

# **Augmented Table Tennis: Design und Evaluation eines auf Tischtennis basierenden Exergames**

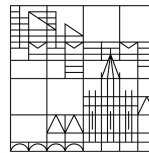
**Bachelorarbeit**

vorgelegt von

**Stefan Höliner**

an der

Universität  
Konstanz



Fachbereich Informatik und Informationswissenschaften

AG Mensch-Computer-Interaktion

Bachelor-Studiengang Informatik

**1.Gutachter:** Prof. Dr. Harald Reiterer

**2.Gutachter:** Jun.-Prof. Dr. Michael Grossniklaus

**Konstanz, 2015**

---

## **Selbstständigkeitserklärung**

Ich versichere hiermit, dass ich die anliegende Arbeit mit dem Thema:

”Augmented Table Tennis: Design und Evaluation eines auf Tischtennis basierenden Exergames”

selbstständig verfasst und keine anderen Hilfsmittel als die Angegebenen benutzt habe. Die Stellen, die anderen Werken dem Wortlaut oder dem Sinne nach entnommen sind, habe ich in jedem einzelnen Fall durch Angabe der Quelle, auch der benutzten Sekundärliteratur, als Entlehnung kenntlich gemacht.

Friedingen, den

---

Stefan Höliner

---

## **Zusammenfassung**

Exergames verbinden digitale Spielinhalte mit physischen Bewegungen. Damit versuchen sie Menschen dazu zu motivieren, sich physisch aktiver zu betätigen. Im Rahmen dieser Arbeit wurde ein Exergame auf der Basis von Tischtennis entwickelt, welches für alle Spieler, unabhängig ihrer bisherigen Tischtenniserfahrung, verwendbar sein soll. Das Spiel sollte dabei großen Spielspaß bereiten, sodass die Spieler sich gerne bewegen. Anhand technisch verwandter Exergames, wurden Möglichkeiten betrachtet, wie die Spieler und die Schlägerbewegung getrackt werden können. Zusätzlich zum Tracking lag der Fokus darauf, dass die Spieler beiläufig verschiedene Schlagtechniken des Tischtennis lernen. In einer darauf folgenden Evaluation des Exergames innerhalb der Universität, wurde das System auf dessen Gebrauchstauglichkeit und Benutzererfahrung geprüft. Um diese Bereiche zu testen, wurde mithilfe des DECIDE Frameworks der Studienablauf festgelegt und durchgeführt. In einer Diskussion werden die Ergebnisse kritisch reflektiert und im Anschluss daran werden Verbesserungsvorschläge für das System vorgestellt.

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>4</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>6</b>
<b>2 Exergames</b>	<b>7</b>
2.1 Definition und Klassifizierung . . . . .	7
2.2 Spielbalance . . . . .	8
2.3 Existierende Exergames . . . . .	10
2.4 Technisch verwandte Exergames . . . . .	12
2.5 Zusammenfassung . . . . .	15
<b>3 Konzepte und Umsetzung</b>	<b>16</b>
3.1 Anforderungen an ATT . . . . .	16
3.2 Konzepte . . . . .	17
3.3 Änderungen für die Studie . . . . .	22
<b>4 Evaluation</b>	<b>24</b>
4.1 Versuchsaufbau . . . . .	24
4.2 Evaluationsziele . . . . .	25
4.3 Evaluationstechnik . . . . .	26
4.4 Identifizieren praktischer Probleme . . . . .	28
4.5 Ablauf . . . . .	28
4.6 Ergebnisse und Diskussion . . . . .	29
4.6.1 Gebrauchstauglichkeit und Benutzererfahrung . . . . .	30
4.6.2 Lerneffekt . . . . .	39
4.6.3 Balancing . . . . .	41
4.6.4 Zusammenfassung . . . . .	41
4.6.5 Limitationen und Verbesserungsvorschläge . . . . .	42
4.6.6 Expertenmeinung . . . . .	46
<b>5 Fazit und Ausblick</b>	<b>48</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>49</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>50</b>
<b>Referenzen</b>	<b>51</b>
<b>A Anhang: Demographischer Fragebogen</b>	<b>52</b>
<b>B Anhang: Informed consent</b>	<b>53</b>
<b>C Anhang: SUS-Fragebogen</b>	<b>54</b>
<b>D Anhang: Selbst erstellter Fragebogen (ExUs-Fragebogen)</b>	<b>55</b>

# 1 Einleitung

Die meisten Menschen sehen Sport lediglich als eine Beschäftigung, die zu guter Gesundheit, gutem Aussehen oder allgemeiner Fitness führt. Ältere Studien im Human-Computer-Interaction (HCI) Bereich legen jedoch nahe, dass die Einbeziehung der physischen Bewegungen in ein Spiel sowohl die emotionale, wie auch soziale Erfahrung der Spieler verbessert [Bia08]. Trotz dieser Vorteile möchten viele Menschen ihre wenige Freizeit nicht mit Sport verbringen, da sie keinen Spaß an Sport haben. Exergames versuchen Menschen dazu zu motivieren, sich physisch aktiver zu betätigen. Sie verknüpfen dabei physische Bewegung mit digitalen Spielinhalten. Dies führt oftmals dazu, dass das Spiel die Person von der eigentlichen sportlichen Betätigung ablenkt und somit den Spaß fördert. Die dadurch neu entstandenen Spiele können den Spielern jedoch auch einfach nur deutlich mehr Spaß bereiten, als die ursprünglichen Sportarten. Das Ziel, den Spaß an Bewegung zu fördern, ist zwar bei allen Exergames gegeben, jedoch ist dies in der Regel nicht das einzige Ziel, welches ein Exergame verfolgt. Ein anderes Ziel, welches viele Exergames betrachten, ist es ein ausgeglichenes Spiel für Spieler unterschiedlicher Stärken zu schaffen. Dabei beschränken sich Exergames nicht nur auf Menschen mit den selben physischen Fähigkeiten, sondern können auch Balancing Methoden für Spiele zwischen physisch eingeschränkten und nicht eingeschränkten Menschen beinhalten. Da Exergames zum Teil digitalen Inhalt besitzen, bieten sie zudem die Möglichkeit Spiele, bei welchen sich die Spieler für gewöhnlich am selben Ort befinden müssen, auf mehrere Orte zu verteilen. Da viele Exergames auf bekannten Sportarten aufbauen, können Spieler dieser Exergames unter Umständen auch Gefallen an den originalen Sportarten gewinnen und diese ohne die digitalen Änderungen ausüben.

In dieser Arbeit soll das Exergame "Augmented Table Tennis" (kurz ATT) auf dessen Nutzbarkeit und Benutzerfreundlichkeit untersucht werden. ATT zielt dabei vor allem darauf ab, physische Aktivität zu fördern und Bewegungsabläufe des Tischtennis zu vermitteln, um gegebenenfalls den Weg zur Originalsportart zu ebnen.

Diese Arbeit ist in drei Teile gegliedert: Einer Theoriebasis (Kapitel 2), die Umsetzung des Exergames zu einem funktionsfähigen Prototypen (Kapitel 3) und zuletzt die Auswertung dieses Exergames, mithilfe einer Evaluation (Kapitel 4).

In der Theoriebasis wird zuerst der Begriff Exergame genauer erläutert und es werden verschiedene Exergames vorgestellt. Hierdurch soll gezeigt werden, wie verschiedene Exergames die zuvor erwähnten Ziele umsetzen, sowie welche Technologien für das Tracken eines Spielers und Schlägers in ATT verwendbar sind. Der anschließende Teil stellt die Anforderungen an das Design, die Umsetzung, sowie die Hauptfunktionen des Systems vor. Im letzten der drei Teile wird der Aufbau, die Durchführung, die Ergebnisse, sowie die Diskussion der Systemevaluation vorgestellt. Zum Abschluss folgt ein Fazit und der Ausblick, welches diese Arbeit zusammenfasst und einen Anstoß für zukünftige Arbeiten gibt.

## 2 Exergames

Im Folgenden werden zuerst verschiedene Definitionen und Klassifizierungen des Begriffes "Exergame" vorgestellt. Anschließend werden wissenschaftliche Kenntnisse über das Spielbalancing aufgezeigt und zum Abschluss wird eine Übersicht über verschiedene Exergames gegeben, welche die verschiedenen Ziele umsetzen. Zudem werden technisch verwandte Exergames vorgestellt, die für ATT verwendbare technische Konzepte aufweisen.

### 2.1 Definition und Klassifizierung

Nach Freyermuth [FGW13] setzt sich das Wort *Exergames* aus dem englischen "Exercise" (Training) und "Game" (regelbasiertes Spiel) zusammen. Da die meisten Exergames jedoch nicht als Trainingsspiele umgesetzt werden, sondern die Bewegung des Spielers an erster Stelle steht, würde das Wort Exergame eher als Bewegungsspiel übersetzt werden und nicht als Trainingsspiel [FGW13]. Exergames bezeichnet er dabei konkret als digitale Spiele, "die zentrale Spielelemente enthalten, die durch signifikante Körperbewegungen gesteuert werden" ([FGW13], Seite 269). So soll beispielsweise ein Ball durch die Beschleunigungskräfte des Schlägers beeinflusst werden. Das heißt, je schneller der Spieler den Controller bewegt, desto stärker soll der Ball geschlagen werden.

In *Taxonomy of Exertion Games* [MGV08] haben Mueller et al. ebenfalls eine Definition für Exergames aufgeführt. Nach ihrer Definition besitzt ein Exergame einen Eingabemechanismus, bei dessen Benutzung der Spieler absichtlich physikalische Anstrengung aufwendet. Das Ziel des Spieles soll dabei unmöglich zu erreichen sein, ohne physische Anstrengung aufzuwenden. Sie teilen zusätzlich Exergames in verschiedene Unterkategorien ein, um Exergames spezifischer klassifizieren zu können. Dabei haben sie Exergames in folgende Unterkategorien eingeteilt (vergleiche Abbildung 1).

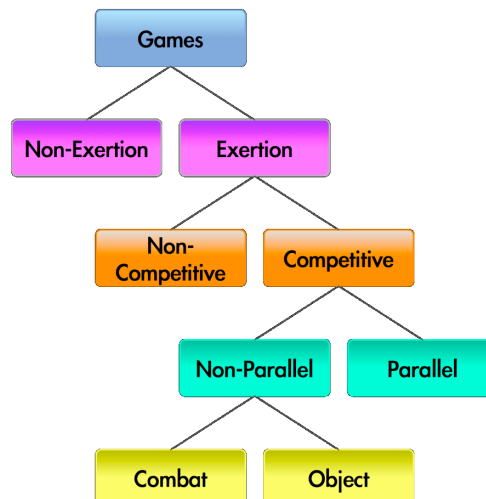


Abbildung 1: Eine Klassifizierung von Exergames [MGV08]

Die erste Unterkategorie beschreibt, ob ein Spiel konkurrierend ist oder nicht, das heißt es existiert ein Gegenspieler, oder nicht. Die zweite Kategorie unterteilt Spiele in nicht-parallele und parallele Spiele. Der Unterschied zwischen den beiden besteht darin, dass bei nicht-parallelen Spielen der Gegenspieler als eine Art Hindernis angesehen werden kann, welches der Spieler überwinden muss, um seine Ziele zu erreichen. Bei parallelen Spielen existiert dies nicht, die Spieler spielen unabhängig voneinander. Die letzte Kategorie unterteilt Spiele in "Kampf" oder "Objekt". Bei einem Kampfspiel versucht der Spieler seinen Gegenspieler zu kontrollieren, bei einem Objektspiel wird entsprechend ein Spielobjekt, wie beispielsweise ein Ball, kontrolliert. Wenn diese Klassifizierungen beispielsweise auf Tischtennis angewendet wird, so ergibt sich, dass Tischtennis ein konkurrierendes, nicht-paralleles, Objektspiel ist.

