



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg  
*Hamburg University of Applied Sciences*

## **Bachelorarbeit**

Dominik Charousset

Eignungsuntersuchung von Eyetracking als zusätzliche  
Interaktionstechnik in Computerspielen

Dominik Charousset

Eignungsuntersuchung von Eyetracking als zusätzliche  
Interaktionstechnik in Computerspielen

Bachelorarbeit eingereicht im Rahmen der Bachelorprüfung

im Studiengang Technische Informatik  
am Studiendepartment Informatik  
der Fakultät Technik und Informatik  
der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Betreuender Prüfer: Prof. Dr. rer. nat. Kai von Luck  
Zweitgutachter: Prof. Dr. rer. nat. Gunter Klemke

Abgegeben am 15. August 2008

**Dominik Charousset**

**Thema der Bachelorarbeit**

Eignungsuntersuchung von Eyetracking als zusätzliche Interaktionstechnik in Computerspielen

**Stichworte**

Eyetracking, Computerspiele, Videospiele

**Kurzzusammenfassung**

Wii Remote, EyeToy, Wii Balance Board: Spielen sollte einfach sein. Leicht erlernbare, intuitive Interaktionstechniken erobern derzeit den Computerspielemarkt. Sehen ist sowohl einfach, als auch intuitiv. Diese Arbeit beschäftigt sich mit den Möglichkeiten, die Eyetracking für Computerspiele bietet und geht der Frage nach, ob sich die Technologie für einen Einsatz in Computerspielen eignet.

**Dominik Charousset**

**Title of the paper**

Suitability investigation of eye tracking as additional interaction technology in video games

**Keywords**

Eye Tracking, Video Games

**Abstract**

Wii Remote, EyeToy, Wii Balance Board: to play should be simple. Easy to learn interaction technologies capture the market. To see is both simple and intuitive. This thesis explores the possibilities of eye tracking as interaction mode for video games.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>6</b>
1.1	Motivation . . . . .	6
1.2	Zielsetzung . . . . .	7
<b>2</b>	<b>Grundlagen Computerspiele</b>	<b>8</b>
2.1	Point of View . . . . .	8
2.1.1	Objektiver PoV . . . . .	8
2.1.2	Subjektiver PoV . . . . .	10
2.1.3	Semi-Subjektiver PoV . . . . .	11
2.2	Erwähnte Genres . . . . .	12
2.2.1	Ego-Shooter / First-Person-Shooter . . . . .	12
2.2.2	Shoot 'em up . . . . .	13
2.2.3	Rollenspiel / RPG . . . . .	13
2.3	Immersion . . . . .	13
2.4	Kategorisierung . . . . .	14
2.4.1	Casual Games . . . . .	14
2.4.2	Core- & Hardcore Games . . . . .	15
2.4.3	Serious Games . . . . .	16
2.4.4	Zwischenfazit . . . . .	16
<b>3</b>	<b>Interaktionsmedien in Computerspielen</b>	<b>18</b>
3.1	Mental Model im Bezug auf Interaktionsmedien . . . . .	18
3.2	PC- und Konsolenspielemarkt . . . . .	19
3.3	Klassische und historische Eingabemedien . . . . .	20
3.4	Aktuelle Entwicklungen . . . . .	23
3.4.1	Eye Toy . . . . .	23
3.4.2	Wii Remote . . . . .	24
3.4.3	Wii Balance Board . . . . .	25
<b>4</b>	<b>Eyetracking als zusätzliche Interaktionstechnik in Computerspielen</b>	<b>26</b>
4.1	Motivation . . . . .	26
4.2	Funktionsweise eines Eyetrackers . . . . .	27
4.3	Verwendete Hardware . . . . .	29
4.4	Interaktion mit Eyetracking . . . . .	31
4.4.1	Problemstellung . . . . .	31
4.4.2	Eyetracking als ergänzendes Interaktionsmedium zu Gamepads . . . . .	31
4.5	Eingesetzte Software zum Auswerten der Eyetrackingdaten . . . . .	32

---

<b>5</b>	<b>Beispielhafte Integration in Computerspiele</b>	<b>34</b>
5.1	Eyetracking in Computerspielen mit subjektivem PoV . . . . .	34
5.2	Verwendete Spiele . . . . .	35
5.2.1	NeHe . . . . .	35
5.2.2	Neverwinter Nights . . . . .	35
5.3	Versuchsaufbau und Steuerung . . . . .	36
5.4	Versuchsablauf . . . . .	37
5.5	Erwartete Resultate . . . . .	39
5.6	Ergebnisse . . . . .	40
5.7	Diskussion . . . . .	41
<b>6</b>	<b>Abschlussdiskussion</b>	<b>45</b>
6.1	Probleme beim Einsatz von Eyetracking . . . . .	45
6.2	Immersion und Eyetracking . . . . .	45
6.3	Konzeptionelle Bewertung der Versuche . . . . .	46
6.4	Aussichten . . . . .	47

# 1 Einleitung

Computerspiele sind heute fester Bestandteil unserer Unterhaltungskultur geworden und insbesondere für die jüngere Generation, die bereits mit PC- und Konsolenspielen groß wurde, sind sie ein fester Teil der Freizeitbeschäftigung.

Der Markt für Computerspiele wächst stetig und moderne Systeme ermöglichen ein Spielen mit annähernd fotorealistischer Grafik. Doch nicht nur die Optik wurde konsequent weiterentwickelt. Waren früher Gamepads noch klobige Knochen mit einem Steuerkreuz und vier Tasten, werden heutige Konsolen mit Gesten, Gewichtsverlagerungen und Plastik-Gitarren gesteuert. Dabei macht das Phänomen Computerspiel auch vor dem Alter keinen Halt. Längst gehört virtuelles Bowling auch zur Bewegungstherapie in Altersheimen.

Doch jedes Computerspiel ist nur so gut, wie sein Steuerungskonzept. Was nützt einem Spieler eine filmreife Spiel Landschaft mit einer zu Tränen rührenden Geschichte, wenn er kaum in der Lage ist die komplexe Steuerung zu meistern?

Zwar schwört noch heute ein Großteil der weltweiten Spielergemeinschaft auf die sogenannten Gamepads, doch setzen sich mittlerweile auch alternative Technologien am Markt durch. Eingabegeräte wie die *Wii Remote*, *Eye Toy* oder das *Wii Balance Board* vermitteln ein völlig neues Spielerlebnis vor dem heimischen Fernseher und erschließen neue Kundenkreise.

Und natürlich stellt sich für die Hersteller die Frage, welche Technologien es Wert sind weiter erforscht zu werden und welche Konzepte zukunftsfähig sind. Eine denkbare Technologie der Zukunft ist das sogenannte Eyetracking, mit dessen Möglichkeiten sich diese Arbeit beschäftigt.

## 1.1 Motivation

Computerspiele sind mehr, als Beschäftigung für Kinder. Sie sind zu einem festen Bestandteil unserer Medienkultur geworden. Die Umsätze der Computerspieleindustrie sind mit denen der Filmindustrie Hollywoods durchaus vergleichbar. Auf einem so großen Markt bedarf es weit mehr als ständiges Aufkochen der selben Ideen. Die Gemeinde der Spieleentwickler stellt heute einen Großteil der fähigsten KI<sup>1</sup>-Experten, Interface-Designern, Netzwerkspezialisten und nicht zuletzt 3D Grafikern (Sawyer, 2002, S. 1).

---

<sup>1</sup>Künstliche Intelligenz

In den letzten Jahren kam verstärkt noch ein weiterer Aspekt hinzu: intuitive Bedienkonzepte. Spielen soll einfach sein.

Und was ist einfacher als sehen? Ist Eyetracking eine Zukunftstechnologie, die wir schon bald auf dem Massenmarkt sehen werden? Oder ist Interaktion durch Anschauen zu unnatürlich?

Eyetracking wird heute in erster Linie für Usability-Tests genutzt. Dabei hat die Technik viel Potential.

## 1.2 Zielsetzung

In dieser Arbeit soll evaluiert werden, ob Eyetracking sich als Interaktionsmedium für den Einsatz in Videospiele eignet. Dabei gilt es primär folgende Fragen zu beantworten:

- Ist die Technologie ausgereift und alltagstauglich?
- Wie reagieren Spieler auf die neue Art der Interaktion?

Diese Arbeit soll keine empirische Studie zur Verwendung von Eyetracking in Videospiele sein. Vielmehr soll eine qualitative Auswertung gezielter Anwendungsszenarien erfolgen. Ziel ist es, eine Aussage darüber treffen zu können, ob die Technologie für den Einsatz in Videospiele geeignet ist und ggf. soll hier der Grundstein für tiefergehende Arbeiten in diesem Themenbereich gelegt werden.

## 2 Grundlagen Computerspiele

Computerspiele haben viele Charakteristika, anhand derer man sie unterscheiden kann. Für diese Arbeit sollen nur die für das Verständnis der Arbeit wichtigen Eigenschaften definiert werden. Dazu gehören der Point of View (die Perspektive der Darstellung), eine grobe Übersicht über Genres und eine generelle Kategorisierung von Videospielen.

Diese Kategorisierung anhand von Spielarten ist hilfreich, da jede Kategorie eine andere Art von Spielern anspricht, die auch in Hinsicht auf Eingabemedien unterschiedliche Ansprüche haben.

### 2.1 Point of View

Möchte man untersuchen, inwiefern Eyetracking eine Zukunftstechnologie für den Computerspielermarkt ist, stellt sich zuerst die Frage: Was *sieht* der Spieler? Der Blickpunkt des Spielers – sein *Point of View* – gibt uns Aufschluss darüber, wie wir Eyetracking einsetzen können, um die Steuerung für den Spieler zu verbessern.

#### 2.1.1 Objektiver PoV

Der objektive PoV präsentiert alle Geschehnisse in der fiktionalen Welt von außen.

Nach Mitrys Beschreibung liegt er vor, wenn

“the camera records the drama, movement, or action from an angle capable of giving the best possible description of the events being filmed. The point of view is quite simply the best suited for an accurate rendering of the action, and the camera remains as impersonal as possible.” (Mitry, 1998, S. 218)

Bei Spielen wie z.B. *Pong* (1972), *Space Invaders* (1978, Abb. 1) oder *Tetris* (1989) wird dem Spieler durch eine Aufsicht die gesamte Spielwelt gezeigt. Der Spieler sieht alle Objekte mit denen er interagieren kann und die Kameraposition bleibt statisch.





Abbildung 1: Space Invaders

In Jump 'n Run Spielen, wie z.B. *Super Mario Bros.* (1985, Abb. 2), verschiebt sich die Kamera immer mit dem dargestellten Avatar, so dass er sich stets in der Bildmitte befindet. Durch diesen horizontalen Scrolling Screen wird der Avatar in seinem Handlungsraum präsentiert. Es wird nicht mehr die gesamte Spielwelt dargestellt, sondern nur der Teilausschnitt, der zum aktuellen Zeitpunkt relevant ist.



Abbildung 2: Super Mario Bros.

Zu den klassischen Genres, die einen objektiven PoV nutzen, zählen Grafik-Adventures (z.B.

*Blade Runner* (1997)), Simulationen (z.B. *SimCity* (1989)) und Strategiespiele (z.B. *Command & Conquer* (1995)).

### 2.1.2 Subjektiver PoV

Der subjektive PoV präsentiert alle Geschehnisse aus der Sicht des Avatars selbst. In dieser Perspektive wird kein Avatar visualisiert<sup>2</sup>.

