wurde keine technische Lösung für diese Bewertung gefunden.

Zurzeit gibt es wenige Alternativen, die es erlauben, schnell und unkompliziert den Game Flow mittels Eye-Tracking zu messen und zu bewerten. Die Tobii Pro Systeme und Software könnte eine gute Alternative darstellen, da sie bereits professionelle Software besitzen, die für Analysen erstellt wurde. Außerdem ist Eye-Tracking, wie bereits in der Theorie besprochen, kein gutes Tool für allein stehende Analyse und wird am besten durch andere Analysearten ergänzt. Um zu verstehen, ob ein Spieler den Game Flow erreicht, ist mehr notwendig als die aktuelle Position seiner Augen auf dem Bildschirm. Die Analyse durch einen Game Designer Die Verfasserin kann den Tobii EyeX nicht für eine sichere und allein stehende Analyse der Gegebenheit von Game Flow empfehlen.

Literaturverzeichnis

- [AB18a] Tobii AB: *Business Units and Fields of Use*, 2018, URL: <https://www.tobii.com/group/about/business-units-and-fields-of-use/>, besucht am 17.09.2018.
- [AB18b] Tobii AB: *Tobii Pro Learning Center*, 2018, URL: <https://www.tobiipro.com/learn-and-support/learn>, besucht am 12.09.2018.
- [AG17] Peter J. Bex-Guido Maiello Agostino Gibaldi, Mauricio Vanegas: *Evaluation of the Tobii EyeX Eye tracking controller and Matlab toolkit for research*, *Behavior Research Methods*, Bd. 49(3):S. 923–946, 6 2017.
- [AHS15] Núria Gorgorió-Lluís Albarracín Aura Hernández-Sabaté, Meritxell Joanpere: *Mathematics learning opportunities when playing a Tower Defense Game*, *International Journal of Serious Games*, Bd. 13(4):S. 57–71, 10 2015.
- [Asa04] Kiyoshi Asakawa: *Flow Experience and Autotelic Personality in Japanese College Students: How do they Experience Challenges in Daily Life?*, *Journal of Happiness Studies*, Bd. 5(2):S. 123–154, 6 2004.
- [BKK18] Pronova BKK: *Flow – und die Arbeit macht Spaß!*, 2018, URL: <https://www.pronovabkk.de/flow-und-die-arbeit-macht-spass>, besucht am 13.09.2018.
- [Csi00] Mihaly Csikszentmihalyi: *Beyond Boredom and Anxiety: Experiencing Flow in Work and Play*, Bd. 1 von 1, Jossey-Bass, 1 Aufl., 3 2000, ISBN 9780787951405, 25th Anniversary Edition.
- [Csi08] Mihaly Csikszentmihalyi: *Flow: The Psychology of Optimal Experience*, Bd. 0, (Harper Perennial Modern Classics), 1 Aufl., 7 2008, ISBN 9780061339202.

- [Duc07] Andrew Duchowski: *Eye Tracking Methodology, Theory and Practice*, Bd. 1 von 1, Springer-Verlag London, 2. Aufl., 2007, ISBN 9781846286087.
- [Kos13] Ralph Koster: *Theory of Fun for Game Design*, Bd. 1 von 1, O'Reilly and Associates, 2. Aufl., 11 2013, ISBN 9781449363215.
- [Mar17] Andrzej Marczewski: *Gamification Lessons from Candy Crush and Soda Saga*, 2017, URL: <https://www.gamified.uk/2017/10/19/gamification-lessons-candy-crush-soda-saga/>, besucht am 07.10.2018.
- [MC16] Kiyoshi Asakawa Mihaly Csikszentmihalyi: *Universal and Cultural Dimensions of Optimal Experiences, The Construction of Culture-Inclusive Approaches in Psychology*, Bd. 58(1):S. 4–13, 1 2016, editor: Akira Tsuda and Guest Editor: Kwang-Kuo Hwang.
- [o.V15] o.V.: *Eye-Tracking*, Juli 2015, URL: <https://www.e-teaching.org/didaktik/qualitaet/eye>, besucht am 11.09.2018.
- [Ray09] Keith Rayner: *The 35th Sir Frederick Bartlett Lecture: Eye movements and attention in reading, scene perception, and visual search*, *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, Bd. 62(8):S. 1457 – 1506, 8 2009.
- [SA14] Roland Goecke Michael Wagner Sharifa Alghowinem, Majdah AlShehri: *Exploring Eye Activity as an Indication of Emotional States Using an Eye-Tracking Sensor*, *Intelligent Systems for Science and Information*, Bd. 58(542):S. 261–276, 2014, extended and Selected Results from the Science and Information Conference 2013.
- [Sal13] Toni Sala: *Game Design Theory Applied: The Flow Channel*, Dez. 2013, URL: http://www.gamasutra.com/blogs/ToniSala/20131208/206535/Game_Design_Theory_Applied_The_Flow_Channel.php?print=1, besucht am 05.09.2018.
- [Sch14] Jesse Schell: *The Art of Game Design: A Book of Lenses*, Bd. 1 von 1, A K Peters/CRC Press, 2. Aufl., 11 2014, ISBN 9781466598645.

- [SKL13] Chia-Ming Chang Steven K.C. Lo, Huan-Chao Keh: *A Multi-agents Coordination Mechanism to Improving Real-time Strategy on Tower Defense Game*, *Journal of Applied Sciences*, Bd. 13(5):S. 683–691, 2013.
- [WL16] Christina Tsangouri Zhigang Zhu Wei Li, Farnaz Abtahi: *Towards An "In-The-Wild" Emotion Dataset Using a Game-Based Framework*, *The IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) Workshops*, Bd. 1(1):S. 75–83, 2016.
- [Woo18] Jonathan Wood: *The Computer - Stephen Hawkins*, 2018, URL: <http://www.hawking.org.uk/the-computer.html>, besucht am 16.09.2018.

Anhang

Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig angefertigt, nicht anderweitig zu Prüfungszwecken vorgelegt und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel verwendet habe. Sämtliche wissentlich verwendete Textausschnitte, Zitate oder Inhalte anderer Verfasser wurden ausdrücklich als solche gekennzeichnet.

Mittweida, den 8. Oktober 2018

Irina Hasanow