## 2.2 Spielbalance

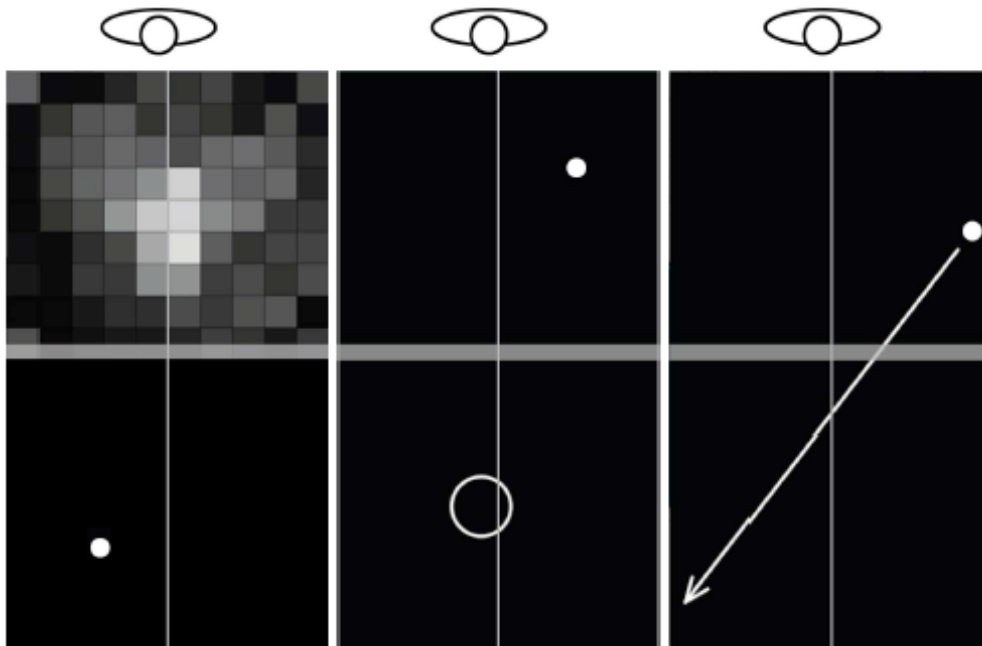
Die Spielbalance ist ein wichtiger Aspekt in Spielen [Ger+14]. Wenn ein starker gegen einen schwachen Spieler spielt, so führt dies in der Regel zu unausgeglichene Spielen, wodurch das Spiel unter Umständen für beide Spieler uninteressant werden kann. Aus diesem Grund erhält der stärkere Spieler meist ein Handicap, oder der schwächere Spieler einen Bonus. Anders als bei Videospielen, müssen bei der Gestaltung von Exergames zusätzlich die physische Kondition der teilnehmenden Spieler beachtet werden. Gerling et al. haben sich in ihrer Arbeit mit der Spielbalance und deren Auswirkung auf Selbstwertgefühl, Spielerleistung und Spielerlebnis bei Exergames beschäftigt [Ger+14]. Dabei haben sie nicht nur die Möglichkeit der Spielbalance zwischen zwei physisch uneingeschränkten Personen getestet, sondern auch die Spielbalance zwischen einer physisch uneingeschränkten und einer physisch eingeschränkten Person. Für die physisch eingeschränkte Person, wurde hierbei eine andere Eingabemethode verwendet, um ein ausgeglicheneres Spiel zu gewährleisten. Sie haben für diesen Zweck verschiedene Formen des Balancings betrachtet, die sie unter anderem in die folgenden Kategorien eingeteilt haben: explizit und unveränderliches Balancing, sowie verstecktes und dynamisches Balancing. Der Unterschied der beiden Formen besteht darin, dass das dynamische Balancing sich selbstständig über den Verlauf des Spieles an die Stärken der Spieler anpasst, um ein ausgeglichenes Spiel zu schaffen. Das System versucht dabei zu erkennen, wie groß der Unterschied zwischen beiden Spielern ist und gibt bei größeren Unterschieden einen stärkeren Bonus. Zudem ist es ein versteckter Mechanismus, den Spielern ist demnach nicht bewusst, dass eine Form des Balancings verwendet wird. Aus der Studie geht hervor, dass eine dynamische und versteckte Spielbalance einen positiven Effekt auf Selbstwertgefühl, Spielerleistung und Spielerlebnis hat, wohingegen die explizite Eingabebalance negative Auswirkungen auf ebendiese Variablen hat.

Eine exemplarische Umsetzung für das Beeinflussen der Spielbalance ist in dem Projekt *Ping-Pong++* [Xia+11] gegeben. In diesem wurde betrachtet, an welcher Position auf einer Tischtennisplatte der Tischtennisball aufgekommen ist. Anhand dieser Information wurden die folgenden drei Balancingansätze entwickelt (vergleiche Abbildung 2), die den Spielern helfen sollten Punkte zu erzielen oder einen ankommenden Ball zu verteidigen:

1. Defensive Heatmap: Dem Spieler wird angezeigt wo er sich vorbereiten muss den Schlag zu verteidigen. Es werden Flächen angezeigt, auf die der Gegenspieler wahrscheinlich spielen wird. Diese Information wird spezifisch für jeden Spieler aus vergangenen Spie-

len gesammelt. Jedes Mal, wenn der Ball auf der gegnerischen Fläche auftrifft, wird die Visualisierung aktualisiert.

2. **Offensive Spotlight:** Das offensive Spotlight ist genau gegensätzlich zur defensive Heatmap. Jedes Mal, wenn der Ball auf der eigenen Fläche auftrifft, erscheint ein Kreis auf der gegnerischen Fläche, welche anzeigt, an welche Position gespielt werden sollte, um mit einer möglichst hohen Wahrscheinlichkeit einen Punkt zu erzielen. Hierbei werden in Anbetracht des Aufschlagpunktes alle Gegenschläge, die einen Punkt erzielt haben, betrachtet. Die Informationen für diese Daten werden wieder spezifisch für jeden Spieler aus vergangenen Spielen gesammelt.
3. **Expert Arrows:** Expert Arrows sind dem offensive Spotlight sehr ähnlich, jedoch beschränken sie sich auf Daten von Spielen zwischen professionellen Tischtennisspielern. Vom Aufschlagpunkt des Balles werden weiße Pfeile zu dem Punkt hin gezeichnet, wo die Experten für gewöhnlich hingespielt haben.



**Abbildung 2:** **Links:** Die Defensive Heatmap zeigt dem Spieler an, wo er sich vorbereiten muss einen Schlag zu verteidigen. **Mitte:** Die Offensive Spotlight zeigt dem Spieler an, auf welche Stelle der gegnerischen Hälfte gespielt werden soll, um mit einer hohen Wahrscheinlichkeit einen Punkt zu erzielen. **Rechts:** Die Expert Arrows zeigen an, auf welche Position ein professioneller Spieler wahrscheinlich spielen würde. [Xia+11]

Im normalen Tischtennis lässt sich die Spielbalance zwischen beiden Spielern nur schwer beeinflussen. Normalerweise lässt sich die Spielbalance nur durch ein Handicap beeinflussen, wie beispielsweise das Spielen mit der schlechteren Spielhand für den stärkeren Spieler oder



einen Punktevorsprung am Anfang des Spieles für den schwächeren Spieler. Sollte der schwächere Spieler dennoch verlieren, so führt dies häufig zu Frustration dieses Spielers. Da der Spielinhalt in ATT jedoch maßgeblich von digitalen Elementen beeinflusst werden kann, können hier andere Aspekte, wie beispielsweise die Ballgeschwindigkeit, verändert werden. Die Spielbalance Methoden in ATT beschränken sich dabei auf das Ausgleichen von zwei unterschiedlich starken Spielern, die jedoch physisch nicht eingeschränkt sind.

### 2.3 Existierende Exergames

Videospiele werden in der Regel von der Couch oder einem bequemen Sessel aus gespielt. Der Spieler verwendet hierbei lediglich ein Eingabemedium, wie die Maus und Tastatur, um die virtuelle Figur über virtuelle Landschaften zu steuern. In der Regel bewegt ein Spieler eines solchen Spieles nicht mehr als seine Hände. Zwar gibt es verschiedene Spiele, welche versuchen den Spieler zur Bewegung zu motivieren, jedoch sind diese auf die Fläche des Zimmers eingeschränkt, in welcher das Spielsystem aufgebaut ist. Um diese Einschränkung zu überwinden, dem Spieler also die Freiheit zu geben, eine Spielwelt mithilfe des eigenen Körpers zu erkunden, wurden unterschiedliche omni-direktionale Laufbänder entwickelt. Ein Beispiel für ein solches omni-direktionales Laufband wäre der Virtualizer von Cyberith (vergleiche Abbildung 3<sup>1</sup>).

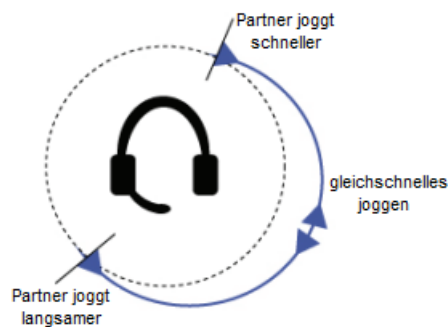


**Abbildung 3:** Ein Spieler bewegt sich auf einem omni-direktionalen Laufband, um einen Charakter in einem Spiel zu steuern. Quelle: Siehe Fußnote<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Quelle: <http://www.stagetwo.eu/article/28-Cyberith-Virtualizer-Spiele-zum-Anfassen-nah/>, zuletzt besucht am 29.09.2015

Die Spieler können dabei ein Gerät wie das Oculus Rift<sup>2</sup> tragen, um die virtuelle Erfahrung zu verbessern. Der Virtualizer beschränkt sich jedoch nicht nur auf die Möglichkeit des Laufens, er bietet dem Spieler auch die Möglichkeit zu springen oder in die Hocke zu gehen. Zudem bieten manche Ausführungen des Virtualizers haptisches Feedback in Form von Vibrationseinheiten, wodurch ein Spieler beispielsweise Explosionen in seiner Nähe spüren kann. Diese Informationen können in Echtzeit an die Spiele übermittelt und entsprechend im Spiel umgesetzt werden. Mithilfe dieser Bewegungsinformationen können normale Videospiele zu Exergames umgebaut werden, indem die Bewegung des virtuellen Charakters nur noch über die Bewegung auf einem omni-direktionalen Laufband möglich ist.

In der Regel gilt für die meisten Sportarten, dass für ein gemeinsames Ausführen dieser, die Spieler sich am gleichen Ort, beziehungsweise im gleichen Raum, wie ihr Mit- oder Gegenspieler aufhalten müssen. Exergames ermöglichen es den Benutzern jedoch, sich an verschiedenen Orten zu befinden und dennoch zusammen eine Tätigkeit auszuführen. Ein Beispiel hierfür wäre *”Jogging over a distance”* [MOT07], bei dem sich die beiden Jogging Partner an unterschiedlichen Orten befinden und somit nicht die selbe Strecke joggen. Dieser Umstand erleichtert es, einen Jogging Partner zu finden, der zum selben Zeitpunkt joggen gehen möchte.

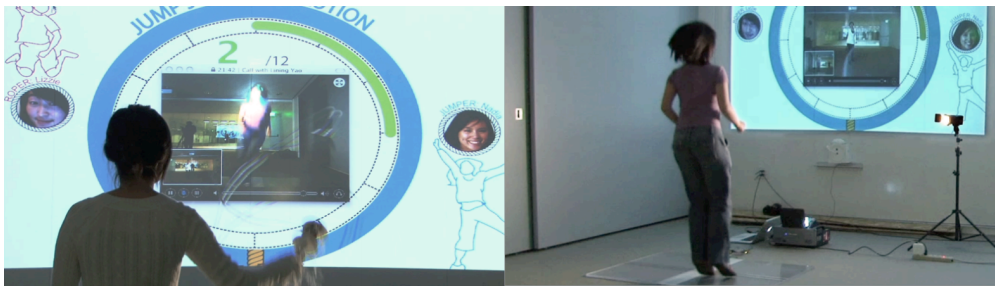


**Abbildung 4:** Tonherkunft abhängig von der Laufgeschwindigkeit. [MOT07]

Ein Jogging Partner ist oft eine Motivation, sich mehr anzustrengen, um mit diesem mitzuhalten und nicht hinter ihn zu fallen. Aus diesem Grund tragen bei diesem Projekt beide Jogger ein Headset und einen kleinen Computer, für das Sammeln von Daten in einem Rucksack. Das Computersystem misst während des Joggens die Geschwindigkeiten der beiden Personen. Wenn nun einer der beiden Jogger spricht, dann ändert sich abhängig der Geschwindigkeiten der beiden Jogging Partner die Position des Tons (siehe Abbildung 4). Wenn also ein Jogger spricht, so kann der andere feststellen, ob er schneller, langsamer oder gleich schnell läuft und entsprechend sich vor, hinter oder neben der anderen Person befindet. Auf diese Weise kann den beiden Personen ein Gefühl des gemeinsamen Joggens vermittelt werden. Um die Suche für einen geeigneten Partner zu erleichtern, wurde eine Balancingmethode in das System eingebaut. Diese zielt darauf ab, dass auch unterschiedlich starke Jogger gut gemeinsam joggen können, ohne dass eine Person sich ständig hinter der anderen befindet. Die Balancingmethode besteht dabei in Form einer veränderlichen Tempovariablen, welche an die entsprechenden Stärken der Jogger angepasst werden kann.