Dem Spieler soll auf diese Weise suggeriert werden, dass er "in der Haut" des Avatars steckt. Für den Spieler entsteht so das Gefühl sich *in* der fiktionalen Welt zu befinden und so auch z.B. von hinten angegriffen werden zu können. Somit verringert sich die Distanz zum Spielgeschehen, da der Spieler keinen (mehr oder weniger autonom) handelnden Avatar mehr sieht, sondern selbst zum Handelnden in der fiktionalen Spielwelt wird.

Nach Mirty zeichnet sich ein subjektives Bild dadurch aus, dass die Kamera die Position einer filmischen Figur einnimmt und ihren Blick übernimmt. In einem Film führe ein beständig angewendetes subjektives Bild zu Verwirrung, da die Zuschauer über das Subjekt, durch dessen Augen sie sehen, nichts wissen und nie zu Gesicht bekommen (Mitry, 1998, vgl. S. 209-211).

Auf Computerspiele übertragen, muss ergänzt werden, dass das Spiel sich üblicherweise nicht die gesamte Spieldauer über im subj. PoV befindet, sondern das Spielgeschehen von Videosequenzen (sog. *Cut Scenes*) unterbrochen, bzw. begleitet wird, in denen der Spieler die Hintergründe und Handlungsmotive des Avatars erfährt.

Populär wurde der subjektive PoV vor allem in Ego-Shootern (siehe 2.2.1) wie z.B. *Doom* (1993), *Quake* (1996) und *Half Life* (1998, Abb. 3).

---

<sup>2</sup>Meist wird jedoch am unteren Bildrand die Hand und/oder eine Waffe, die der Avatar derzeit in Händen hält, dargestellt.



Abbildung 3: Half Life

### 2.1.3 Semi-Subjektiver PoV

Beim semi-subjektiven PoV (oft auch Verfolgerperspektive genannt) befindet sich die Kamera in der Regel stets hinter dem Avatar und folgt ihm bei all seinen Bewegungen.

“The semisubjective (or *associated*) image. Retaining all the attributes of the descriptive image, the associated image adopts the viewpoint of a particular character who, objectively described, occupies a special position in the frame (close shot, mid-shot, or right in the foreground). The camera follows him wherever he goes, acts like him, sees with him and at the same time.” (Mitry, 1998, S. 218)

Im Gegensatz zum subjektiven PoV ist der Avatar als handelnde Person zu sehen, jedoch ist die Kamera an seine Bewegungen gebunden und an einem imaginärem Punkt hinter ihm fixiert. Im Vergleich zum objektiven PoV sieht man nicht von außerhalb der fiktionalen Welt auf sie “herab”. Durch die Visualisierung des Avatars entsteht ein größerer Abstand zum Spielgeschehen, als dies bei einem subjektiven PoV der Fall ist, da beim Spielenden nicht das Gefühl auftritt, selbst der Handelnde zu sein.



**Abbildung 4:** Semi-subj. PoV in *Gothic 2* (2002)

## 2.2 Erwähnte Genres

Stärker als in anderen Medien, wie z.B. Spielfilmen, sind die Genres der Videospiele durch die Art der Interaktion und Spielmechanismen geprägt. Die hier präsentierte Liste enthält ausschließlich die in dieser Arbeit erwähnten Genres und dient nur dem Verständnis der vorliegenden Arbeit.

### 2.2.1 Ego-Shooter / First-Person-Shooter

Ego-Shooter nutzen zur Darstellung des Spielgeschehens den subjektiven PoV – also die “Ego”-Perspektive – und der Spielverlauf ist durch den Kampf mit verschiedenen Schusswaffen geprägt. Der Spieler bewegt sich dabei in einer dreidimensionalen Welt, in der er viele

verschiedene Arten von Gegnern bekämpfen muss. Der Erfolg des Spielers hängt maßgeblich von seiner Reaktionszeit und Geschicklichkeit ab.

### 2.2.2 Shoot 'em up

Im weitesten Sinne ist jedes Spiel, in dem der Spieler eingeschränkte Bewegungsfreiheit hat und mit Schusswaffen eine große Zahl von Zielen treffen muss, ein Shoot 'em up. Dabei wird immer der objektive PoV genutzt. Beispiele für Shoot 'em ups sind Spiele wie *Moorhuhn* (1999), das auf eine Visualisierung eines Avatars verzichtet und *Space Invaders* (1978), in dem der Spieler ein Raumschiff am unteren Bildrand steuert, das er nach rechts/links bewegen kann.

### 2.2.3 Rollenspiel / RPG

Rollenspiele (oder auch RPG aus dem englischen für *Role Playing Game*) zeichnen sich durch eine meist komplexe Handlung in einer fiktionalen Spielwelt aus, in der der Spieler mit seinem Avatar meist die Rolle eines Helden einnimmt. Dabei steht neben der Handlung die Entwicklung der Fähigkeiten des Avatars im Vordergrund. Meist wird bei der Darstellung der objektive- oder semi-subjektive PoV genutzt. Spiele wie *Neverwinter Nights* (2002) lassen den Spieler sogar entscheiden welche der beiden Perspektiven er bevorzugt. Auch der subjektive PoV wird von einigen Rollenspielen angeboten, wie z.B. *The Elder Scrolls III: Morrowind* (2002), jedoch ist er unüblich, da die Identifizierung und Interaktion mit dem Avatar ein wesentlicher Bestandteil der Rollenspiele ist.

## 2.3 Immersion

Immersion bezeichnet das Eintauchen in die fiktionale Spielwelt.

“The concept of immersion has been considered in many contexts but it is most commonly used, for software, when talking about virtual reality and games. (...) Game reviews mention immersion as related to the realism of the game world or to the atmospheric sounds. Immersion is also said to have depth.” (Brown und Cairns, 2004, S. 1)

Zur Immersion tragen nicht nur realistische Umgebungsgeräusche und Spieltiefe bei, sondern auch die Art der Interaktion. Eine unnatürliche, kompliziert zu bedienende Steuerung zwingt den Spieler sich auf das *Wie* bei der Interaktion zu konzentrieren, statt in das Spielgeschehen einzutauchen.

## 2.4 Kategorisierung

Die hier vorgestellte Kategorisierung soll hilfreich sein, um zu verstehen, welches Publikum welche Ansprüche hat, die man bei neuartigen Interaktionstechniken beachten muss.

### 2.4.1 Casual Games

*Casual Games* sind:

“Games that generally involve less complicated game controls and overall complexity in terms of gameplay or investment required to get through game.” (idga, 2006, S. 6)

Sie richten sich üblicherweise an ein Publikum, das nicht dazu bereit ist, vor Spielbeginn ein Handbuch zu lesen, bzw. Zeit damit zu verbringen, sich im Spiel (z.B. mit Tutorials) die Steuerung anzueignen. Daher zeichnen sich *Casual Games* durch eine sehr einfache, intuitive Steuerung aus und haben eine einfache oder gar keine Spielhandlung<sup>3</sup>. Im Gegensatz zu klassischen Computerspielen, die darauf ausgelegt sind, dem Spieler eine möglichst lange Spielmotivation zu bieten, sind sie sehr schnell erlernbar und in kurzen Zeitabschnitten (z.B. auch während den Arbeitspausen) spielbar.

Dabei sind *Casual Games* zwar nicht auf ein bestimmtes Genre festgelegt, aber “The top-selling casual genres today are Puzzle, Mah Jong, Sudoku, Casual-Action games, Word games, plus Card & Board games.” (idga, 2006, S. 14)

Auch auf dem Konsolenmarkt versuchen die Anbieter verstärkt *Casual Games* anzubieten. Insbesondere Nintendo, die mit Spielen wie *Dr. Kawashimas Gehirn-Jogging* (2006), *Wii Sports* (2006) und *Wii Fit* (2008) versuchen neue Käufergruppen zu erschließen. Auch Sony (Playstation 3) und Microsoft (XBox 360) bieten für ihre Konsolen *Casual Games* über ihre Onlineportale zum Kauf an.

---

<sup>3</sup>Gemeint ist hier eine dramaturgische Handlung im klassischen Sinne, die beispielsweise Puzzlespiele nicht aufweisen können.

### 2.4.2 Core- & Hardcore Games

Für diese beiden Kategorien von Spielen gibt es in der Literatur keine fest definierten Begriffe. Häufig wird *Hardcore Game* als Antonym zu *Casual Game* benutzt, jedoch wird ein Spiel der Bezeichnung *Hardcore Game* noch nicht gerecht, nur weil es kein *Casual Game* ist, wie wir im Folgenden sehen werden.

Im *2006 Casual Games White Paper* (idga, 2006, S. 9) wird die Spielekategorisierung über die Definition ihrer Zielgruppe erreicht:

“Hardcore Gamer: Gamers who typically play high-action, extremely competitive games that require a greater degree of involvement or dexterity in order to progress.

Core Gamer: Gamers who typically play games with a steeper learning curve or games that require some level of deeper involvement or complex tactical challenges.

Casual Gamer: Gamers who play games for enjoyment and relaxation rather than games with steep learning curves or requiring high levels of commitment or involvement.”

Der Übergang zwischen den beiden Spielarten ist dabei fließend und schwer zu bestimmen. Trotzdem ist sie hilfreich, um auch in Hinblick auf Komplexität einen Maßstab für Videospiele zu haben. Ein *Hardcore Game* erfordert von seinem Spieler eine hohe Investition an Zeit und Motivation. Ein komplexes und umfangreiches Spiel benötigt nicht selten eine nicht weniger komplexe oder zumindest schwer zu meisternde Steuerung.

Ein gutes Beispiel für *Hardcore Games* sind MMORPGs<sup>4</sup> wie z.B. *World of Warcraft* (2004), in denen der Spieler einen wesentlichen Teil der Spielzeit damit verbringt die Fähigkeiten und die Ausrüstung seines Avatars zu verbessern. Tut er dies nicht, so ist ein Weiterkommen in der fiktionalen Welt nicht oder nur sehr eingeschränkt möglich.

Die Gruppe der *Core Games* schließlich lässt sich schwer eingrenzen, da sie die Mitte zwischen *Casual Games* und *Hardcore Games* bilden und es auf den Maßstab ankommt, den man zur Abgrenzung anlegt. Da es in der Literatur keinen klaren Konsens darüber gibt, wann ein Spiel nicht mehr *Casual* ist und ab wann ein Spiel als *Hardcore* einzustufen ist, soll folgende Definition im Rahmen dieser Arbeit genügen: Ein *Core Game* setzt voraus, dass der

---

<sup>4</sup>Massively Multiplayer Online Role-Playing Games, Rollenspiele, die von einer sehr großen Anzahl an Spielern gleichzeitig (und zusammen) online gespielt wird.

Spieler bereit ist Steuerung und Strategie zu erlernen (im Gegensatz zu *Casual Games*, die von ihrer Einfachheit leben), ermöglicht aber auch dem Gelegenheitsspieler erfolgreich zu sein<sup>5</sup>.

### 2.4.3 Serious Games

*Serious Games* sind nicht allgemeingültig definiert. Man versteht darunter Spielesoftware, die nicht nur der Unterhaltung dienen, sondern in denen ein Inhalt spielerisch vermittelt werden soll.

Je nach thematischem Inhalt und erwünschtem Nutzen gibt es dabei mehrere Arten zu unterscheiden (Napitupulu, 2008, vgl. S. 17-19):

- **Advergaming:** Werbespiele
- **Edutainment:** Lernspiele für Kinder/Jugendliche
- **Edumarket Games:** Spiele, die sowohl Werbe- als auch Lerninhalte vermitteln sollen
- **Diverted Games / News Games:** Spiele über aktuelle politische/geopolitische Themen
- **Simulation Games:** Spiele, die Aspekte der Realität zur Veranschaulichung simulieren.

*Serious Games* werden im folgenden Teil der Arbeit nicht weiter untersucht. Da der Begriff *Serious Game* ein Sammelbegriff für viele verschiedene Spielarten ist, lassen sich keine allgemeingültigen Aussagen treffen.

### 2.4.4 Zwischenfazit

Jede Art von Spiel hat eine eigene Zielgruppe, deren Erwartungen ein Spiel erfüllen muss. Spielen ist eine Freizeitaktivität. Wenn ein Computerspiel sich nicht erwartungskonform verhält, es also nicht "funktioniert", wird der Spieler sich einer anderen Freizeitaktivität hingeben.

---

<sup>5</sup>Je nach Spiel kann dies das Erreichen und Bewältigen des letzten Levels sein, oder Freispielen aller Spielinhalte.



Jedoch muss man unterscheiden, was "funktionieren" für die einzelnen Zielgruppen bedeutet.

Spieler von *Hardcore Games* beherrschen ihre Interaktionsmedien und nutzen in Spielen alle zur Verfügung stehenden Möglichkeiten, wie z.B. Shortkeys<sup>6</sup> und konfigurieren (falls möglich) die Steuerung nach ihren Vorstellungen, um im Spiel maximal erfolgreich zu sein.

Wer jedoch Spiele für den *Core-* oder *Casual Game* Markt entwickelt, muss sein Zielpublikum gut kennen und wissen, was sein Publikum erwartet. Insbesondere die Zielgruppe für *Casual Games* möchte von einem Spiel in erster Linie unterhalten werden. Dazu muss es leicht zugänglich und schnell erlernbar sein.

---

<sup>6</sup>Bestimmte Tasten oder -kombinationen, mit denen auf bestimmte Funktionen innerhalb des Spiels schnell, bzw. schneller zugegriffen werden kann.

## 3 Interaktionsmedien in Computerspielen

In diesem Kapitel soll ein Überblick über heute vorhandene Technologien zur Interaktion gegeben werden. Um aktuelle Entwicklungen besser einordnen zu können, soll hierzu ein Einstieg in Mental Model und die damit verbundenen Überlegungen zu Eingabegeräten gegeben werden, sowie eine Einordnung von PC- und Konsolenspielemarkt.

### 3.1 Mental Model im Bezug auf Interaktionsmedien

Ein Mental Model (zu Deutsch: mentales Modell) ist die Repräsentation eines Gegenstandes oder eines Prozesses im Bewusstsein eines Lebewesens. Der Begriff wurde von Johnson-Laird und Byrne entwickelt und wird u.a. in der Psychologie verwendet. Für diese Arbeit wird das mentale Modell nur im Zusammenhang mit Interaktionsmedien betrachtet.

“In interacting with the environment, with others, and with the artifacts of technology, people form internal, mental models of themselves and of the things with which they are interacting. These models provide predictive and explanatory power for understanding the interaction.” Gentner und Stevens (1983)

Im Bezug auf Interaktionsmedien hängt das mentale Modell stark mit der Erwartungshaltung zusammen. Durch die äußere Form eines Eingabemediums hat der Benutzer ein Bild dessen, welche Funktionen das Gerät (technologisches Artefakt) hat und wie er das Gerät bedienen muss.

So gibt es z.B. für die *Wii Remote* (siehe Kap. 3.4) Aufsätze, die ihm die Form von Tennisschlägern geben (Abb. 5). Spielt man nun ein Tennisspiel, muss man dem Spieler nicht mehr erklären, wie er das Eingabegerät zu bedienen hat, da er durch die Formgebung bereits ein mentales Modell seiner Funktionsweise hat.



**Abbildung 5:** Tennisaufsatz für Wii Remote [Logic3 (2008)]

### 3.2 PC- und Konsolenspielemarkt

Der Spielmarkt ist ein Massenmarkt und Computerspiele werden für ein möglichst großes Zielpublikum ausgelegt.

Für den PC-Markt bedeutet dies, dass die zur Verfügung stehenden Eingabegeräte (Maus und Tastatur) genutzt werden und keine separate Hardware zum Spielen nötig ist. Zwar bieten einige Titel eine Steuerung mittels Gamepad an, jedoch ist dies immer optional.

Anders verhält es sich auf dem Konsolenmarkt.

Dort hat der Konsolenhersteller es selbst in der Hand, welche Eingabegeräte er beilegen, bzw. verkaufen möchte. Im Gegensatz zum PC-Markt bestimmt also der Spielhersteller zugleich die Hardware<sup>7</sup>.

Eine weitere Besonderheit bei Konsolen ist, dass eine vorhandene, am Markt befindliche Hardware nicht mehr nachträglich verändert werden kann. Bei PCs ist es möglich einzelne Komponenten, wie z.B. die Grafikkarte, auszutauschen und somit das System auf einen aktuellen Entwicklungsstand zu bringen.

Konsolen werden hingegen als geschlossene Systeme verkauft. In regelmäßigen Abständen (meist mehrere Jahre) entwickeln die Konsolenhersteller eine komplett neue Generation, mit neuer Hardware, die sie dann auf den Markt bringen um ihr Vorgängermodell abzulösen.

---

<sup>7</sup>Natürlich entwickeln auch andere Firmen Spiele für eine Konsole und nicht nur der Hersteller selbst. Für Dritthersteller ist die Verbreitung der Hardware - und damit das erreichbare Publikum - der entscheidende Faktor.

Diese Generationswechsel können die Hersteller gezielt nutzen, um ihren Konsolen neue Eingabegeräte beizulegen. Da die Hardware für den Massenmarkt produziert wird, lohnen sich auch hohe Entwicklungskosten für neuartige Konzepte. In vielen Fällen wurden in der Vergangenheit sogar Verluste beim Verkauf der Konsole selbst hingenommen, um mit einem Teil der Einnahmen durch verkaufte oder lizenzierte Spielesoftware die Hardware zu refinanzieren. Dieses Vorgehen lohnt sich, so lange man mit der Subventionierung der Hardware eine große Verbreitung am Markt erreichen kann und somit durch verkaufte Spiele hohe Einnahmen erzielt. Für eine Neuentwicklung von neuartigen Steuerungsgeräten (wie z.B. spieletauglichen Eye-trackern) wäre dies ein Weg die (Entwicklungs-) Kosten wieder einzuspielen.

Um eine neue Technologie am Massenmarkt zu verkaufen, benötigt man eine sehr große Stückzahl und vor allem (Spiele-) Software, die das Potential der neuen Technologie ausschöpft.

Da Konsolenhersteller frei über ihre Hardware bestimmen, ihre Spiele dafür optimieren können und den Massenmarkt ansprechen, setzen sich neue Interaktionskonzepte eher am Konsolen- als am PC-Markt durch.

### 3.3 Klassische und historische Eingabemedien

Populär wurden Videospiele in den 70er Jahren als Arcade-Spielautomaten. Zum Starten des Spiels warf der Benutzer Münzgeld in den Automaten. Je nach Spiel traten zwei Personen gegeneinander an, oder der Spieler konnte versuchen, sich in der Highscoretabelle des Automaten zu verewigen.

Das erste kommerziell erfolgreiche Videospiele war *Pong* (1972, Abb. 6 und Abb. 7), bei dem zwei Spieler gegeneinander in einem tennisähnlichen Spiel antraten. Gesteuert wurde das Spiel über zwei Drehknöpfe (sogenannte Paddles), was das übliche Eingabemedium

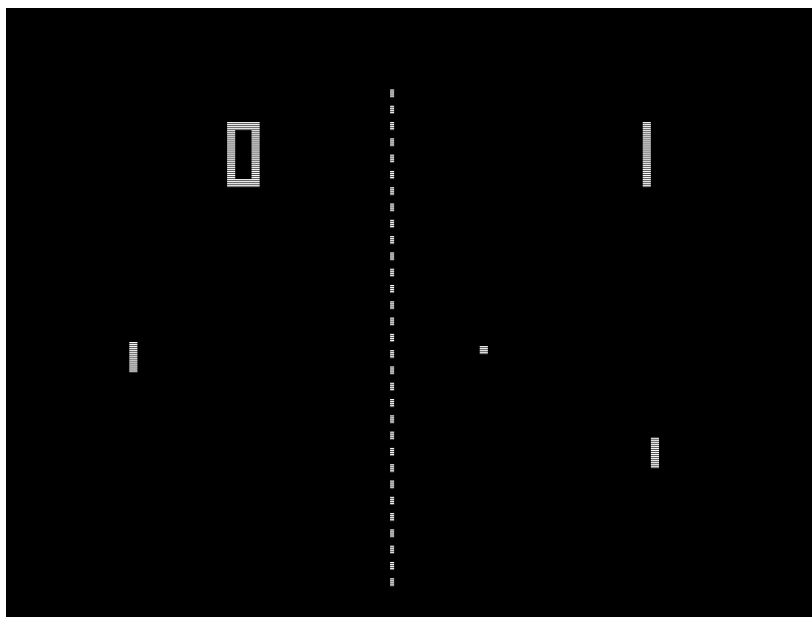


**Abbildung 6:** Pong Spielautomat [Atari (1972)]

für Spielautomaten dieser Zeit war.

Bis heute gemein ist allen Spielautomaten, dass sie für einen ganz bestimmten Titel ausgelegt sind. Die Steuerung erfolgt immer über Eingabegeräte, die exakt auf die Bedürfnisse des Spiels zugeschnitten sind. So findet der Spieler bei Rennsimulationen Pedale und Lenkrad vor, vergleichbar zu realen Rennwagen (Teils sogar mit Gangschaltung). Automatenshooter werden üblicherweise mit Plastikpistolen gesteuert. Der Avatar<sup>8</sup> bewegt sich dabei in der Regel selbstständig durch die fiktionale Welt, so dass der Spieler sich ausschließlich auf das Zielen und Schießen konzentrieren kann.

Auch wenn Automaten durchaus interessante Möglichkeiten bieten, so ist der Markt dafür im Vergleich zu Konsolen- und PC-Spielen relativ klein, weshalb sie in dieser Arbeit erwähnt, aber nicht weiter behandelt werden.



**Abbildung 7:** Pong [Wikipedia (2006b)]

Da die Spielehersteller für PC-Spiele keinen Einfluss auf die den Spielern zur Verfügung stehende Hardware haben und ihre Spiele für ein breites Publikum konzipieren, ist es nicht

<sup>8</sup>Häufig wird hier der subjektive PoV genutzt und der Avatar ist demzufolge nicht sichtbar.

praktikabel spezielle Hardware zur Steuerung vorauszusetzen. Die Interaktionsmedien für PC-Spiele heißen daher auch heute noch Maus und Tastatur.



**Abbildung 8:** NES Gamepad [Wikipedia (2006a)]

Die erste mit einem Gamepad ausgelieferte Konsole war 1983 in Japan der Famicom (kurz für *Family Computer*) von Nintendo. Besser bekannt unter dem Namen NES (*Nintendo Entertainment System*), unter dem es seit 1985 weltweit vermarktet wurde. Das NES-Gamepad (Abb. 8) bestand aus vier Tasten und einem Steuerkreuz. Seitdem hat sich an dem Konzept eines Gamepads nicht viel geändert, abgesehen von einer stets steigenden Zahl von Tasten.