<sup>2</sup><https://www.oculus.com/en-us/>

Das Projekt *Multi-Jump: Jump Roping Over Distances* [Yao+11] hat sich wie [MOT07] damit befasst, wie eine Tätigkeit, welche für gewöhnlich gemeinsam am selben Ort ausgeführt wird, an verschiedenen Orten ausgeführt werden kann. Aus diesem Grund wurde ein Mehrpersonen Seilspringenspiel entwickelt, welches zusätzlich zu dem vorangehenden Konzept, die sozialen Fähigkeiten von Kindern fördern soll und ihnen gleichzeitig dabei helfen soll, ihre Koordination und Fitness zu verbessern. Der Hauptfokus lag jedoch darauf, das Spiel über Distanz spielen zu können. Dabei können auch mehr als zwei Spieler dieses Spiel gleichzeitig spielen. Eine Person übernimmt hierbei die Rolle des Seilschwingers, während die anderen Personen über das Seil springen müssen (vergleiche Abbildung 5). Mittels Webcams werden die Spieler aufgenommen und den anderen Spielern live angezeigt. Zudem wird jedem Spieler angezeigt, wie fortgeschritten der Seilschwung ist. Ein Highscore System wird für die Steigerung der Motivation eingesetzt.



**Abbildung 5:** Links: Die Ansicht des Seilschwingers, Rechts: Die Ansicht des Springers. [Yao+11]

Ein erster Test, bei dem ein Zwei-Spieler Setup mit einem Seilschwinger und einem Seilspringer verwendet wurde, hat gezeigt, dass vor allem die Live-Video Übertragung als Feedback für das Springen verwendet wurde. Benutzer des Systems haben berichtet, dass sie primär die Live-Video Daten verwendet haben, um herauszufinden, wann sie springen müssen. Die Anzeige, welche angibt, wie weit der Seilschwung im Moment ist, wurde oftmals nicht beachtet. Die Spieler haben das Exergame also praktisch so gespielt, als wenn sie ganz normal seilgesprungen wären.

## 2.4 Technisch verwandte Exergames

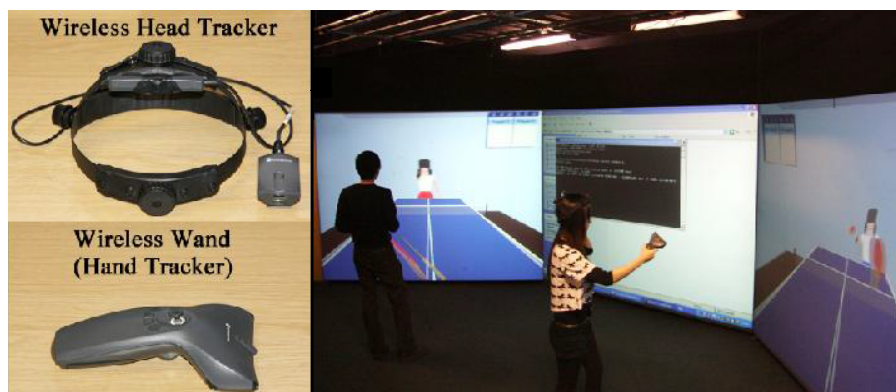
Für ATT ist es wichtig, dass die Bewegung des Schlägers, sowie die Bewegung des Spielers, getrackt werden kann. Bei dem Exergame *Kinectballs: An Interactive Tool for Ball Throwing Games* [SDM13] wurde ein Ball auf eine Leinwand geworfen und mit einer Kinect getrackt (vergleiche Abbildung 6). Anhand der Flugbahn des Balles wird der wahrscheinliche Aufprallpunkt mit der Leinwand berechnet. Sobald der Ball mit der Leinwand kollidiert, wird ein virtueller Ball erzeugt, der sich weiter in die Ebene hinein bewegt. In der virtuellen Welt befinden sich Objekte, mit denen der virtuelle Ball interagieren kann.

Der Ball konnte präzise getrackt werden, sofern er nicht zu schnell oder zu gerade geworfen wurde. Es gab keine genauen Angaben für den Begriff "zu schnell". Da im Tischtennis oftmals sehr hohe Geschwindigkeiten von Spieler und Schläger zustande kommen, ist es deshalb fraglich, ob eine Kinect für das Tracken von Spieler und Schläger verwendet werden kann.



**Abbildung 6:** Live Demonstration des KinectBalls Prototypen. [SDM13]

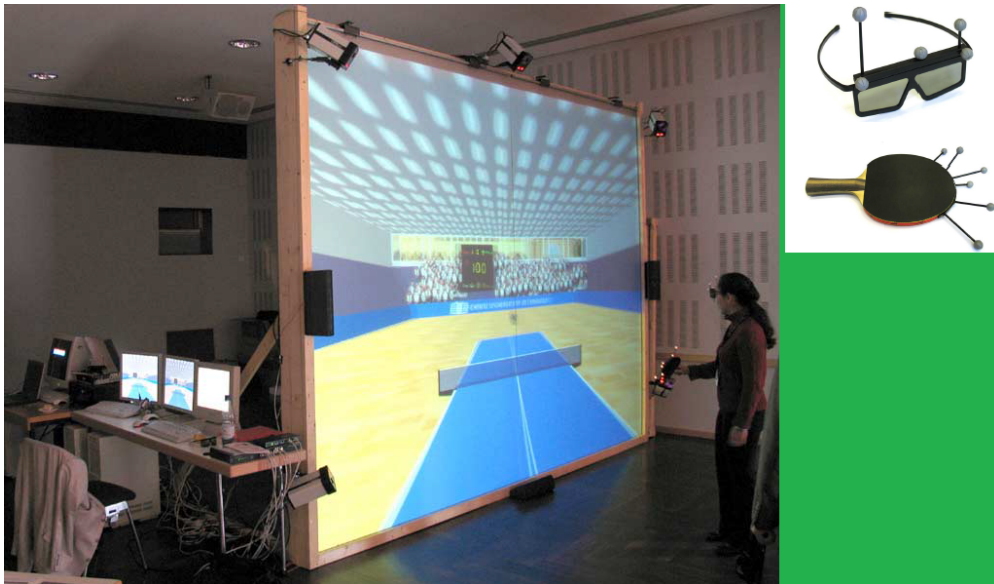
Bei *Real-Time Immersive Table Tennis Game for Two Players with Motion Tracking* [Yin+10] wird ein Ultraschall Tracking System verwendet, um die Position und Orientierung des Kopfes und die Bewegung der Hand zu bestimmen. Um dabei die Spieler und ihre Handbewegung zu tracken, wird ein spezieller "Head Tracker" getragen und ein spezieller Schläger gehalten (siehe Abbildung 7, links). Die Bewegung der Hand wurde verwendet, um den digitalen Schläger zu steuern, der "Head Tracker" ermöglicht es, die virtuelle Szene in Echtzeit auf die Sicht des Spielers zu ändern. Jeder Spieler stand dann vor einem eigenen Bildschirm (siehe Abbildung 7, rechts).



**Abbildung 7:** Links: Kopf und Schläger Tracker; Rechts: Zwei Spieler spielen gegeneinander. [Yin+10]

Da das Spielfeld und der Ball in diesem Projekt jedoch in digitaler Form vorliegt, wurde nicht auf eine praktische Form des Schlägers für das physische Spielen geachtet. Da für die Umsetzung von ATT ein normaler Tischtennisschläger verwendet werden soll, ist das Schläger Tracking für ATT nicht verwendbar.

In *Real Time Tracking of High Speed Movements in the Context of a Table Tennis Application* [RB05] wurde ein digitales Tischtennispiel entwickelt. Der Spieler trägt bei diesem Projekt eine mit Markern versehene Polarisationsbrille, die einen dreidimensionalen Effekt erzeugt. In der Hand hält der Spieler einen mit Markern versehenen Tischtennisschläger (siehe Abbildung 8). Der Spieler positioniert sich anschließend vor dem Bildschirm, um das Spiel spielen zu können. Die Spielfläche wird mithilfe von zwei Beamern von der Rückseite her auf zwei Glasplatten projiziert. Die Glasplatten werden von einem Holzgerüst getragen. An dem Holzgerüst befinden sich fünf Kameras, welche die fünf Marker an der Brille und die sechs Marker an dem Tischtennisschläger tracken.



**Abbildung 8:** Links: Ein Spieler vor dem digitalen Spielfeld Rechts: Eine Polarisationsbrille und ein Schläger mit den angebrachten Markern[RB05]

## 2.5 Zusammenfassung

In diesem Kapitel wurden Exergames betrachtet. Exergames sind Bewegungsspiele, die eine Eingabemethode benötigen, bei deren Benutzung der Spieler bewusst physische Kraft aufwenden muss. Das Spiel kann dabei nicht ohne diese Eingabemethode gespielt werden. Ein Thema, mit dem sich Exergames befassen, ist die Spielbalance, wobei sich gezeigt hat, dass eine versteckte, dynamische Spielbalance einer expliziten, unveränderlichen Spielbalance vorzuziehen ist. Zusätzlich zur Definition von Exergames und dem Betrachten der Spielbalance wurden verschiedene, teilweise technisch verwandte, Exergames vorgestellt.

Da die Universität Konstanz einen Raum besitzt, in dem 24 Kameras angebracht sind, welche wie die Kameras des Projektes [Yin+10] Marker tracken können, werden für die Umsetzung des Projektes eben dieses Kamerasystem verwendet. Dieses Kamerasystem ist das Opti-Track Systems, mithilfe dessen die Daten über getrackte Objekte an andere Programme weitergegeben werden können. Im folgenden Kapitel werden die Konzepte und Umsetzung von ATT, die sich aus der Recherche ergeben haben, vorgestellt.

### 3 Konzepte und Umsetzung

Das Projekt wurde mithilfe von C# und WPF implementiert. Für die Kommunikation mit dem OptiTrack System wurde das NatNet Framework (Version 2.7) verwendet. Im Folgenden sollen die Anforderungen, die wichtigsten Konzepte und deren Umsetzung gezeigt werden.

#### 3.1 Anforderungen an ATT

Das Exergame ATT basiert auf dem Spiel Pong<sup>3</sup> und der Sportart Tischtennis. Im Gegensatz zum normalen Tischtennis liegt der Spieleinhalt hierbei in einer digitalen Form und nicht in einer physischen Form vor. Bei ATT spielen zwei Spieler gegeneinander. Mithilfe eines physischen Tischtennisschlägers müssen sie den digitalen Ball blocken, sodass dieser nicht über ihre Tischseite hinaus geht. Aus diesen Grundlagen bilden sich die folgenden Anforderungen an das System:

- (1) **Echtzeit Tracking:** Die Positionen der beiden Spieler, sowie die Positionen und Bewegungen der Schläger, sollen in Echtzeit getrackt und vom Spiel umgesetzt werden können. Diese Aufgabe soll mithilfe des OptiTrack Systems umgesetzt werden.
- (2) **Graphische Darstellung:** Die Spieler spielen das Spiel mit einem physischen Schläger. Daraus ergibt sich, dass für den physischen Schläger, ein digitales Gegenstück benötigt wird. Dieses soll sich an der selben Position befinden, wie der physische Schläger. Im Gegensatz zum normalen Pong soll der digitale Schläger dabei auch schräg im Spiel dargestellt werden können.
- (3) **Physikalische Gesetze:** Für den digitalen Spielball sollen vereinfachte, physikalische Gesetze gelten. Auf diese Weise soll vermieden werden, dass die Spieler über unverständliche Bewegungen des Balles verwirrt werden können.
- (4) **Spielerisches Lernen:** ATT soll den Spielern spielerisch die korrekte Ausführung von verschiedenen Tischtennis-Techniken beibringen. Dabei sollen die Spieler Schlagtechniken beiläufig trainieren, ohne explizit vom System dazu angewiesen zu werden. Dem Spieler ist es selbst überlassen, ob er eine Schlagtechnik anwenden möchte, oder nicht. Um auf die Korrektheit der Schlagtechnikausführungen testen zu können, soll eine einfache Schlagtechnikerkennung implementiert werden. Diese beschränkt sich dabei auf die Bewegung und Haltung des Schlägers, nicht auf die Körperhaltung der Spieler.
- (5) **Motivation zur Bewegung:** ATT ist ein Exergame und soll entsprechend Menschen dazu motivieren, sich mehr zu bewegen.