**Abbildung 9:** N64 Gamepad [Wikipedia (2005)]

Nintendo selbst führte mit seiner 1996 erscheinenden Konsole N64 (*Nintendo 64*) noch einen Analogstick zum Gamepad hinzu (was inzwischen von allen Konkurrenten übernommen wurde, Abb. 9), mit dem sich feinere Steuerungen realisieren lassen als mit einem Steuerkreuz, das nur vier Kommandos (Oben, Unten, Rechts, Links) versteht und keine Dosierung des Steuerungssignals zulässt.

Insbesondere in 3D Umgebungen hat der Analogstick das Steuerkreuz abgelöst.

## 3.4 Aktuelle Entwicklungen

In den letzten Jahren gab es eine Vielzahl an innovativen Steuerungskonzepten für Computerspiele. Im Folgenden werden nicht alle Neuheiten der letzten Jahre aufgezählt, sondern ein Überblick über neuartige Konzepte gegeben.

### 3.4.1 Eye Toy

EyeToy ist eine 2003 erschienene Kamera, die als Zusatzgerät für Sonys *Playstation 2* erschienen ist.



Abbildung 10: EyeToy [Sony (2008a)]

Mithilfe der Kamera werden die Bewegungen des Spielers aufgezeichnet und in das Spielgeschehen einbezogen. Üblicherweise wird in EyeToy kompatiblen Spielen der Spieler selbst als Handelnder im Spielgeschehen dargestellt.

“The EyeToy® USB camera translates for EyeToy compatible games your body movements into the controller input, to map your face onto in-game characters (...)” Sony (2008b)

Auf diese Weise lassen sich reale Bewegungen zur Interaktion in der fiktionalen Spielwelt nutzen. So gibt es z.B. in *EyeToy Kinetic Combat* (2006) ein Kung Fu Spiel (Abb. 11), in dem der Spieler gegen Ninjas kämpfen muss. Er sieht sich selbst als Handelnden innerhalb der Spielwelt und seine Bewegungen in der realen Welt haben Auswirkungen auf das Spielgeschehen.



Abbildung 11: EyeToy Kung Fu

### 3.4.2 Wii Remote

Bei Nintendo löste die *Wii Remote*<sup>9</sup> bei ihrer neuesten Konsolengeneration *Nintendo Wii* das traditionelle Gamepad ab.

Die *Wii Remote* funktioniert mit einer Infrarotkamera und einem Bewegungssensor.



Abbildung 12: Wii Remote [Nintendo (2008b)]

Mithilfe einer über oder unter dem Fernseher befestigten "Sensorleiste"<sup>10</sup> kann durch das Bild der Infrarotkamera berechnet werden, wohin der Anwender die Fernbedienung richtet.

Der Beschleunigungssensor misst Lage und Bewegung im Raum und ermöglicht es, Spiele mittels Gesten zu steuern. Im Spiel *Wii Sports* (2006)<sup>11</sup> wird so beispielsweise Tennis gespielt, indem der Spieler die Fernbedienung wie einen realen Tennisschläger führt.

<sup>9</sup>Auch kurz *Wiimote* oder zu Deutsch *Wii-Fernbedienung*.

<sup>10</sup>Tatsächlich befindet sich in der Leiste kein einziger Sensor, sondern lediglich Infrarotdioden an beiden Enden der Leiste, die der Infrarotkamera der *Wii Remote* als Orientierungspunkte dienen.

<sup>11</sup>Liegt beim Kauf der Konsole bei und ist nicht separat erhältlich.



### 3.4.3 Wii Balance Board

Das *Balance Board* misst Gewicht und Schwerpunkt des Spielers. Er interagiert, indem er sein Gewicht verlagert oder eine bestimmte Haltung auf dem Board einnimmt.



**Abbildung 13:** Wii Balance Board [Nintendo (2008a)]

In *Wii Fit* (2008)<sup>12</sup> kann der Spieler mit dem Board z.B. Ski und Snowboard fahren oder, durch einen virtuellen Trainer unterstützt, Yoga-Übungen machen.

Da der Spieler beim Spielen mit dem Board die Hände frei hat, bietet es sich an, es mit weiteren Interaktionsmedien zu kombinieren.

---

<sup>12</sup>Liegt beim Kauf des Boards bei.

## 4 Eyetracking als zusätzliche Interaktionstechnik in Computerspielen

In diesem Kapitel wird zunächst vorgestellt, was die Motivation für den Einsatz von Eyetracking in Videospielen ist, wie es funktioniert und wie eine Interaktion mit Eyetracking aussehen könnte. Des Weiteren wird die Software zum Aufbau der Laborversuche vorgestellt und die Problemstellung bei Spielen mit subjektiven PoV diskutiert.

### 4.1 Motivation

Bevor wir Menschen auf etwas zeigen können, müssen wir es erst einmal *anschauen*. Doch was wäre, wenn der Computer bereits wüsste, wo wir gerade hinschauen? Die Geste des Zeigens wäre überflüssig geworden. Eingabemedien, die nur oder primär den Zweck haben auf einen bestimmten Punkt oder ein Objekt zu zeigen (wie z.B. die Computermaus), könnten durch das Eyetracking ersetzt werden. Da wir ohnehin das Objekt, auf das wir zeigen möchten mit unseren Augen fixieren und die Augenmuskulatur zu den schnellsten im menschlichen Körper gehört (Duchowski, 2007), lässt sich durch das Weglassen bisheriger Zeigemedien die Geschwindigkeit zum Selektieren von Objekten erhöhen – vorausgesetzt die Augenbewegungen können ohne Verzögerungszeit vom Computer ausgewertet werden.

Durch das Interpretieren der Augenbewegungen lassen sich zudem neue, realistischere Verhaltensmuster für computergesteuerte Charaktere innerhalb der fiktionalen Spielwelt implementieren. Nehmen wir ein Beispiel aus dem Spiel *Neverwinter Nights*: der NPC<sup>13</sup> – Fürstin Aribeth – signalisiert dem Spieler, dass sie mit ihm sprechen möchte (Abb. 14). Den Dialog muss nun der Spieler durch Anklicken der Fürstin starten, obwohl die Intention für das Gespräch bei Aribeth liegt. Realistischer wäre es, wenn die Fürstin wartet, bis der Spieler bereit ist (nicht in einen Kampf verwickelt oder anderweitig beschäftigt) und er ihr durch Anschauen signalisiert, dass er ihr nun Aufmerksamkeit entgegenbringt und bereit ist, ihr zuzuhören.

---

<sup>13</sup>Non Player Character, aus dem englischen für computergesteuerte Charaktere.



Abbildung 14: Screenshot aus Neverwinter Nights

## 4.2 Funktionsweise eines Eyetrackers

In dieser Arbeit wird ein kontaktloser, videobasierter Eyetracker verwendet, dessen Funktionsweise im Folgenden erklärt werden soll. Darüber hinaus gibt es auch weitere Methoden zum Eyetracking, die hier jedoch nicht besprochen werden sollen, wie z.B. "head mounted" Systeme, die meist vergleichbar einem Helm getragen werden (Abb. 15) und über ein eigenes Display verfügen.

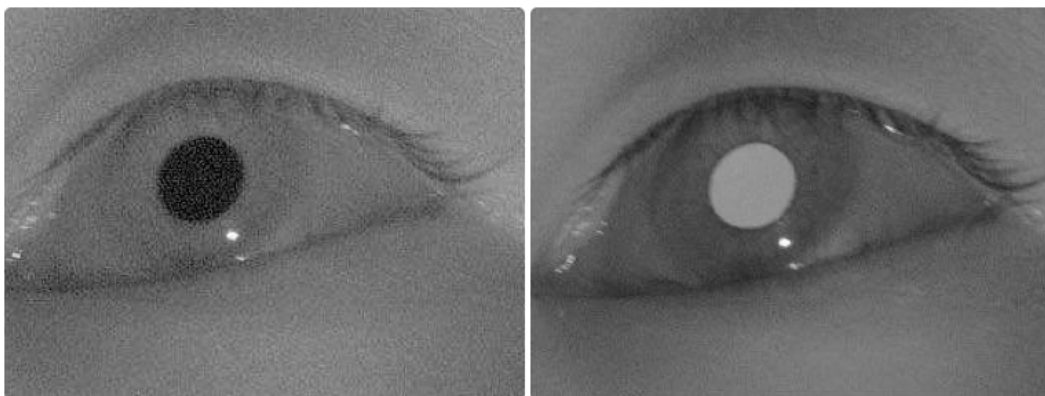


**Abbildung 15:** Head Mounted Eyetracker von NVIS [NVIS (2007)]

In dieser Arbeit wurde sich für einen berührungslosen Eyetracker entschieden, da diese Systeme den Spieler nicht beeinträchtigen und (nach der Kalibrierung) i.d.R. nicht mehr von ihm wahrgenommen werden, bzw. nicht unangenehm beim Spielen auffallen können.

Ein videobasiertes System besteht aus mindestens einer Kamera, die das Bild der Augen aufzeichnet. Aus den aufgezeichneten Bildern wird dann die Blickposition berechnet. Um die Pupillen zuverlässig zu erkennen, beleuchtet man das Auge (i.d.R. mit Infrarotlicht, um den Nutzer nicht zu blenden) mit einer Lichtquelle.

Liegt die Lichtquelle auf der optischen Achse der Kamera, so wird das Licht an der Netzhaut reflektiert und die Pupille erscheint auf dem aufgezeichneten Videobild hell ("bright pupil"). Befindet sich die Kamera nicht auf der optischen Achse, so wird das Licht auch nicht von der Netzhaut reflektiert und die Pupille ist auf der Aufnahme dunkel ("dark pupil"), während der Rest des Auges durch die Beleuchtung hell erscheint.



**Abbildung 16:** Dunkle (links) und helle (rechts) Pupillenerkennung

Um aus Position und Blickwinkel der Pupillen den Punkt zu berechnen, den der Benutzer zur Zeit anschaut, muss eine Kalibrierung des Eyetrackers vorgenommen werden. Dabei schaut der Benutzer nacheinander auf über dem Bildschirm verteilte Punkte – oder einen sich bewegenden Punkt. Da bekannt ist, wohin der Benutzer schaut (den aktuellen Punkt des Kalibrierungsvorgangs), kann aus dem Kamerabild berechnet werden, wo sich das Display relativ zur Augenposition befindet und welchen Abstand es zum Nutzer hat.

Für weitergehende Informationen zur Funktionsweise von Eyetrackern siehe Hamann (2007) und Hennessey u. a. (2006).

### 4.3 Verwendete Hardware

Als Referenz für den derzeitigen Entwicklungsstand der Eyetrackingtechnologie gilt für diese Arbeit der verwendete videobasierte und berührungslose *X120 Eye Tracker* (Abb. 17) von *Tobii* – nach eigenen Aussagen “world leader in hardware and software solutions for eye tracking.” (Tobii, 2008a)

Das verwendete Gerät beherrscht sowohl die Erkennung von hellen, als auch von dunklen Pupillenbildern und schaltet bei Bedarf in den passenden Modus. Dadurch ist eine durchgängige Erfassung der Blickdaten gewährleistet.



**Abbildung 17:** X120 [Tobii (2007b)]

Der Eyetracker muss etwa 30cm vom Probanden entfernt aufgebaut werden (siehe Abb. 18). Um die Messungen nicht zu beeinträchtigen sollte sich die Testperson nach Kalibrierung möglichst ruhig verhalten, da der Eyetracker keine Möglichkeit hat, sich selbst neu einzustel-

len und anzupassen. Leichte Bewegungen kann er ausgleichen, jedoch nimmt die Genauigkeit schnell ab.



**Abbildung 18:** X120 Aufbaumöglichkeiten [Tobii (2008b)]

*Tobii* stellt mehrere APIs<sup>14</sup> zur Verfügung, jedoch nur für 32-Bit *Windows* Systeme. Ein Einsatz unter *Mac OS X*, *Linux* oder *Unix*-Systemen ist derzeit nicht möglich.

Eine Alternative zu dem hier vorgestellten Gerät wäre z.B. der *Tobii T60/T120 Eye Tracker*, bei dem der Eyetracker in einen Monitor eingebaut wurde (Abb. 19).



**Abbildung 19:** T60 [Tobii (2007a)]

---

<sup>14</sup>Application Programming Interface – Programmierschnittstelle

## 4.4 Interaktion mit Eyetracking

Im Folgenden sollen die Problemstellungen, die beim Einsatz von Eyetracking als Interaktionsmedium auftreten, analysiert werden und darauf eingegangen werden, wie sie für diese Arbeit gelöst wurden.

### 4.4.1 Problemstellung

Eyetracking eignet sich nicht als alleiniges Interaktionsmedium. Eines der Hauptprobleme dabei ist der sog. "Midas Touch", d.h. der Benutzer kann nirgendwo hinsehen, ohne eine Aktion auszulösen (Jacob, 1990).

"people are not accustomed to operating devices just by moving their eyes. They expect to be able to look at an item without having the look *mean* something."  
(Jacob, 1990, S. 12)

Dem Benutzer muss eine Möglichkeit gegeben werden, um mitzuteilen, wann sein Blick etwas bedeuten soll und wann nicht.

Des Weiteren muss beachtet werden, dass sich Eyetracking nicht mit jeder Technologie kombinieren lässt. Soll der Benutzer mit einem anderen Gerät auf etwas zeigen, so wird er ohnehin dorthin schauen. Eine Kombination mit weiteren Zeigemedien ist daher in den wenigsten Fällen sinnvoll. Für diese Arbeit wird Eyetracking in Verbindung mit einem Gamepad genutzt, da sich die beiden Technologien gut ergänzen (wie im Folgenden zu sehen).

### 4.4.2 Eyetracking als ergänzendes Interaktionsmedium zu Gamepads

Das Gamepad bietet durch seine Analogsticks, bzw. dem Steuerkreuz die Möglichkeit zur Bewegung in einer fiktionalen Spielwelt und durch seine Tasten mehrere Interaktionsmöglichkeiten. Das Einzige, das mit ihm nicht möglich ist, ist direkt auf einen Punkt oder Objekt zu zeigen<sup>15</sup>. Genau dies soll das Eyetracking leisten.

Da das Gamepad ausschließlich mit den Händen bedient wird, stört seine Bedienung das Eyetracking nicht und der Nutzer kann sich auf das Geschehen auf dem Monitor konzentrieren.

---

<sup>15</sup>Natürlich ist es möglich einen Cursor per Steuerkreuz oder Analogstick zu manipulieren, jedoch soll diese indirekte Art des Zeigens durch Eyetracking verhindert werden.

ren. Immer dann, wenn an der aktuellen Augenposition eine Aktion ausgeführt werden soll, kann er eine Taste auf dem Gamepad betätigen.

Dadurch ist das "Midas Touch"-Problem gelöst, da der Benutzer explizit und bewusst eine Aktion auslösen muss.

#### 4.5 Eingesetzte Software zum Auswerten der Eyetrackingdaten

Da zur Evaluierung kommerzielle Spiele genutzt werden, die keine Möglichkeit bieten, ein neues Interaktionsmedium zu integrieren und darauf ausgelegt sind, mit Maus und Tastatur bedient zu werden, musste eine Software entwickelt werden, die die Augenbewegungen in Mauspositionen umrechnet. Des Weiteren wurden die Eingaben durch das Gamepad in Tastaturevents, bzw. Mausklicks umgewandelt (zwei Tasten sollen die linke und rechte Maustaste ersetzen).

Entwickelt wurde das Programm mithilfe der Tobii APIs zur Ansteuerung des Eyetrackers und der SDL<sup>16</sup> Bibliothek zur Ansteuerung des Gamepads.

Nach dem Start der Software muss zunächst die Kalibrierung des Eyetrackers vorgenommen werden. Danach werden die Augenbewegungen in Mausbewegungen umgesetzt. Die Funktionalität des Links- bzw. Rechtsklicks übernimmt das Gamepad. Desweiteren ist dem Benutzer die Möglichkeit gegeben mit dem rechten Analogstick eine Feinjustierung des Cursors vorzunehmen, falls das Eyetracking in Einzelfällen zu ungenau ist. Für eine genaue Beschreibung der Bedienung siehe Kap. 5.3.

Zur Implementierung der Software wurde C++ gewählt, da sowohl die verwendete *Eye Tracker Components API* von Tobii, als auch die SDL Bibliothek verfügbar sind. Die Tobii API erzeugt in regelmäßigen Abständen Events, in denen die aktuelle Blickposition übermittelt wird. Implementiert wurde auf Basis eines Beispielsprogramms des Tobii SDKs, das bereits eine funktionsfähige GUI zum Kalibrieren und Abfangen der Eyetracker-Events zur Verfügung stellt.

Die Applikation musste um folgende Punkte erweitert werden:

- einen Thread, der über die SDL Bibliothek Events des Gamepads abfängt und interpretiert

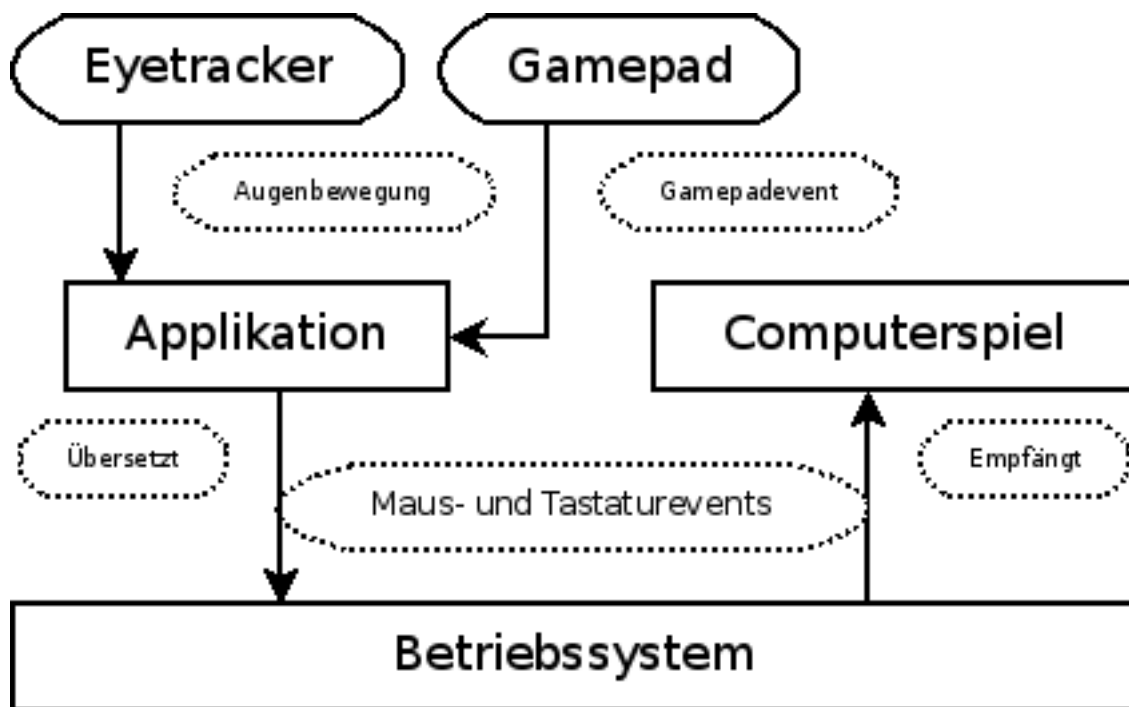
---

<sup>16</sup>Simple DirectMedia Layer: <http://www.libsdl.org>



- beide Arten von Events (Gamepad- sowie Eyetracking-Events) mussten an Windows durch die *SendInput*-Methode weitergeben werden

Durch die Verwendung von *SendInput* wurden die Events in Tastatur- und Mausevents übersetzt, die von jeder beliebigen Anwendung verstanden werden können – so auch von den getesteten Computerspielen, für die kein Unterschied zwischen den erzeugten und realen Maus- und Tastatureingaben besteht (Abb. 20).



**Abbildung 20:** Die Applikation übersetzt Augenbewegung und Gamepadeingaben in Maus- und Tastaturevents

## 5 Beispielhafte Integration in Computerspiele

Mit der in Kap. 4.5 vorgestellten Software wurden pro Testperson zwei Versuche mit verschiedenen Spielen durchgeführt, die in diesem Kapitel vorgestellt, ausgewertet und mit einer früheren Studie verglichen werden. Bei den hier präsentierten Ergebnissen gilt zu beachten, dass es sich um eine qualitative Studie mit 5 Testpersonen handelt. Die Ergebnisse sind demzufolge nicht repräsentativ.

### 5.1 Eyetracking in Computerspielen mit subjektivem PoV

Spiele mit subjektivem Point of View nutzen die Mausbewegen zur Rotation der Kamera. Das Fadenkreuz ist dabei fest in der Bildmitte fixiert (Abb. 21) und kann vom Spieler nicht gesteuert werden. Das Zielen erfolgt dadurch, dass der Spieler das Objekt, welches er treffen möchte, durch Bewegung der Kamera in die Bildmitte verschiebt.



Abbildung 21: *Open Arena* (2008) [Fadenkreuz in der Bildmitte fixiert]

Es wäre prinzipiell möglich, Eyetracking in diesen Spielen einzusetzen, jedoch würde der Spieler alleine durch die Bewegung seiner Augen die Kameraperspektive ändern. Eine Orientierung im Raum würde dadurch erschwert und die Steuerung hätte keinen Vorteil im Vergleich zur Steuerung mit der Maus.

Um eine intuitivere Steuerung zu ermöglichen, müsste man die Bewegung der Kamera unabhängig vom Zielvorgang machen. Das Fadenkreuz müsste den Augenbewegungen des Spielers folgen, während er z.B. über Gamepad oder Tastatur die Bewegung des Avatars und der Kamera steuert.

Da bei keinem auf dem Markt befindlichen Titel mit subjektivem PoV die Steuerung des Fadenkreuzes unabhängig von der Kamerabewegung ist und eine eigene Implementierung im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich war, muss auf einen Versuchsaufbau für Spiele dieser Art verzichtet werden.

## 5.2 Verwendete Spiele

Getestet wurde mit zwei Spielen. Das erste Spiel ist ein simples Shoot 'em up der NeHe Gruppe (<http://nehe.gamedev.net>), das als Tutorial zur Videospieleprogrammierung erschienen ist, jedoch ein vollwertiges Spiel darstellt. Das zweite Spiel ist ein Rollenspiel der Firma Bioware (<http://www.bioware.com>) namens *Neverwinter Nights* (2002).