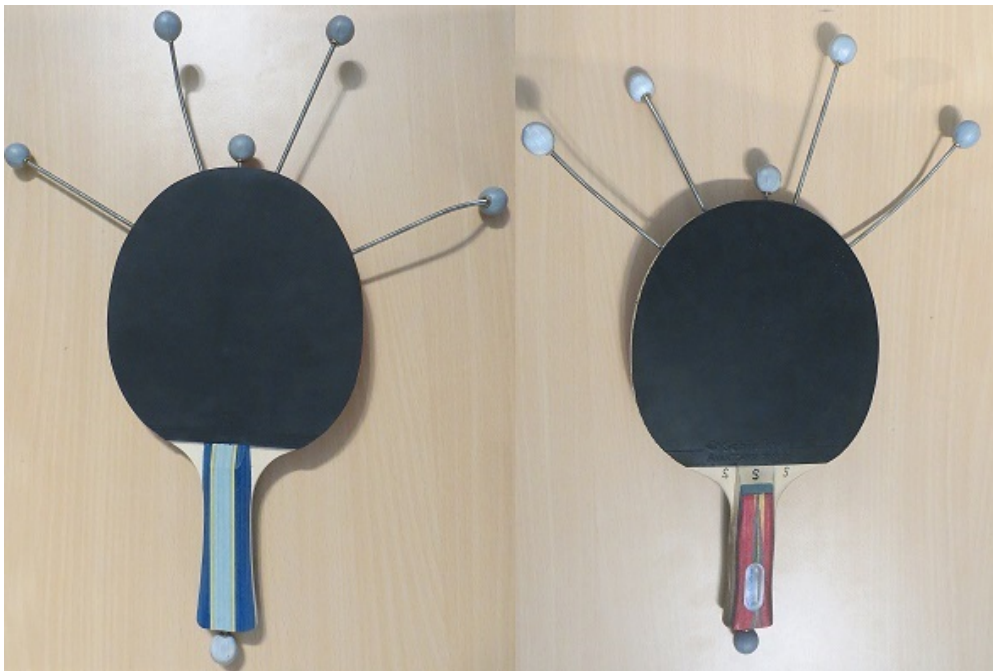
Die aus diesen Anforderungen entstandenen Konzepte und Umsetzung werden im Folgenden vorgestellt. Die genaue technische Implementierung kann in dem Projektbericht [Höl15] nachgelesen werden.

---

<sup>3</sup><https://de.wikipedia.org/wiki/Pong>

### 3.2 Konzepte

Für das Tracking der Spieler und Schläger wird das OptiTrack System verwendet. Damit das OptiTrack System Objekte tracken kann, müssen Marker an diese angebracht werden. Für das Tracking der Spieler werden dabei die mit Markern versehenen Mützen verwendet, die bereits in anderen Projekten eingesetzt wurden. Um die Marker an den Schlägern anzubringen, werden wie in [RB05] Gewindestangen an den Schläger angebracht und mit Markern versehen. Es wurden dabei verschiedene Längen der Gewindestangen, sowie unterschiedliche Anzahlen der Marker pro Schläger empirisch getestet. Durch das Verbiegen mancher Gewindestangen, ergab sich eine bessere Erkennung, als durch den reinen Einsatz von geraden Gewindestangen. Es hat sich dabei gezeigt, dass etwa fünf Marker ausreichen, um den Schläger zuverlässig in allen Lagen tracken zu können. In Abbildung 9 sind die beiden fertigen Schläger zu sehen. Die Marker in den Griffen werden oftmals von der Hand des Spielers verdeckt und werden nicht für das Tracking verwendet. Sie werden primär für das graphische Darstellen der Schläger auf dem Tisch verwendet.



**Abbildung 9:** Zwei mit Marker versehene Schläger, die für das Spielen verwendet werden können.

Als Spielfläche für ATT dient eine Tischtennisplatte, auf die, mithilfe eines Projektors, der digitale Spielinhalt projiziert wird. Der Projektor wird dabei über der Tischtennisplatte angebracht, sodass dieser von oben herab auf sie projizieren kann. Die Objekte, die der Projektor projiziert, sind der Spielball, die beiden Schläger der Spieler und die UI-Elemente, wie beispielsweise die Punkteanzeige (siehe Abbildung 10).



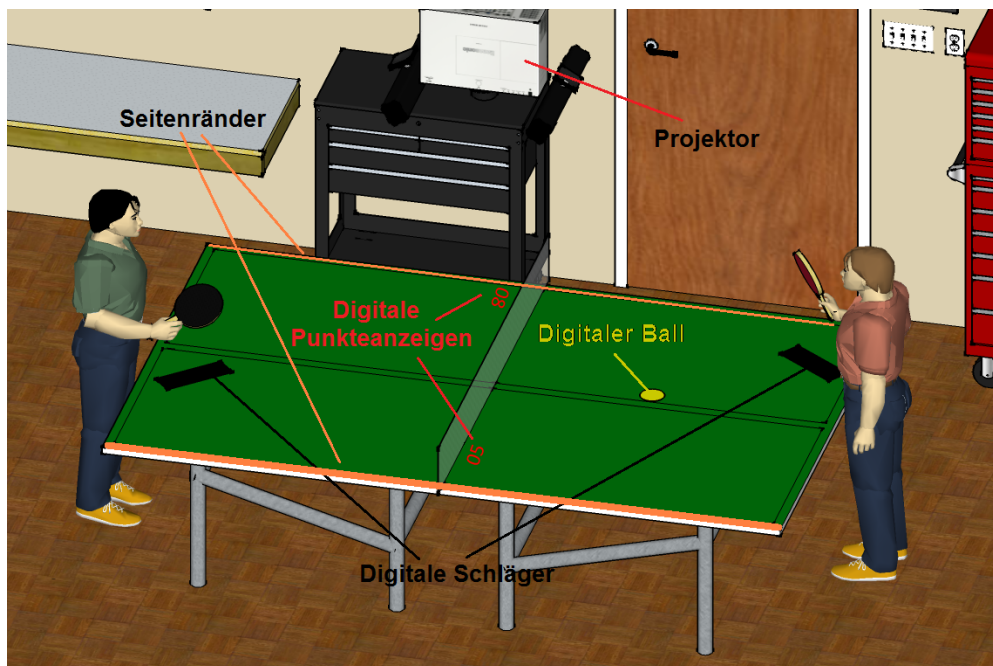


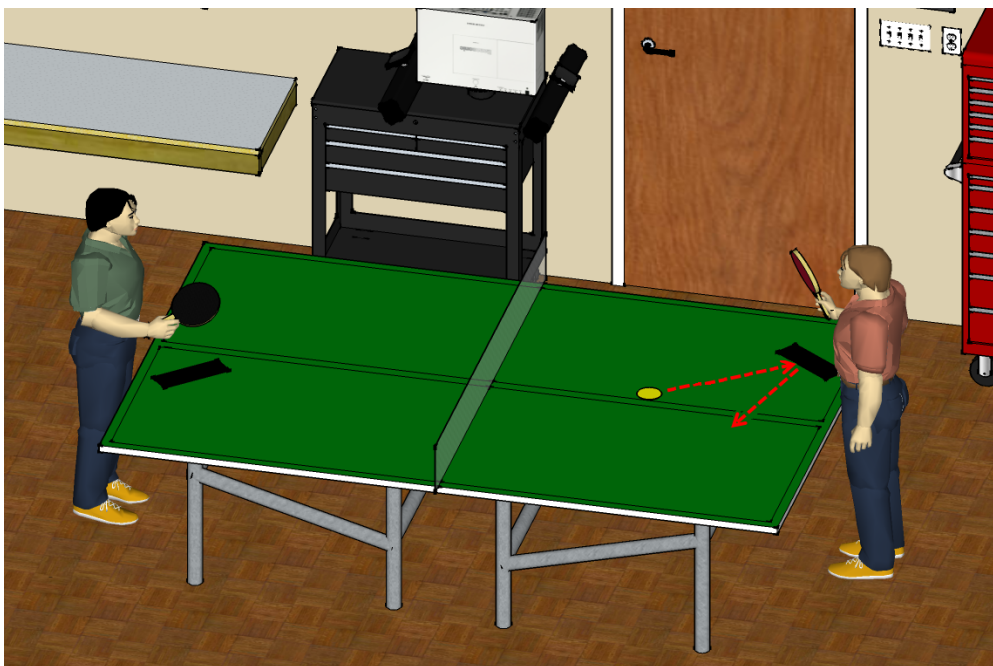
Abbildung 10: Die Spielkomponenten von Pong

### Konzept: Graphische Darstellung der Schläger

Die digitalen Schläger sollen sich an der selben Stelle auf dem Tisch befinden, an welcher sie sich auch in der Realität befinden. Damit die Ballwechsel interessanter werden, sollen die digitalen Schläger, wie in Abbildung 10, die selbe Neigung haben, wie ihre realen Gegenstücke. Die Spieler können auf diese Weise die Bewegung des Balles besser beeinflussen. Da die Koordinaten, welche das OptiTrack System liefert, nicht identisch mit jenen sind, welche vom zweidimensionalen Koordinatensystem des Spieles verwendet werden, gibt es zwei Ansätze diese umzurechnen. Zum einen gibt es die Möglichkeit, den Nullpunkt des *Motiv* Programmes, welches das OptiTrack System verwaltet, auf den (0,0)-Eckpunkt der Spielanwendung festzulegen. Alternativ können anhand der vier OptiTrack Koordinaten für die Eckpunkte des Tisches die relativen Positionswerte berechnet und im Spiel umgesetzt werden. Es wird also berechnet, in welcher Relation sich der physische Schläger im Verhältnis zu den physischen Eckpunkten befindet. Anschließend können die selben Relationswerte auf die digitale Anwendung angewandt werden. Da es beim Aufbau des Tisches einfacher ist, die Koordinaten der vier Eckpunkte auszulesen und dem Programm zu übergeben, wurde diese Form der Implementation gewählt.

### Konzept: Spielphysik

Wenn der Ball einen digitalen Schläger berührt, oder er mit einem der beiden Seitenrändern zusammenstößt, so soll er, nach dem einfachen physikalischen Prinzip "Einfallswinkel entspricht Ausfallswinkel", von dem Objekt abprallen (siehe Abbildung 11). Da die Spieler kein haptisches Feedback über ihren Schlag erhalten und die dritte Dimension bei der Bewegung des Balles fehlt, werden physikalische Gesetze, wie beispielsweise Reibung, nicht beachtet, sodass die Spieler sich nicht über unverständliche Bewegungen wundern. Zudem soll sich der Ball schneller bewegen, wenn der Spieler den Schläger schnell genug bewegt. Auf diese Weise sollen Spieler motiviert werden, nicht nur den Schläger an eine Position zu halten, sondern sich aktiv zu bewegen.



**Abbildung 11:** Die Aufprallphysik illustriert. Es gilt: Einfallswinkel gleich Ausfallswinkel

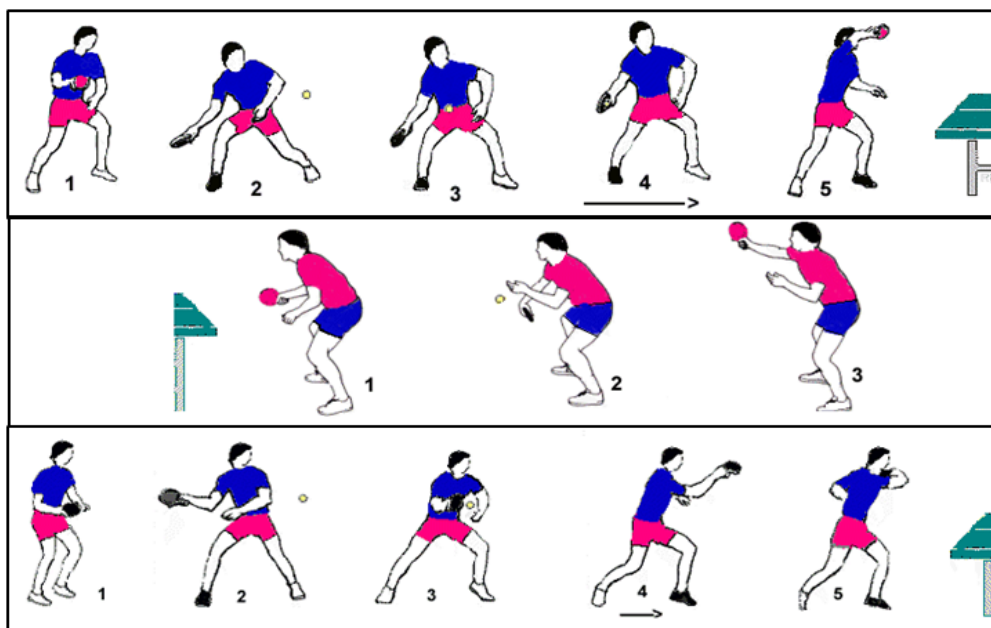
Wie im realen Tischtennis, ist es einem Spieler nicht erlaubt, mehr als einmal in Folge den Ball zu schlagen. Nachdem ein Spieler den Ball getroffen hat, interagiert der Ball nicht mehr mit dem Schläger, bis der Gegenspieler den Ball getroffen hat oder ein Punkt erzielt wurde. Das heißt, falls ein Spieler aus Versehen den Ball in sein eigenes Aus gespielt hat, kann er dies nicht mit einem zweiten Schlag ausgleichen. Dieses Konzept wird auch deshalb verwendet, damit ein Spieler bei seiner Schlägerbewegung nicht versehentlich den Ball mehrfach trifft, sollte er den Schläger schneller bewegen, als sich der Ball bewegt.

### Konzept: Spielerisches Lernen

Ein Spiel zu spielen macht mehr Spaß, wenn dieses gut beherrscht wird. Deshalb ist das beiläufige Lernen des Spieles Tischtennis, insbesondere der Schlagtechniken, ein wichtiger Aspekt, welcher ATT zugrunde liegt. Mithilfe des Exergames sollen die Spieler in der Ausübung von Schlagtechniken geschult werden und dazu motiviert werden, diese anzuwenden. Die Schulung der Schlagtechniken soll deshalb spielerisch erfolgen, das heißt dem Spieler wird nicht vom System vorgeschrieben, dass er eine Schlagtechnik ausführen muss. Er hat die freie Wahl, ob er eine Schlagtechnik ausführen möchte oder nicht. Damit die Spieler jedoch motiviert werden, Schlagtechniken auszuüben, sollen sie für die korrekte Anwendung dieser verschiedene Boni erhalten. Idealerweise würde das Spielen von ATT dazu führen, dass die Spieler Lust auf normales Tischtennis erhalten, aufgrund ihrer Erfahrung mit dem Exergame.

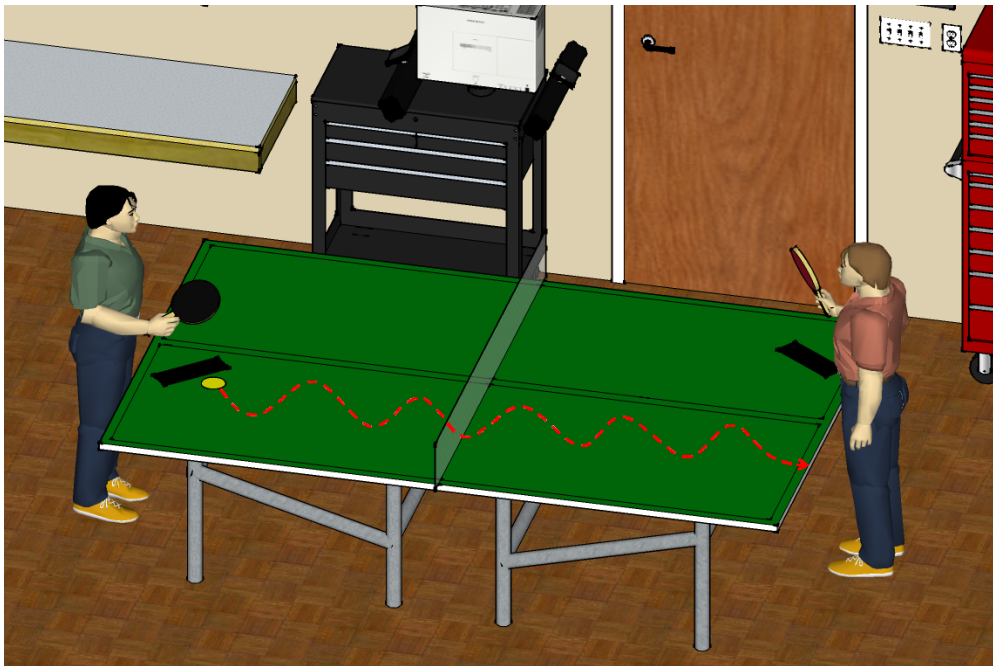
Die Schlagtechniken, die vom System erkannt werden sollen, sind der Vorhand-Topspin, der Rückhand-Topspin und der Schmetterschlag. Diese Schläge wurden ausgewählt, da ihre Bewegungsabläufe leicht vom System unterschieden werden können, was die Identifikation vereinfacht. Der Bewegungsablauf der drei Schläge ist in Abbildung 12 illustriert.

Für die Topspin Schläge und den Schmetterschlag gibt es jeweils eine Belohnung, welche die Eigenschaften des jeweiligen Schlagtyps reflektieren soll. Bei einem Schmetterschlag wird der Ball sehr stark beschleunigt, wodurch es erschwert wird, die Position des Balles auszumachen. Bei einem richtig angewandten Schmetterschlag, soll deshalb der Ball langsam verschwinden und anschließend langsam wieder auftauchen.



**Abbildung 12:** Die Bewegungsabläufe der drei implementierten Schläge. Von oben nach unten: Vorhand-Topspin, Rückhand-Topspin, Schmetterschlag [Do15]

Bei einem Topspin erhält der Ball einen starken Drall, weshalb sich, bei einem richtig angewandtem Topspin Schlag, der Ball in einer Schlangenlinie bewegen soll, wie in Abbildung 13 illustriert wird. Beide Belohnungen zielen darauf ab, dass es für den Gegenspieler erschwert wird, den Ball anzunehmen. Die Spieler sollen durch die Belohnungen motiviert werden, die Schlagtechniken häufiger einzusetzen und dadurch den Bewegungsablauf zu üben, beziehungsweise zu erlernen.



**Abbildung 13:** Die Bewegung des Balles, nachdem ein Topspin Schlag richtig angewendet wurde.

Um dem Spieler direkt Feedback über seinen Schlag zu vermitteln, verfärbt sich der Ball bei richtiger Anwendung einer Schlagtechnik. Idealerweise wird vom System erkannt, ob ein Spieler eine Schlagtechnik ausüben wollte und gibt diesem bei einer falschen Ausübung Feedback über seine Fehler. Dieses Ziel wird mithilfe einer Schlaglinie umgesetzt, welche die letzten 30 Positionswerte des Schlägers graphisch auf dem Tisch darstellt. Dabei ist ihre Farbe rot, wenn der Schlag durchgehend nicht gut war, gelb, wenn der Schlag teilweise richtig war und grün, falls der Schlag richtig war. Die Farbcodierung kann auf die Farben rot, gelb und blau umgestellt werden, falls eine farbenblinde Person das System verwendet.

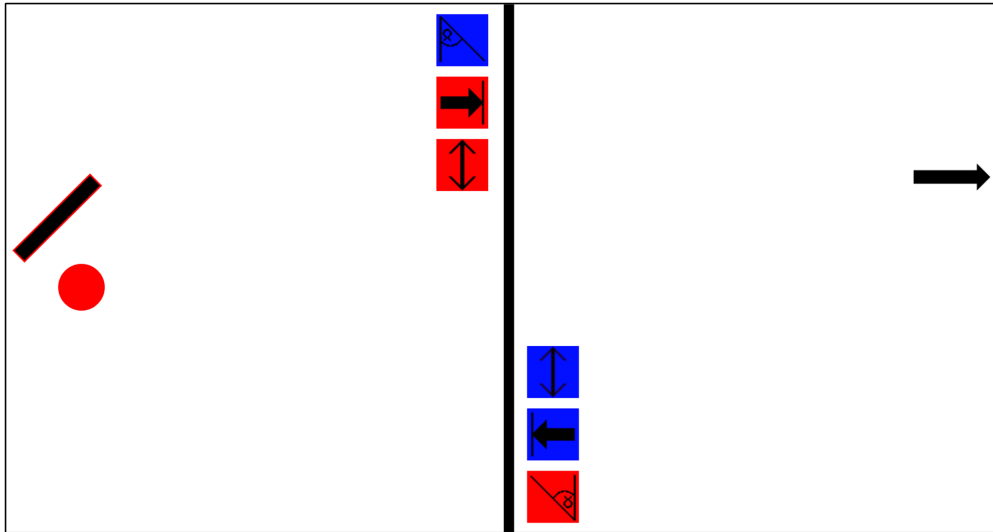
### Erzielen von Punkten und Spielende

Wenn ein Spieler einen Punkt erzielt, dann erhält dieser den Aufschlag. Beim Aufschlag befindet sich der Ball mittig im Spielfeld, nahe dem Rand des jeweiligen Spielers. Der Ball bewegt sich erst nach Berührung mit dem Schläger. Um einen versehentlichen Aufschlag zu verhindern, zeigt eine Anzeige einen Countdown mit anschließendem "Go!" als Startsignal an. Der Ball interagiert erst mit dem Schläger, wenn die Anzeige "Go!" anzeigt. Der Countdown soll es auch dem Gegenspieler ermöglichen, sich auf das Anspiel einzustellen. Der Spieler, der zuerst 11 Punkte erzielt, gewinnt die Partie. Eine neue Partie kann anschließend gestartet werden, wenn beide Spieler ihre Schläger in die Mitte der Tischtennisplatte halten.

### 3.3 Änderungen für die Studie

Für die Studie wurde eine Balancingmethode implementiert. Das Ziel der Balancingmethode ist es, dass zwischen zwei unterschiedlich starken Spielern ein ausgeglicheneres Spiel entsteht. Da eine dynamisch, versteckte Balancingmethode nach [Ger+14] die beste Umsetzung ist, wird den Spielern nicht mitgeteilt, dass eine solche Methode existiert. Das Balancing startet, sobald ein Spieler mit mehr als 5 Punkten Vorsprung eine Partie gewinnt. In der folgenden Partie bewegt sich der Ball, nachdem der vorherige Gewinner ihn getroffen hat, in etwa 10% langsamer, als das er sich normalerweise bewegen würde. Auf diese Weise soll es dem schlechteren Spieler einfacher gemacht werden, den Ball anzunehmen. Die zweite Änderung, die für die Studie vorgenommen wurde, war die Implementierung einer Datalogging Klasse. Diese Klasse zeichnet alle Schläge und Schlagtechniken der Spieler auf und speichert sie in Textform ab. Zudem zeichnet sie die Information auf, ob die Balancingmethode verwendet wurde und ob die Partie, welche die Balancingmethode verwendet, ausgeglichener war als die vorherige. Dabei wird der Punkteunterschied am Ende einer Partie betrachtet, um sagen zu können, ob diese ausgeglichener war, als die vorherige. Des Weiteren wurde noch ein Blockpfeil implementiert, der dem Spieler anzeigen soll, wo sich der Schläger befindet, wenn der Schläger sich nicht auf dem Tisch befindet. Dieser Pfeil ist in Abbildung 14 auf der rechten Spielhälfte zu sehen.

Damit die Spieler die Schlagtechniken üben können, wurde der Testmodus entwickelt. In diesem prallt der Ball von den Seitenwänden der Spieler ab, es werden also keine Punkte vergeben. Zudem bewegt sich der Ball sehr langsam, sodass die Spieler sich gut auf seine Bewegung einstellen können. Die langsame Bewegung des Balles ermöglicht es den Spielern auch ihre Schlaglinie besser zu betrachten. Anstelle der Punkteanzeige, werden im Testmodus drei Symbole angezeigt, die nach jedem Schlag Feedback über die Korrektheit der Ausführung geben (vergleiche Abbildung 14). Die drei Symbole beschreiben hierbei zum einen, ob die Schlägerneigung, also der Winkel des Schlägers im Verhältnis zur Tischtennisplatte, korrekt war, ob der Schläger am Ende des Schlages hoch genug ausgeschwungen wurde und ob der Spieler den Schläger weit genug von links nach rechts, oder umgekehrt, bewegt hat. Um Aufschluss über die Korrektheit zu erhalten, haben die Symbole zwei Farbzustände, blau und rot. Ein blauer Zustand bedeutet, dass die beschriebene Eigenschaft für die Schlagtechnik erfüllt wurde, ein roter Zustand beschreibt eine Nichterfüllung.