### 5.2.1 NeHe

Ziel des Spiels ist es, möglichst viele Ziele zu treffen. Die Ziele sind unterschiedlich groß, haben verschiedene Formen und bewegen sich horizontal und vertikal durch das Bild. Jedes getroffene Ziel bringt Punkte und das Spiel endet, wenn der Spieler zu viele Ziele verfehlt hat.

Die Probanden sollten versuchen in diesem Spiel eine möglichst hohe Punktzahl zu erreichen. Am Ende wurden die erzielten Punkte mit der Maus und mit dem Eyetracker verglichen.

### 5.2.2 Neverwinter Nights

In diesem Spiel starten die Probanden im Armenviertel der Stadt Niewinter. Die Interaktion mit dem Avatar geschieht durch Zeigen auf Objekte/Gegner und Klicken der linken Maustaste, bzw. Drücken einer Taste des Gamepads. Der Avatar interagiert daraufhin mit dem gezeigten Objekt, bzw. bekämpft einen anvisierten Gegner. Im Versuch mit der Maus wird der Avatar mit den Tasten WASD gesteuert, im Versuch mit dem Eyetracker mit dem linken Analogstick (Abb. 24) oder Steuerkreuz.

Im Versuch sollten sich die Probanden von einem Ende des Areals zum anderen bewegen und auf ihrem Weg alle Kisten öffnen und sich gegen die angreifenden Untoten wehren.

In diesem Spiel ging es um die Frage, mit welchem Medium den Probanden die Interaktion mit dem Avatar leichter fiel, bzw. welches sie beim Spielen bevorzugen würden.

### 5.3 Versuchsaufbau und Steuerung

Die Software und die Spiele liefen auf einem Notebook, vor dem die Probanden bei Versuchen mit der Maus saßen. Alle Versuche fanden mit einer USB-Maus statt und nicht mit dem integrierten Touchpad (Abb. 22).



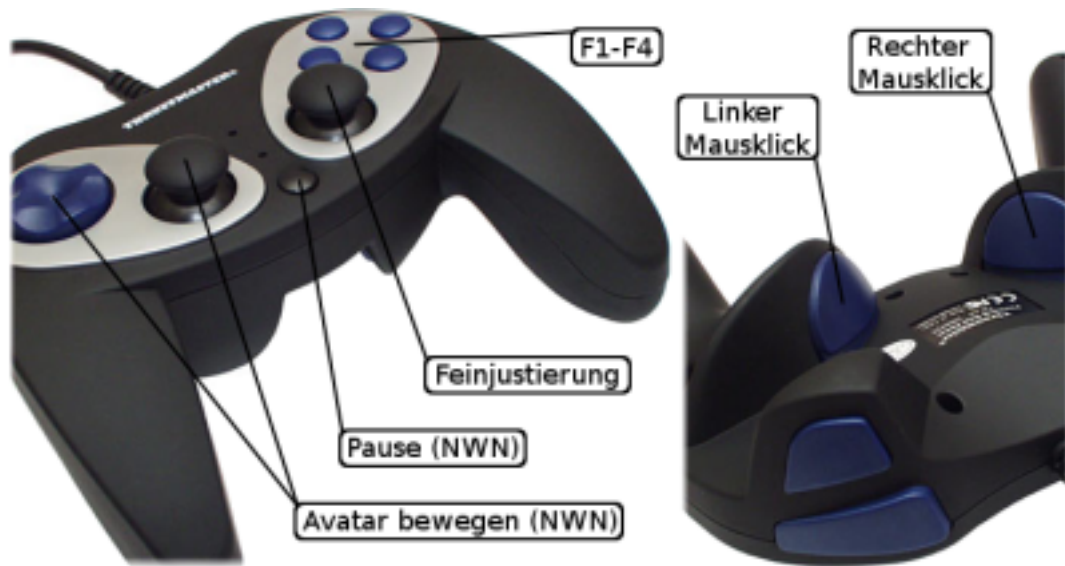
**Abbildung 22:** Schematischer Aufbau: Laptop & Maus

Für die Eyetracking-Versuche spielten die Probanden mit einem Gamepad der Firma Thrustmaster an einem 17" TFT-Monitor, der am Notebook angeschlossen und synchronisiert war. Davor war der X120 Eyetracker von Tobii installiert (Abb. 23).



**Abbildung 23:** Schematischer Aufbau: Eyetracking & Gamepad

Die Tastenbelegung für das Gamepad zeigt Abb. 24. Durch Drücken des rechten Analogsticks konnten die Nutzer das Eyetracking unterbrechen und durch gedrückt halten und Bewegen den Cursor manuell und sehr genau steuern. Diese Feinjustierung sollte ihm helfen, auch kleine Objekte sicher erfassen zu können, die wegen eventueller Ungenauigkeiten des Eyetrackers nicht oder nur schwer fixierbar waren.



**Abbildung 24:** Verwendetes Gamepad und Tastenbelegung

In Neverwinter Nights kann über die Funktionstasten (F1-F12) auf nutzbare Objekte (z.B. Heiltränke) im Inventar des Avatars oder Spezialfähigkeiten, bzw. Zaubersprüche zugegriffen werden. Um diese Funktionalität auch beim Spielen mit dem Gamepad zu gewährleisten, wurden die Tasten des Gamepads mit F1-F8 belegt (F1-F4 auf der Vorderseite, gemäß Abb. 24 und F5-F8 auf den vier Tasten der Schulterseiten des Gamepads).

## 5.4 Versuchsablauf

Zu Beginn jeden Versuchslaufs wurde der Eyetracker für die Testperson kalibriert und die Tastenbelegung des Gamepads erklärt. In einem ersten, ungewerteten Spieldurchlauf (auf Wunsch auch mehrere), hatten die Probanden Gelegenheit, sich an das Eyetracking zu gewöhnen. Sobald sie – nach eigenem Ermessen – mit der Steuerung vertraut waren, wurden beide Spiele je einmal mit Maus/Tastatur und Eyetracker/Gamepad gespielt. Die Reihenfolge der Spiele war dabei festgelegt, die Reihenfolge der Eingabemedien zufällig.



**Abbildung 25:** Versuch 1: NeHe

Im ersten Spielversuch (Abb. 25) sollte untersucht werden, ob Eyetracking mit heutiger Technologie Effizienz und Präzision einer Mausinteraktion erreicht, oder gar übertrifft.

Im zweiten Spielversuch (Abb. 26) liegt der Fokus auf der Benutzbarkeit für den täglichen Gebrauch. Untersucht werden soll, wie intuitiv und angenehm die Interaktion in einer dreidimensionalen Welt mit Eyetracking für die Spieler funktioniert.



**Abbildung 26:** Versuch 2: Neverwinter Nights

## 5.5 Erwartete Resultate

Aus den bisherigen Überlegungen heraus, sollte im ersten Versuch das Eyetracking aus folgenden Gründen zu höheren Punkteständen führen:

- Die Hand-Augen-Koordination entfällt im Vergleich zur Steuerung mit der Maus, da Augenbewegungen direkt in Zielen umgesetzt wird.
- Augenbewegungen sind schnell (Duchowski, 2007).

Im zweiten Versuch ist zu erwarten, dass das Eyetracking durch die direktere Interaktion mit der fiktionalen Welt zu einer höheren Immersion führt als Spielen mit der Maus.

Insgesamt ist zu erwarten, dass das Eyetracking schnell erlern- und anwendbar ist. Ob dies auch dazu führt, dass das Spielen insgesamt leichter wird, lässt sich jedoch nicht vorhersagen.

## 5.6 Ergebnisse

Alle Testpersonen hatten durchgehend höhere Punktzahlen im ersten Spiel mit der Maus erreicht, wie die folgende Tabelle zeigt:

	Maus	Eyetracker
	2933	1896
	2579	1894
	2918	1576
	1570	305
	2235	926
Ø	2247	1319,4

Im Durchschnitt wurde mit dem Eyetracking nur 41% der Punkte erreicht, die mit der Maus erzielt wurden. Alle Testpersonen gaben an, dass der Eyetracker zu ungenau war und die Bewegung des Cursors etwa eine Sekunde hinter der tatsächlichen Augenbewegung lag.

Durch die entstandene Verzögerung und Ungenauigkeit ließen sich nur große oder langsam bewegende Ziele treffen.

Beim zweiten Spielversuch wurden keine objektiven Messkriterien ausgewertet. Die Probanden sollten in einem Interview subjektiv die Technologie bewerten.

Im ersten Teil des Interviews sollten die Probanden das Spielen mit dem Eyetracker mit Noten von 1-10 bewerten, wobei 10 die Beste und 1 die schlechteste Note war (Abb. 27).

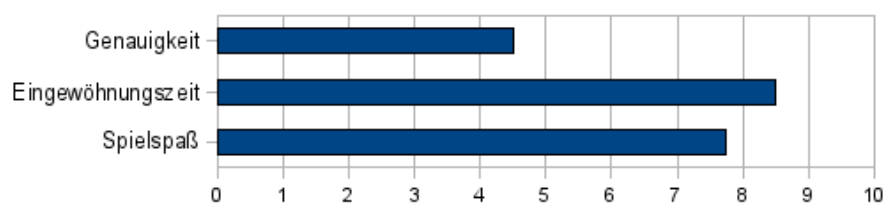


Abbildung 27: Bewertung des Spielens mit dem Eyetracker

Im zweiten Teil folgten drei Fragen zum Vergleich der beiden verwendeten Steuerungsarten. Zu Fragestellungen und Resultat siehe Abb. 28.



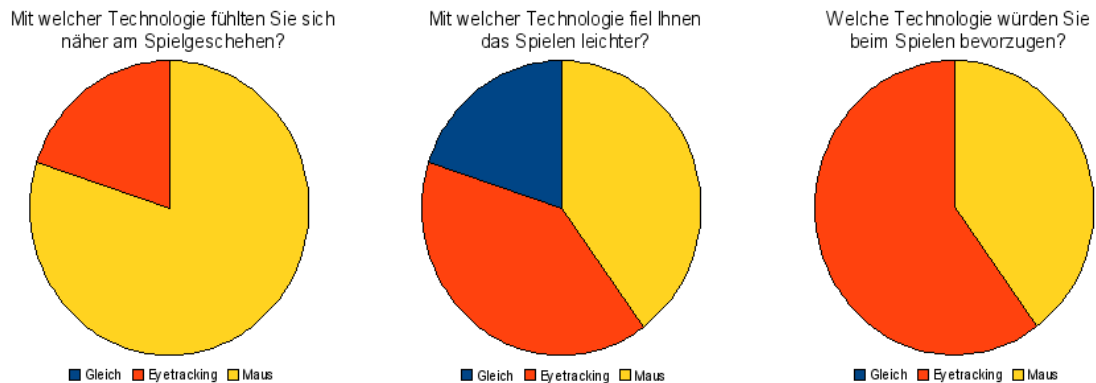


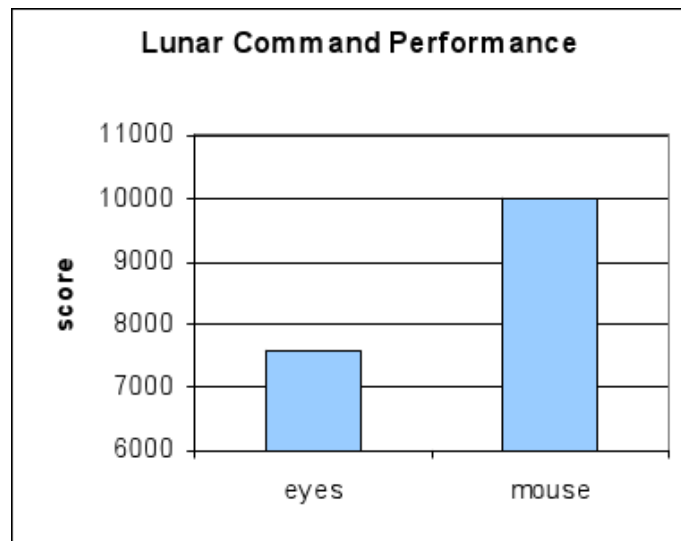
Abbildung 28: Vergleich zwischen Eyetracking und Mausinteraktion

## 5.7 Diskussion

Die vorliegenden Resultate weichen von der Erwartungshaltung ab.