**Abbildung 14:** Ein Screenshot des Testmodus, drei Symbole ersetzen hierbei die Punkteanzeige. Aus Sicht des Spielers stellt das linke Symbol die Schlägerneigung, das mittlere die Schlägerhöhe am Ende des Schlages und das rechte die zurückgelegte Distanz dar. Eine blaue Färbung bedeutet dabei, dass die entsprechende Schlageigenschaft korrekt ausgeführt wurde.

Dieses Feedback wurde absichtlich sehr einfach gehalten, sodass die Spieler mit einem kurzen Blick erkennen, welchen Teil ihres Schlages sie verbessern müssen. Die Symbole sind sehr groß und nehmen entsprechend viel von der Übersichtlichkeit des Spieles weg. Aus diesem Grund wurden sie nicht in den normalen Spielmodus übernommen.

Um die Ausführung des Schmetterschlages attraktiver zu machen, wurde die Ballgeschwindigkeit des Schmetterschlages deutlich erhöht. Zusätzlich wurde die Ballgeschwindigkeit bei allen anderen Schlägen, mit mehreren Geschwindigkeitsstufen, an die Schlagstärke angepasst. Durch die dynamische Ballgeschwindigkeit gewann das Spiel zudem an Spieltiefe. Zusätzlich zum Testmodus wurde auch die Linie, die nach einem Balltreffer angezeigt wird, überarbeitet. Diese färbt sich nun abschnittsweise, je nachdem wie gut der Schlag in diesem Teil der Bewegung war. Wie zuvor, weißt eine rote Färbung darauf hin, dass alles in dem Abschnitt falsch ausgeführt wurde, eine gelbe Färbung weißt darauf hin, dass ein Teil falsch ausgeführt wurde und eine grüne (beziehungsweise blaue im Farbenblind Modus) Färbung bedeutet, dass alles in diesem Abschnitt richtig ausgeführt wurde (vergleiche Abbildung 15).



**Abbildung 15:** Eine exemplarische Darstellung der Schlaglinie.

## 4 Evaluation

Die Evaluation des entwickelten Exergames ist der zentrale Fokus dieser Arbeit. Die Evaluation soll die Gebrauchstauglichkeit und die Benutzererfahrung des Spieles testen. Für diese Zwecke wurde das Spiel von mehreren Zweiergruppen, im Rahmen einer Laborstudie, gespielt und anschließend bewertet. Für die Datenerfassung wurden mehrere Methoden verwendet. Zum einen die Beobachtung der Spieler, während sie mit dem System gespielt haben, zum anderen Fragebögen und anschließende Interviewfragen. Zusätzlich wurden noch Spielinteraktionen maschinell geloggt. Der Aufbau der Studie orientiert sich hierbei am DECIDE Framework [Rod11]. Der grobe Ablauf des gesamten Evaluationsprozesses lässt sich in folgender Grafik ablesen.

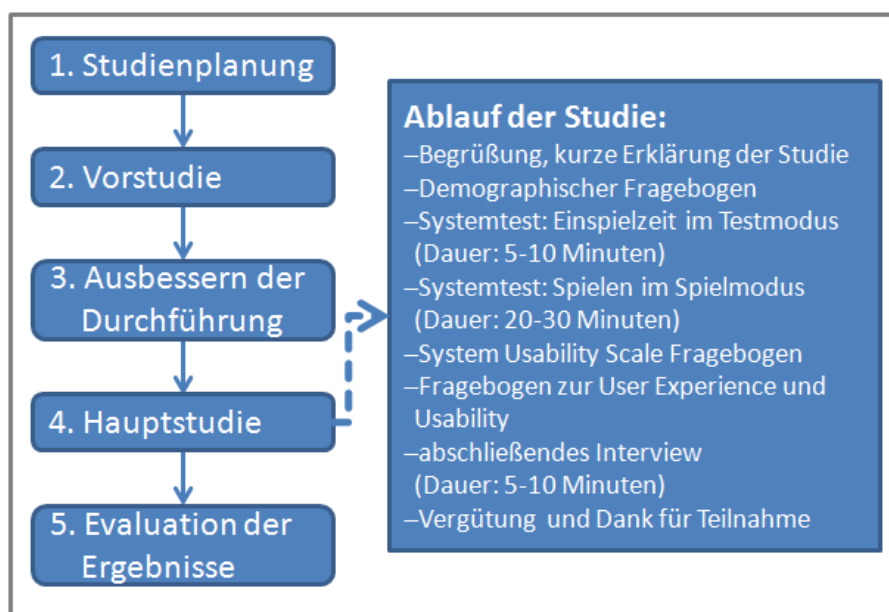


Abbildung 16: Der grobe Ablauf des gesamten Evaluationsprozesses.

### 4.1 Versuchsaufbau

Für die Studie wurde die Tischtennisplatte in der Mitte des Mediarooms platziert, sodass die Spieler genug Raum hatten, um sich frei zu bewegen. Zudem ist die Erkennung der Schläger mittig im Raum am besten. Eine Kamera wurde so platziert, dass das Spiel, sowie beide Spieler, gleichzeitig aufgenommen werden konnten. Der Versuchsaufbau aus der Perspektive der Kamera, ist in Abbildung 17 zu sehen. Die Kamera gibt Aufschluss über den Bewegungsablauf der Spieler, sodass festgestellt werden kann, unter welchen Bedingungen die Schlagtechniken falsch erkannt werden. Zudem hilft sie, von Spielern beschriebene Probleme, nach der Studie identifizieren und analysieren zu können. Auf der, aus der Sicht der Kamera, linken Seite befand sich Spieler 1, auf der rechten Seite Spieler 2.

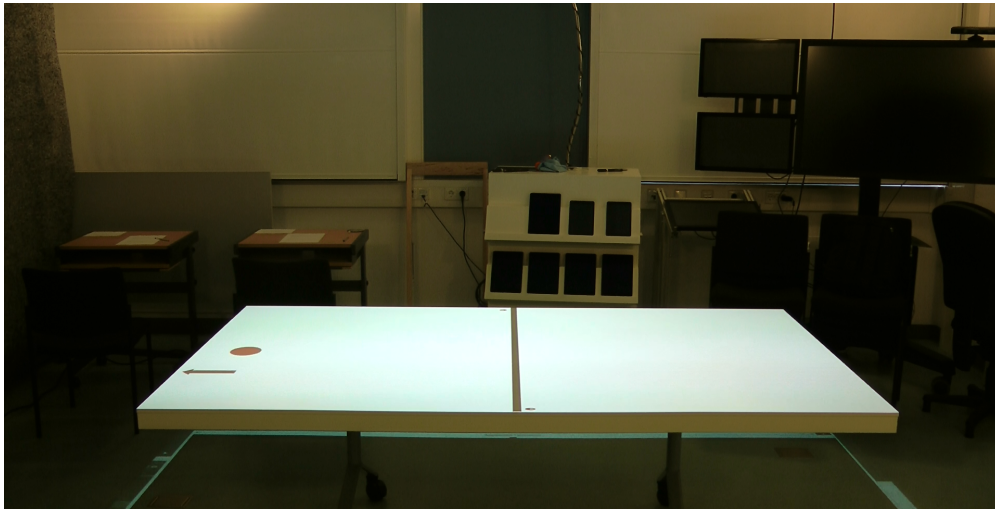


Abbildung 17: Der Versuchsaufbau aus der Perspektive der Kamera.

## 4.2 Evaluationsziele

Bevor der Ablauf einer Studie geplant werden kann, müssen zuerst die Ziele dieser definiert sein. Die Ziele der Studie stehen im Zusammenhang mit den Zielen von ATT und lassen sich in vier Hauptziele gliedern. Um zu überprüfen, ob diese Ziele erreicht wurden, werden zu den Zielen spezifische Forschungsfragen aufgestellt. Die Studienziele werden dabei mit [Z] und die Forschungsfragen mit [F] gekennzeichnet:

1. **[Z1] Bewegung und Balancing:** Die Studie soll ermitteln, ob ATT den Spaß an Sport/Bewegung gefördert hat und somit das allgemeine Ziel von Exergames erfüllt wird. Des Weiteren soll überprüft werden, ob die Balancing Methode zu ausgeglicheneren Spielen führt und ob die Spieler diese wahrnehmen.  
**Forschungsfragen:** [F1] Hat das Spielen Spaß gemacht? [F2] Hat das Spiel Lust auf Tischtennis gefördert? [F3] Waren die Spiele ausgeglichener, wenn die Balancing Methode aktiv war?
2. **[Z2] Beiläufiges Lernen:** Ein zuvor erwähntes, für ATT wichtiges Ziel, ist es, den Spielern beiläufig die Tischtennistechiken beizubringen. Ein Spiel zu spielen macht mehr Spaß, wenn dieses beherrscht wird. In der Studie soll deshalb ermittelt werden, ob das erhaltene Feedback über die Schlagtechniken für die Spieler ausreichend ist und ob die Belohnungen Anreiz genug verschaffen, Schlagtechniken ohne Anweisung des Systems auszuführen. Es soll dabei auch ermittelt werden, ob bei den Spielern ein Lerneffekt eingetreten ist. Sollten Spieler nur wenige oder gar keine Schlagtechniken ausführen, so sollen diese befragt werden aus welchem Grund dies der Fall ist.



**Forschungsfragen:** [F4] Wurden über den Spielverlauf hinweg mehr Schlagtechniken angewendet? Wenn nicht, weshalb? [F5] War das Feedback für die Schlagtechniken ausreichend?

3. **[Z3] Spielspaß:** ATT soll in erster Linie als Spiel aufgefasst werden, welches dem Benutzer Spaß bereitet. Die Benutzer sollen das System gerne verwenden, idealerweise das Verlangen haben, das Spiel erneut zu spielen. Aus diesem Grund soll in der Studie die Benutzererfahrung beim Umgang mit dem System ermittelt werden und mögliche Verbesserungen ausfindig gemacht werden.

**Forschungsfragen:** [F1] Hat das Spielen des Spieles Spaß gemacht? [F6] Würden die Benutzer nach der Benutzung des Spieles gerne weiterspielen beziehungsweise das Spiel gerne wieder spielen?

4. **[Z4] Gebrauchstauglichkeit:** Das System muss stabil laufen und Spieler, sowie Schläger, präzise tracken können. Spieler sollen das Spiel intuitiv verstehen und die Eingabemedien ohne Probleme verwenden können. Deshalb soll die Gebrauchstauglichkeit des Spieles getestet werden, mit einem starken Fokus auf den Schlägern.

**Forschungsfragen:** [F7] Konnten die Spieler das Feedback der Schlagtechniken umsetzen? [F8] Gab es Probleme bei der Steuerung mit dem Schläger? [F9] Kamen die Personen mit der Mapping der 3D Bewegung auf die 2D Spielfläche klar?

### 4.3 Evaluationstechnik

Für die Evaluation wurden verschiedene Methoden verwendet. Für die Spieler nicht zu erkennen, wurde die Anzahl der Balltreffer und die Anzahl der Ausführung von Schlagtechniken maschinell gespeichert. Dies wird benötigt, um zu testen, ob die Spieler über den Spielverlauf hinweg mehr Schlagtechniken angewendet haben. Das Loggen von Tracking Fehlern war ebenfalls geplant, jedoch kam es hierbei zu starken Performanceeinbußen des Spieles, wodurch dieses leicht zu ruckeln begann. Deshalb wurde auf das Loggen der Tracking Fehler während der Studie verzichtet. Die zweite Methode, die für die Evaluation verwendet wurde, waren Fragebögen. Während der gesamten Studie mussten die Teilnehmer drei Fragebögen ausfüllen: Einen demographischer Fragebogen (siehe Anhang A) zu Beginn der Studie, einen standardisierter Fragebogen zur Gebrauchstauglichkeit (siehe Anhang C), sowie einen selbst erstellten Fragebogen, um die Gebrauchstauglichkeit und Benutzererfahrung detaillierter zu testen (UsEx-Fragebogen, siehe Anhang D). Die Fragen von letzterem Fragebogen versuchen dabei die zuvor aufgestellten spezifischen Fragen zu beantworten. In Tabelle 1 sind die Fragen des UsEx-Fragebogens aufgelistet und mit den im weiteren Verlauf verwendeten Kürzeln versehen.

	Frage	Kürzel
1	Ich bin mit der Steuerung des digitalen Schlägers klargekommen.	Schlägersteuerung
2	Der digitale Schläger befand sich immer an der Position, an der ich ihn erwartet habe.	Schlägerposition
3	Der digitale Ball hat sich anders bewegt als erwartet.	Ballbewegung
4	Das Spiel hat mir Spaß gemacht.	Spielspaß
5	Ich würde das Spiel gerne wieder spielen	Wiederspielwert
6	Durch das Spielen des Spieles habe ich Lust bekommen, normales Tischtennis zu spielen	Lust auf normales Tischtennis
7	Ich konnte die Schlagtechniken erfolgreich ausführen.	Ausführen der Schlagtechniken
8	Die Belohnungen für die Schlagtechniken haben mich motiviert diese öfter anzuwenden.	Belohnungen
9	Das Feedback für die Schlagtechniken war ausreichend.	Feedback der Schlagtechniken
10	Die Marker an den Schlägern haben mich beim Spielen gestört.	Marker
11	Die Größe der Spielfläche war genau richtig.	Spielfläche
12	Die Größe des digitalen Balles war genau richtig.	Digitaler Ball (Größe)
13	Die Geschwindigkeit des Balles war,angemessen.	Digitaler Ball (Geschwindigkeit)
14	Die Spielelemente (Punkteanzeige, Startsignal, etc.) waren intuitiv zu verstehen.	Spielerlemente

**Tabelle 1:** Übersicht der Fragen des UsEx-Fragebogens und damit versehene Kürzel.

Tabelle 2 zeigt für den UsEx-Fragebogen, welche Fragen des Fragebogens für welches Ziel verwendet wurde.

Ziel/Frage	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Bewegung und Balancing					x	x								
Beiläufiges lernen							x	x	x					
Spielspaß				x	x	x				x				
Gebrauchstauglichkeit	x	x	x				x		x	x	x	x	x	x

**Tabelle 2:** Die Tabelle zeigt, auf welches Ziel die einzelnen Fragen des Fragebogens abzielen.

Eine weitere Methode, die verwendet wurde, war die Beobachtung der Spieler während des Spielens, durch den Studienleiter und die Verwendung einer Kamera für Audio- und Videoaufzeichnung. Zum Abschluss der Studie, um mehr Details zu einigen quantitativen Fragen der Fragebögen zu erhalten, wurden noch Interviewfragen an beide Teilnehmer gestellt. Diese be-

zogen sich vor allem auf die Spielelemente, wie die Spielfläche und den Ball. Es wurden jedoch auch spezifische Fragen an die Gruppen gestellt, wenn dem Studienleiter bei der Beobachtung etwas aufgefallen ist, wie beispielsweise eine sehr starke oder sehr schwache Verwendung von Schlagtechniken. Tabelle 3 bietet eine Übersicht über die für jede Forschungsfrage verwendeten Evaluationstechniken.

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9
Beobachtung	x		x	x	x		x	x	x
Fragebögen	x	x			x	x	x	x	x
Interviewfragen		x		x		x	x	x	
Datalogging			x	x					

**Tabelle 3:** Übersicht über die für jedes Ziel verwendeten Evaluationstechniken

#### 4.4 Identifizieren praktischer Probleme

Im Vorfeld sollten bereits Probleme identifiziert werden, die während der Studie auftreten können. Ein technisches Problem, welches während der Studie auftreten kann, ist, dass ein Schläger unbrauchbar wird. Für diesen Fall soll ein dritter Schläger als Ersatzschläger bereitstehen. Um weiteren Eventualitäten entgegenwirken zu können, wurde eine Vorstudie durchgeführt. In dieser haben 2 Gruppen (4 Personen) das Spiel getestet und wurden dabei gleich wie die späteren Hauptstudienteilnehmer behandelt. In der Hauptstudie haben anschließend 6 Gruppen (12 Personen) teilgenommen.

#### 4.5 Ablauf

Der geplante Ablauf wurde ausgearbeitet, in der Vorstudie erprobt und anhand der aus der Vorstudie erhaltenen Erkenntnisse, wurde der Ablauf angepasst. Der endgültige Ablauf der Studie sah wie folgt aus:

Die Teilnehmer erhielten zuerst den informed consent (siehe Anhang B) und einen demographischen Fragebogen, den sie ausfüllen sollten. Im Anschluss wurde den Teilnehmern kurz das Spiel vorgestellt, also die Steuerung des digitalen Schlägers, mithilfe des physischen Schlägers und die drei Schlagtechniken. Den Spielern wurde dabei der korrekte Ablauf der drei Schlagtechniken einmal vorgeführt. In Bezug auf die Schlagtechniken, wurde zudem die Linie, für das Feedback über die Schlagtechnik, erklärt. Im Anschluss daran erhielten die Spieler die Möglichkeit, das Spiel für 5-10 Minuten im Testmodus zu üben. Danach wurden die Teilnehmer angewiesen, das Spiel für etwa 20-30 Minuten gegeneinander zu spielen. Wenn sie nur wenige Schlagtechniken ausgeübt hatten, wurden sie, während des Spielens, vom Studienleiter dazu angeregt, diese häufiger einzusetzen. Während der gesamten Spielzeit wurden die zuvor erwähnten Spielinformationen geloggt. Zudem wurden Notizen über das Verhalten der Spieler gemacht. Im Anschluss an die Spielzeit erhielten die Spieler den standardisierten Usability Fragebogen und den UsEx-Fragebogen. Da die Fragebögen ausschließlich aus quantitativen Fragen bestehen, wurden im Anschluss noch einige qualitative Fragen an beide Teilnehmer gestellt. Auf diese Art sollten detaillierte Informationen für einige Bereiche und idealerweise Verbesserungsvorschläge für das System erhalten werden. Das durchgeführte Interview besaß

dabei sechs festgelegte Fragen, die im Vorfeld formuliert und allen Gruppen gestellt wurden. Weitere, spezifische Fragen, welche sich durch die Beobachtungen ergeben haben, wurden je nach Gruppe gestellt.

## 4.6 Ergebnisse und Diskussion

Im Folgenden werden die Ergebnisse der einzelnen Forschungsfragen vorgestellt und jeweils im Anschluss diskutiert. Die Teilnehmer der Studie werden im Rahmen dieser Diskussion mit *H-Teilnehmernummer* referenziert. Insgesamt haben zwölf Personen an der Studie teilgenommen, von denen zehn männlich und zwei weiblich waren. Alle Teilnehmer befanden sich im Alter zwischen 18 und 29 Jahren. Von den angemeldeten Gruppen kannten sich die Teilnehmer von fünf der sechs Gruppen bereits im Vorfeld. Um die Streuung der Ergebnisse darzustellen, wird der Interquartilabstand (kurz IQR) verwendet. Innerhalb des IQR liegen 50% aller Messwerte und er ist unempfindlich gegenüber Ausreißer. Ein großer IQR deutet entsprechend auf eine große Streuung hin. Der Median der Selbsteinschätzung der Teilnehmer in Bezug auf ihre Tischtennisfähigkeit (Skala 1-7) lag bei 3,5 mit einem IQR von 2. Der hohe IQR kam dadurch zustande, dass sowohl aktive Tischtennispieler, wie auch absolute Anfänger an der Studie teilgenommen haben. Insgesamt wurden 28 Partien Tischtennis gespielt. Eine Gruppe hat dabei drei Partien, eine andere sechs Partien gespielt. Die restlichen Gruppen haben alle vier oder fünf Partien gespielt. Im Schnitt wurden somit 4,5 Partien pro Gruppe gespielt. Kein Spieler gab an, weniger als eine Stunde Sport in der Woche zu betreiben, die meisten gaben 1-2 Stunden an. Die komplette Übersicht der demographischen Daten ist in der folgenden Tabelle zu sehen.

Männliche Teilnehmer	10
Weibliche Teilnehmer	2
Alter 18-23	7
Alter 24-29	5
Eigeneinschätzung der Tischtennisfähigkeiten	Median: 3,5
Wöchentlicher Sport, 1-2 Stunden	6
Wöchentlicher Sport, 3-4 Stunden	3
Wöchentlicher Sport, mehr als 4 Stunden	3

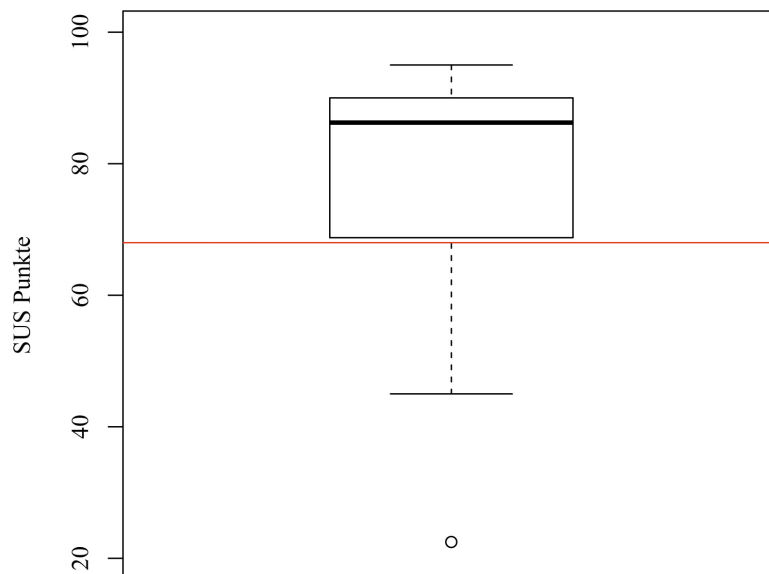
**Tabelle 4:** Übersicht der demographischen Daten der Studienteilnehmer

Während des Spieles wurden die einzelnen Schlagtechnikausführungen der Spieler, sowie die gesamte Anzahl der Balltreffer der Spieler geloggt. Auf diese Art lässt sich errechnen, wie viele ihrer Schläge erfolgreiche Schlagtechnikausführungen waren. Von den insgesamt 3429 Balltreffern, war die am häufigsten ausgeführte Schlagtechnik der Rückhand-Topspin mit 231 Anwendungen, gefolgt vom Schmetterschlag mit 218 Anwendungen und dem Vorhand-Topspin mit 146 Anwendungen. Zu beachten ist dabei, dass von den 146 Vorhand-Topspin Anwendungen über die Hälfte von einem einzigen Spieler stammen. Der einzige Unterschied im Bewegungsablauf zwischen dem Vorhand-Topspin und dem Schmetterschlag, ist die Schlägerneigung bis zum Ballaufprall. Der große Unterschied in der Anzahl der Anwendungen lässt sich dadurch erklären, dass die meisten Spieler beim Ausführen der Schlagtech-

niken den Schläger sehr steil gehalten haben, weshalb das System in diesem Fall einen Schmetterschlag erkannt hat. Es ist ebenfalls zu sehen, dass deutlich mehr Schlagtechniken in der Vorhand-Haltung des Schlägers, als in der Rückhand-Haltung, ausgeführt wurden. Dies lässt sich dadurch erklären, dass insbesondere die erfahreneren Tischtennispieler überwiegend in der Vorhandhaltung gespielt haben. Die dennoch vergleichsweise hohe Anzahl an erfolgreich ausgeführten Rückhandschlägen lässt sich darauf zurückführen, dass der Bewegungsablauf des Rückhand-Topspins der leichteste der drei Bewegungsabläufe ist.

#### 4.6.1 Gebrauchstauglichkeit und Benutzererfahrung

Um die Gebrauchstauglichkeit eines Systems zu testen, bietet sich der System Usability Scale Fragebogen an (kurz SUS). Der SUS-Fragebogen wurde von John Brooke [Bro86] entworfen, um die Effektivität und Effizienz eines Systems, sowie dessen Benutzerzufriedenheit zu testen und fällt unter die Kategorie "Quick and dirty". Daten und Studien über viele Jahre hinweg haben jedoch gezeigt, dass mittels SUS-Fragebögen erhobene Ergebnisse sehr präzise sind. Beim SUS Fragebogen werden fünf negativ und fünf positiv formulierte Aussagen von den Benutzern beantwortet. Die Skalen sind hierbei von 1-5, wobei 1 "Trifft nicht zu/Stimme ich nicht zu", 5 "Trifft zu/Stimme ich zu" bedeutet. Die Ergebnisse der insgesamt 10 Fragen werden anschließend noch auf eine spezielle Art verrechnet, um Werte auf einer Skala von 0-100 zu erhalten.