Im ersten Versuch wurde mit dem Eyetracking weniger als die Hälfte der Punktzahl erreicht, die mit der Maus erzielt wurde. Gründe hierfür sind eine zu große Ungenauigkeit und Verzögerung des Eyetrackers. Die Testpersonen gaben an, zum Zielen beim Spielen mit dem Eyetracker *vor* das Ziel zu blicken, um die Latenzzeit auszugleichen. Bei sich schnell bewegenden Objekten führte dies oft dazu, dass die Probanden versuchen mussten die Flugbahn und Latenz des Eyetrackers abzuschätzen und dorthin zu schauen, wo das Objekt *vorausichtlich* sein wird. Das Nachjustieren über die Feinabstimmen per Gamepad war in den seltensten Fällen hilfreich, da sie sich als zu langsam erwies.

Um die Ergebnisse dieser qualitativen Studie besser einordnen zu können, werden sie mit einer Referenzstudie verglichen. In Smith und Graham (2006) wurde u.A. mit dem Spiel *Lunar Command* (2006) getestet, der Versuchsaufbau ist mit dem ersten Spielversuch (NeHe) vergleichbar. Wie wir in der entnommenen Grafik (Abb. 29) sehen, erzielten auch in dieser Studie die Probanden deutlich höhere Resultate mit der Maus.



**Abbildung 29:** Resultat der Referenzstudie: Lunar Command

“We believe the difference in performance between the eye tracker and mouse when playing Lunar Command is due to the latency that occurred when shooting at a target. [...] Participants were almost uniformly observed firing behind the missiles. Users appeared to have a difficult time [...] by looking out into empty space in front of the moving target.” (Smith und Graham, 2006, S. 7f)

Auch in der Referenzstudie war die Latenzzeit ein Problem beim Spielen. Zwar wurden noch über 70 % der Punkte erreicht, die mit der Maus erzielt wurden, jedoch ist der Unterschied signifikant.

Im Gegensatz zur Erwartungshaltung gab die Mehrheit der Testpersonen an, sich mit der Maus näher am Spielgeschehen zu fühlen. Eyetracking hat also nicht zur Immersion beigetragen, wie ursprünglich angenommen. Als Grund dafür gaben die Probanden an, dass das Eyetracking in *Neverwinter Nights* zwar besser funktioniert als im ersten Spiel, jedoch die Ungenauigkeit des Eyetrackers als störend und ablenkend empfunden wurde, weshalb beim Spielen mit der Maus ein tieferes Eintauchen in die fiktionale Spielwelt möglich war.

Interessanterweise gaben in der Referenzstudie 83 % der Befragten (Abb. 30, vierte Frage) an, sich mit dem Eyetracker näher am Spielgeschehen zu fühlen. Dieses Ergebnis würde unserer Erwartungshaltung entsprechen. Alle anderen Ergebnisse der Referenzstudie stimmen mit den erzielten Resultaten überein.

Question	Neverwinter Nights	
	Eyes (%)	Mouse (%)
Which did you enjoy playing with more?	83	17
Which was easier to learn?	67	33
Which was easier to use?	50	50
With which did you feel more immersed in the gaming world?	83	17
Which would you prefer to use in the future?	67	33

**Abbildung 30:** Resultat der Referenzstudie: Neverwinter Nights (gekürzt)

Zu dieser Abweichung kann beigetragen haben, dass die verwendete Hardware<sup>17</sup> und der Versuchsaufbau<sup>18</sup> nicht identisch waren. Zudem würde eine höhere Genauigkeit beim Eye-tracking die Abweichung erklären, da es dann nicht mehr als störend beim Spielen auffallen würde (was von Probanden als Grund genannt wurde, weshalb sie sich mit der Maus näher am Spielgeschehen fühlten).

In der Referenzstudie wurde des weiteren Jake2 (ein quelloffener *Quake 2* (1997) Port für Java) getestet – ein Ego-Shooter mit subjektivem PoV. Auf diesen Test wurde aus den in Kapitel 5.1 genannten Gründen verzichtet.

Schauen wir uns zunächst den Versuchsaufbau an:

“For the eye based control, participants would look at an object to rotate the view such that the object was in the middle of the screen. With the mouse, the player simply moved the mouse to rotate the view.” (Smith und Graham, 2006, S. 5)

Offensichtlich wurde die Spielsteuerung für diesen Test modifiziert und auf zwei Eingabemedien hin angepasst. Dennoch bleibt das Problem, dass der Nutzer alleine durch seinen Blick die Kameraposition verändert.

Schauen wir uns die Testergebnisse an (Abb. 31), so fällt auf, dass außer bei der Immersion die Maus in allen Punkten – zum Teil sehr deutlich – besser angenommen wurde. Wie er-

<sup>17</sup>Die Referenzstudie nutze den Tobii 1750.

<sup>18</sup>In der Referenzstudie wurde kein Gamepad genutzt. Die Probanden hatten auch beim Steuern mit dem Eyetracker eine Maus.

wartet erwies sich das Bewegen der Kamera durch Eyetracking als nicht intuitiv und schwer in der Bedienung.

Question	Quake2	
	Eyes (%)	Mouse (%)
Which did you enjoy playing with more?	42	58
Which was easier to learn?	33	67
Which was easier to use?	8	92
With which did you feel more immersed in the gaming world?	83	17
For which did the controls feel more natural?	25	75
Which would you prefer to use in the future?	33	67

**Abbildung 31:** Resultat der Referenzstudie: Quake 2

Bestätigt hingegen hat sich die Annahme, dass Eyetracking eine sehr leicht zu erlernende Interaktionstechnologie ist (siehe Abb. 27). Spiele werden dadurch zwar nicht unbedingt einfacher zu spielen, jedoch kann sich die Mehrzahl der Testpersonen vorstellen, auch in Zukunft Eyetracking für Videospiele zu benutzen (vgl. Abb. 28 und Abb. 30 Frage 3 und 5).

## 6 Abschlussdiskussion

Im Folgenden sollen alle Ergebnisse der Arbeit zusammengefasst und diskutiert werden und der Fragestellung nachgegangen werden, welche Probleme es für einen kommerziellen Einsatz von Eyetracking in Videospielen noch zu lösen gilt und wie Eyetracking zur Immersion in Videospielen beitragen kann. Abschließend soll im Ausblick versucht werden abzuschätzen, ob und wie Eyetracking für die Zukunft interessant sein könnte.

### 6.1 Probleme beim Einsatz von Eyetracking

Wie wir in Kapitel 5 gesehen haben, erzielten alle Probanden bessere Resultate mit der Maus, als mit Eyetracking, sobald in Spielen zeitkritische Interaktion, wie z.B. das Abschießen beweglicher Ziele, gefragt war. Grund hierfür war insbesondere die zu hohe Latenzzeit, sowie eine Ungenauigkeit beim Erfassen der exakten Blickposition.

Beim Spielen von *Neverwinter Nights* war die Latenzzeit zu vernachlässigen, hier störte jedoch die Ungenauigkeit des Eyetrackers.

Wie in Kapitel 3.2 bereits erwähnt, ist davon auszugehen, dass Eyetracking für Videospiele auf dem Konsolenmarkt mehr Potential hat als auf der PC-Plattform. Da Konsolen immer für mehrere Spieler ausgelegt sind (i.d.R. bis zu 4 Personen gleichzeitig), muss ein Eyetracker auch in der Lage sein mehrere Personen zu erkennen.

Ein weiterer wichtiger Punkt ist, dass insbesondere auf dem Konsolenmarkt Technik robust funktionieren muss. Kalibrierung vor jedem Spielstart und stark eingeschränkte Bewegungsfreiheit beim Spielen könnten sich schnell als Ausschlusskriterium erweisen.

### 6.2 Immersion und Eyetracking

Wie Abb. 28 zeigt (Kap. 5.6) hat Eyetracking entgegen der Erwartungshaltung in den Versuchen nicht zur Immersion beim Spielen von *Neverwinter Nights* beigetragen.

Als Grund hierfür gaben die Probanden an, dass es durch die fehlende Genauigkeit des Eyetrackers anstrengend war, Objekte sicher zu fixieren. Daher empfanden sie die Mausinteraktion beim Spielen als angenehmer und konnten sich auch mehr auf das Geschehen in der fiktionalen Spielwelt konzentrieren. Da die Referenzstudie an diesem Punkt das von uns

erwartete Resultat lieferte, ist anzunehmen, dass Eyetracking bei entsprechender Genauigkeit ein tieferes Eintauchen in das Spielgeschehen ermöglicht.

Insbesondere bei Spielen mit subjektivem Point of View, in denen der Spieler selbst zum Handelnden wird (vgl. Kapitel 2.1.2), könnte Eyetracking dazu beitragen, dass der Spieler sich noch unmittelbarer am Spielgeschehen fühlt.

Durch realitätsnahes Verhalten von fiktionalen Charakteren der Spielwelt, wie im Beispiel aus Kap. 4.1, kann Eyetracking einen wichtigen Beitrag zur Immersion in Videospiele leisten. Zwar besteht immer die Gefahr des "Midas Touch" Problems (siehe Kap. 4.4.1), so lange das Blickverhalten des Spielers aber im Spiel zu Reaktionen führt, die sich mit seinen Erfahrungen aus dem realen Leben decken, ist es erwartungskonform und gibt den Charakteren zudem mehr Tiefe.

### 6.3 Konzeptionelle Bewertung der Versuche

Die hier verwendeten Spiele waren nicht für Eyetracking ausgelegt und "wussten" auch nicht, dass sie per Eyetracking und nicht per Maus gesteuert werden, da die Augenbewegungen in Mausbewegungen umgewandelt wurden (siehe Abb. 20, Kap. 4.5). Bei den erzielten Ergebnissen muss daher beachtet werden, dass die getesteten Spiele für Mausinteraktion ausgelegt und optimiert waren. Ein für Eyetracking entwickeltes Videospiel, das die Möglichkeiten der Technologie auch wirklich nutzt, stand leider nicht zur Verfügung.

Auch ließ sich nicht nachvollziehen, inwiefern ein anderer Eyetracker, wie z.B. der T60 (Abb. 19, Kap. 4.3), zu anderen Ergebnissen geführt hätte, da leider kein anderer Eyetracker zur Verfügung stand.

Ein wirklicher Mehrwert durch Eyetracking in Videospiele entsteht erst durch neue Konzepte, wie z.B. das der Kontaktaufnahme durch Anschauen, wie im Beispiel aus Kap. 4.1. Zu beachten ist hier, dass die Interaktion dem mentalen Modell des Spielers entspricht. Ein NPC, der anfängt zu sprechen, wenn er (längere Zeit) angeschaut wird, entspricht der realen Erfahrung des Spielers im zwischenmenschlichen Umgang. Welche Konzepte darüber hinaus Sinn haben und von Spielern als natürlich empfunden werden, müsste im Einzelnen untersucht werden. Ebenso könnten durch Eyetracking neue Möglichkeiten für Videospiele entstehen, so wie es z.B. das Wii Balance Board möglich gemacht hat, Yoga-Übungen mithilfe eines virtuellen Trainers zu realisieren, was mit bisherigen Interaktionsmedien nicht umsetzbar war.

Auch hier könnten, insbesondere in Spielen mit subjektivem Point of View, die Immersion

durch Eyetracking und der richtigen Umsetzung neuer Konzepte enorm gesteigert werden, da der Spieler dann nicht nur "in der Haut" des Avatars steckt, sondern sogar der Blick des Spielers Eins wäre mit dem Blick des Avatars.

## 6.4 Aussichten

Eyetracking lässt sich nicht mit jedem Interaktionsmedium kombinieren. Zeigegeräte wie die Wii Remote (Kap. 3.4.2) eignen sich hierzu nur bedingt, da der Spieler nicht einen vom Blick unabhängigen Cursor steuern kann. Um den Cursor zu bewegen muss er zwangsläufig dorthin blicken, wo er den Cursor positionieren möchte. Da die Wii Remote aber auch Gestensteuerung ermöglicht, bieten sich durchaus interessante Möglichkeiten in Verbindung mit Eyetracking.

Interessant wäre eine Verbindung mit der Videotechnologie, wie sie z.B. beim EyeToy (Kap. 3.4.1) Verwendung findet. Durch die zusätzliche Kamera könnte mit einer Gesichtserkennung Eyetracking für mehrere Spieler möglich gemacht werden, und der jeweilige Blick auch der richtigen Person zugeordnet werden.

In dieser Arbeit wurde bei den Laborversuchen als zusätzliches Interaktionsmedium zum Eyetracking das Gamepad gewählt. Diese Steuerung wurde von den Testpersonen gut aufgenommen und durchweg als schnell und einfach erlernbar eingestuft. Das macht die Technik interessant für den Einsatz in *Casual Games*. Der Einsatz in *Hardcore Games* hängt maßgeblich von der erzielten Genauigkeit beim Eyetracking ab und von einer latenzfreien Umsetzung der Augenbewegungen, da in diesen Spielen die Anforderungen an die Steuerung höher sind (vgl. Kap. 2.4).

Eyetracking ist eine Technologie, die viele Möglichkeiten bietet und Potential hat. In dieser Arbeit wurde der Grundstein für weitergehende Überlegungen gelegt und des Weiteren Versuche mit heutiger Technologie durchgeführt. Auch wenn diese Versuche zu dem Schluss führen, dass die verwendete Technologie noch nicht ausgereift genug ist, haben sie doch die prinzipielle Eignung zum Einsatz von Eyetracking in Videospiele gezeigt.

## Literatur

- [Atari 1972] ATARI: *Pong Spielautomat*. Grafik. 1972. – URL <http://www.atari-museum.de/atari/pongserie.htm>. – Aufgerufen 2008-07-16
- [Brown und Cairns 2004] BROWN, Emily ; CAIRNS, Paul: A grounded investigation of game immersion. In: *CHI '04: CHI '04 extended abstracts on Human factors in computing systems*. New York, NY, USA : ACM, 2004, S. 1297–1300. – ISBN 1-58113-703-6
- [Duchowski 2007] DUCHOWSKI, Andrew T.: *Eye Tracking Methodology: Theory and Practice*. Springer-Verlag, 2007. – ISBN 978-1846286087
- [Gentner und Stevens 1983] GENTNER, Dedre ; STEVENS, Albert: *Mental Models*. Lawrence Erlbaum Associates, 1983. – ISBN 978-0898592429
- [Hamann 2007] HAMANN, Lennard: *Grundlagen des Eyetrackings*. 2007. – URL <http://users.informatik.haw-hamburg.de/~ubicomp/projekte/master2007/hamann/bericht.pdf>
- [Hennessey u. a. 2006] HENNESSEY, Craig ; NOUREDDIN, Borna ; LAWRENCE, Peter: A single camera eye-gaze tracking system with free head motion. In: *ETRA '06: Proceedings of the 2006 symposium on Eye tracking research & applications*. New York, NY, USA : ACM, 2006, S. 87–94. – ISBN 1-59593-305-0
- [igda 2006] IDGA: *2006 Casual Games White Paper*. Webseite/PDF. 2006. – URL [http://www.igda.org/casual/IGDA\\_CasualGames\\_Whitepaper\\_2006.pdf](http://www.igda.org/casual/IGDA_CasualGames_Whitepaper_2006.pdf). – Aufgerufen 2008-07-18
- [Jacob 1990] JACOB, Robert J. K.: What you look at is what you get: eye movement-based interaction techniques. In: *CHI '90: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*. New York, NY, USA : ACM, 1990, S. 11–18. – ISBN 0-201-50932-6
- [Logic3 2008] LOGIC3: *Tennisaufsatz für Wii Remote*. Grafik. 2008. – URL <http://www.logic3.com/details/?prod=211>. – Aufgerufen 2008-07-27
- [Mitry 1998] MITRY, Jean: *The Aesthetics and Psychology of the Cinema*. Athlone Press, 1998. – ISBN 978-0253213778
- [Napitupulu 2008] NAPITUPULU, Jan: *Ein System mit skalierbarer Visualisierung zur Entwicklung kollaborativer Serious Games*, HAW Hamburg, Diplomarbeit, Juni 2008



- [Nintendo 2008a] NINTENDO: *Balance Board*. Grafik. 2008. – URL <http://www.de-bug.de/games/wp-content/uploads/2008/04/balance-board-2.jpg>. – Aufgerufen 2008-07-17
- [Nintendo 2008b] NINTENDO: *Wii Remote*. Grafik. 2008. – URL [http://www.ixbt.com/consoles/images/info\\_wii/wii\\_mote.jpg](http://www.ixbt.com/consoles/images/info_wii/wii_mote.jpg). – Aufgerufen 2008-07-18
- [NVIS 2007] NVIS: *NVIS*. Grafik. 2007. – URL <http://www.nvisinc.com/technology.php>. – Aufgerufen 2008-08-12
- [Sawyer 2002] SAWYER, Ben: *Serious Games: Improving Public Policy through Game-Based Learning and Simulation*. Webseite/PDF. 2002. – URL <http://wwics.si.edu/subsites/game/Serious2.pdf>. – Aufgerufen 2008-07-20
- [Smith und Graham 2006] SMITH, J. D. ; GRAHAM, T. C. N.: Use of eye movements for video game control. In: *ACE '06: Proceedings of the 2006 ACM SIGCHI international conference on Advances in computer entertainment technology*. New York, NY, USA : ACM, 2006, S. 20. – ISBN 1-59593-380-8
- [Sony 2008a] SONY: *EyeToy*. Grafik. 2008. – URL <http://www.onpsx.de/static.php?id=132>. – Aufgerufen 2008-07-15
- [Sony 2008b] SONY: *EyeToy*. Webseite. 2008. – URL <http://www.us.playstation.com/PS2/Accessories/97036>. – Aufgerufen 2008-07-15
- [Tobii 2007a] TOBII: *Tobii T60*. Grafik. 2007. – URL [http://www.tobii.com/archive/pages/17744/tobii\\_t60\\_t120\\_eye\\_trackers.aspx](http://www.tobii.com/archive/pages/17744/tobii_t60_t120_eye_trackers.aspx). – Aufgerufen 2008-08-12
- [Tobii 2007b] TOBII: *Tobii X120*. Grafik. 2007. – URL [http://www.tobii.com/archive/files/17995/Tobii\\_TX\\_Series\\_Eye\\_Trackers\\_product\\_description.pdf.aspx](http://www.tobii.com/archive/files/17995/Tobii_TX_Series_Eye_Trackers_product_description.pdf.aspx). – Aufgerufen 2008-07-16
- [Tobii 2008a] TOBII: *Tobii Homepage*. Webseite. 2008. – URL <http://www.tobii.com>. – Aufgerufen 2008-07-22
- [Tobii 2008b] TOBII: *Tobii X120 Setups*. Grafik. 2008. – URL [http://www.tobii.com/corporate/products/tobii\\_x120\\_eye\\_tracker.aspx](http://www.tobii.com/corporate/products/tobii_x120_eye_tracker.aspx). – Aufgerufen 2008-07-16
- [Wikipedia 2005] WIKIPEDIA: *N64 Gamepad*. Grafik. 2005. – URL <http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Bild:N64-controller-black1.jpg>. – Aufgerufen 2008-07-16

---

[Wikipedia 2006a] WIKIPEDIA: *NES Gamepad*. Grafik. 2006. – URL [http://en.wikipedia.org/wiki/Image:NES\\_controller.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/Image:NES_controller.jpg). – Aufgerufen 2008-07-16

[Wikipedia 2006b] WIKIPEDIA: *Pong*. Grafik. 2006. – URL <http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Pong.png>. – Aufgerufen 2008-07-16

## Abbildungsverzeichnis

1	Space Invaders . . . . .	9
2	Super Mario Bros. . . . .	9
3	Half Life . . . . .	11
4	Semi-subj. PoV in <i>Gothic 2</i> (2002) . . . . .	12
5	Tennisaufsatz für Wii Remote [Logic3 (2008)] . . . . .	19
6	Pong Spielautomat [Atari (1972)] . . . . .	21
7	Pong [Wikipedia (2006b)] . . . . .	21
8	NES Gamepad [Wikipedia (2006a)] . . . . .	22
9	N64 Gamepad [Wikipedia (2005)] . . . . .	22
10	EyeToy [Sony (2008a)] . . . . .	23
11	EyeToy Kung Fu . . . . .	24
12	Wii Remote [Nintendo (2008b)] . . . . .	24
13	Wii Balance Board [Nintendo (2008a)] . . . . .	25
14	Screenshot aus <i>Neverwinter Nights</i> . . . . .	27
15	Head Mounted Eyetracker von NVIS [NVIS (2007)] . . . . .	28
16	Dunkle (links) und helle (rechts) Pupillenerkennung . . . . .	28
17	X120 [Tobii (2007b)] . . . . .	29
18	X120 Aufbaumöglichkeiten [Tobii (2008b)] . . . . .	30
19	T60 [Tobii (2007a)] . . . . .	30
20	Die Applikation übersetzt Augenbewegung und Gamepadeingaben in Maus- und Tastaturevents . . . . .	33
21	Open Arena . . . . .	34
22	Schematischer Aufbau: Laptop & Maus . . . . .	36
23	Schematischer Aufbau: Eyetracking & Gamepad . . . . .	36
24	Verwendetes Gamepad und Tastenbelegung . . . . .	37
25	Versuch 1: NeHe . . . . .	38
26	Versuch 2: <i>Neverwinter Nights</i> . . . . .	39
27	Bewertung des Spielens mit dem Eyetracker . . . . .	40
28	Vergleich zwischen Eyetracking und Mausinteraktion . . . . .	41
29	Resultat der Referenzstudie: <i>Lunar Command</i> . . . . .	42
30	Resultat der Referenzstudie: <i>Neverwinter Nights</i> (gekürzt) . . . . .	43
31	Resultat der Referenzstudie: <i>Quake 2</i> . . . . .	44