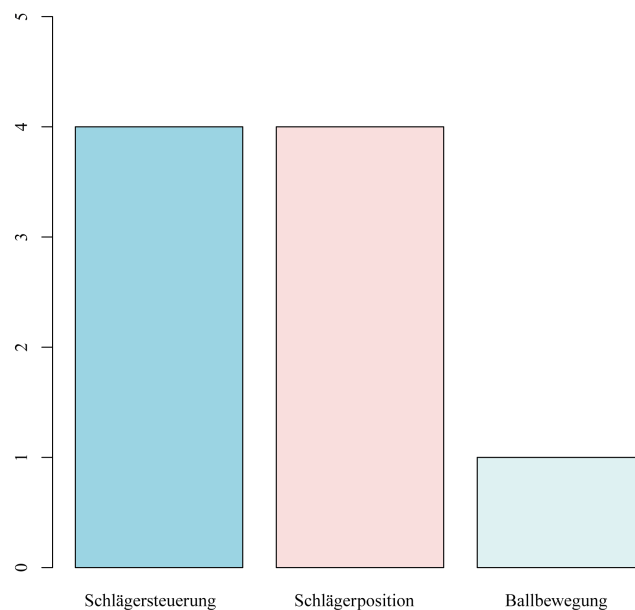
**Abbildung 18:** Ergebnisse des SUS-Fragebogens in Form eines Boxplot. Die rote Linie illustriert den Wert 68, der auf eine durchschnittliche Gebrauchstauglichkeit hinweist.

Ein Ergebnis von 100 würde auf ein perfektes System hinweisen, Werte über 68 deuten auf eine überdurchschnittlich gute Gebrauchstauglichkeit hin. Abbildung 18 zeigt die Ergebnisse des SUS-Fragebogens in Form eines Boxplot ( $Me_{SUS}=86,3$   $SD_{SUS}=22,37$ ,  $Max_{SUS}=95,00$ ). Es ist sehr deutlich zu sehen, dass die Gebrauchstauglichkeit des Systems nach SUS weit überdurchschnittlich ist. Die sehr hohe Standardabweichung entsteht durch die Angaben von zwei Spielern, die das System sehr schlecht bewertet haben (22,5 und 45 auf der SUS-Skala). Diese beiden Spieler waren aktiv im Tischtennis, weshalb ihnen das Exergame im Vergleich zu Tischtennis zu unähnlich vorkam. Des Weiteren hatten diese beiden große Probleme mit der Umstellung, den Ball auf der Tischtennisplatte und nicht hinter der Tischtennisplatte anzunehmen. Alle anderen Bewertungen ergaben ein Ergebnis von 62,5 oder höher.

Im Folgenden werden die Fragen des ExUs-Fragebogens (Anhang D) in verschiedene Kategorien zusammengefasst, die Ergebnisse der Fragen und Beobachtungen dargestellt und im Anschluss diskutiert. Für alle Fragen des Fragebogens beträgt die Menge der Antworten  $N=12$ . Ein Ergebnis mit dem Wert von drei deutet auf ein neutrales, ein Wert größer als '3' auf ein positives Ergebnis und ein Wert kleiner als '3' auf ein negatives Ergebnis hin.

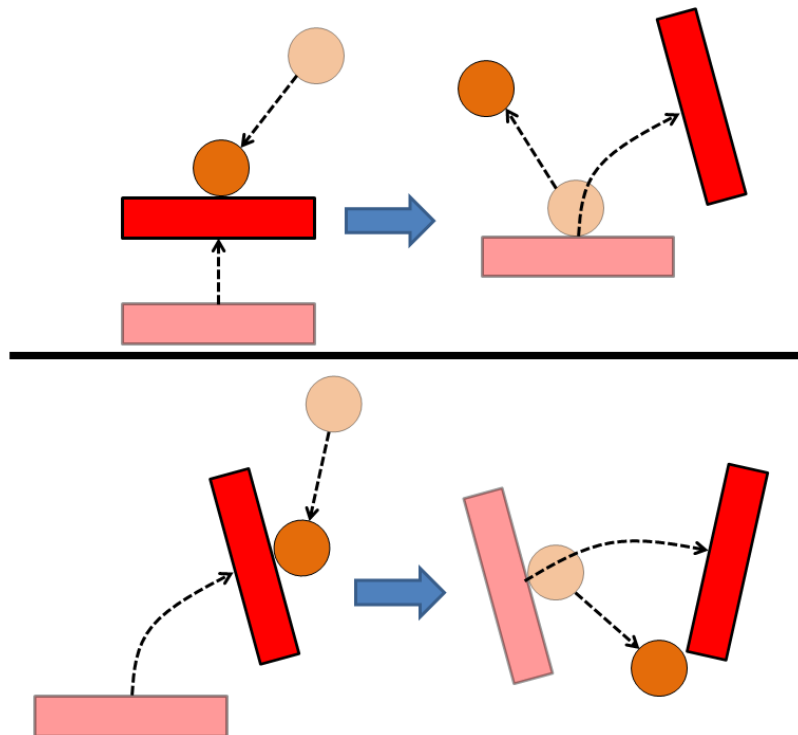
### Steuerung der Spielelemente

Die ersten beiden Fragen des Fragebogens beziehen sich auf die Steuerung des Schlägers, die dritte auf die Bewegung des Balles. Der Median für die jeweilige Frage ist in Abbildung 19 zu sehen ( $IQR_{Frage1}=1.5$ ,  $IQR_{Frage2}=0.5$ ,  $IQR_{Frage3}=1$ ). Es ist zu beachten, dass die Frage zur Bewegung des Balles negativ formuliert ist und somit ein Ergebnis kleiner als '3' auf ein positives Ergebnis hinweist.



**Abbildung 19:** Die Abbildung stellt den jeweiligen Median der ersten drei Fragen des UsEx-Fragebogens über alle Teilnehmer hinweg dar (Skala 1-5).

Die Beobachtungen der Spieler haben ergeben, dass die meisten Spieler mit dem Mapping der 3D Bewegung auf die 2D Spielfläche klar kamen. Die Spieler konnten gut die Position des digitalen Schlägers abschätzen. Manche Spieler kamen jedoch, insbesondere beim Ausführen einer Schlagtechnik, nicht mit dem Mapping klar und trafen den Ball in einem schlechten Winkel. Dabei dachten sie, ihr Schläger sei noch flach, obwohl dieser bereits eine starke Neigung besaß. Dies führte dazu, dass sie sich den Ball ins eigene Aus geschlagen haben. Das Problem der Spieler ist graphisch in Abbildung 20 dargestellt. Spieler, denen dieser Fehler passiert ist, waren alle über das Verhalten des Balles verwundert und frustriert, wenn dies öfter aufgetreten ist. Bei etwa sieben der Spieler ist dieses Problem zwei- bis dreimal aufgetreten, jedoch bei zwei Spielern ist dieses Problem sehr häufig aufgetreten. Diese haben deshalb aufgehört Schlagtechniken auszuführen und sind rein auf das Blocken des Balles übergegangen. Auf die Frage hin, weshalb er aufgehört hatte Schlagtechniken auszuführen, meinte H-10 beispielsweise "Ich muss [erstmal] schaffen, dass das System mich nicht [...] austrickst".



**Abbildung 20:** Die Abbildung stellt das Mapping Problem mancher Spieler dar. Die transparenten Objekte stellen dabei den Zustand des jeweiligen Objektes eine Zeiteinheit zuvor dar. **Oben:** Der geplante Schlag, bei dem der Ball mit dem geraden Schläger getroffen werden soll. **Unten:** Der tatsächlich ausgeführte Schlag, bei dem der Spieler den Ball zu spät in der Schlagbewegung trifft und ihn sich deshalb ins eigene Aus schlägt.

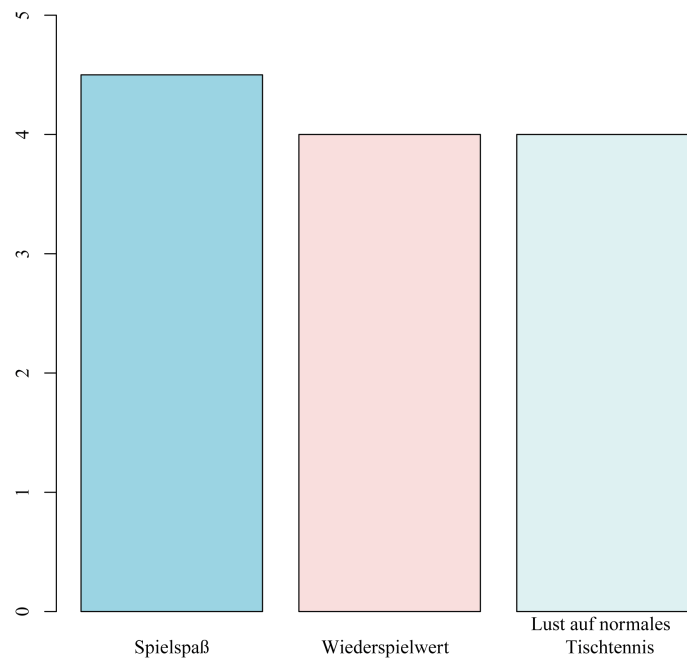
Eben diese Spieler haben auch negative Antworten in Bezug auf Frage 1 gegeben, wodurch sich der hohe IQR bei dieser Frage erklären lässt. Die Selbsteinschätzung der Spieler und die Beobachtungen stimmen jedoch im Allgemeinen überein und zeigen, dass die meisten Spieler die Schläger problemlos steuern konnten und mit dem Mapping zurecht kamen.

Bei der Bewegung des Balles wurde absichtlich auf komplexere physikalische Gesetze, wie beispielsweise die Reibung, verzichtet, sodass die Spieler nicht aufgrund von Bewegungen des Balles verwirrt werden. Das Ergebnis von Frage 3 zeigt, dass die Spieler auch keine Probleme mit der Bewegung des Balles hatten. Es wurde jedoch von einigen Spielern gewünscht, dass komplexere Mechanismen, wie "den Ball andrehen", vorhanden sein sollten, um dem Spiel etwas Abwechslung und Spieltiefe zu geben.



### Spiespaß

Durch das Spielen von ATT sollen die Leute motiviert werden, sportlich aktiver zu werden. Idealerweise werden sie dazu motiviert, normales Tischtennis zu spielen. Für diese Zwecke wurde Frage sechs formuliert. Die Fragen vier und fünf dienen der Überprüfung des allgemeinen Spielspaßes, sowie dem Wiederspielwert von ATT. Abbildung 21 zeigt die Auswertung dieser drei Fragen ( $IQR_{\text{Frage 4}} = 1$ ,  $IQR_{\text{Frage 5}} = 1.25$ ,  $IQR_{\text{Frage 6}} = 2$ ).



**Abbildung 21:** Die Abbildung stellt den jeweiligen Median der Fragen 4-6 des UsEx-Fragebogens über alle Teilnehmer hinweg dar (Skala 1-5).

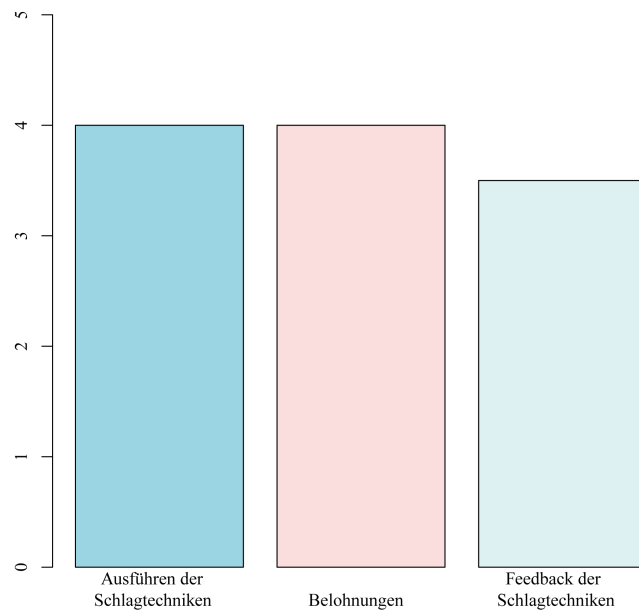
Es ist deutlich zu sehen, dass alle Spieler während dem Spielen von ATT Spaß hatten. Dies trifft selbst auf jene Spieler zu, die Probleme mit der Steuerung des Schlägers hatten oder leichte Aussetzer des Systems auftraten (siehe Abschnitt 4.6.5). Das wichtigste Ziel eines jeden Spieles, dem Spieler Spaß zu bereiten, wurde somit erfüllt. Nur ein Spieler gab an, das Spiel nicht wieder spielen zu wollen. Dieser Spieler war aktiv im Tischtennis und für ihn gab es zu große Unterschiede zwischen ATT und Tischtennis. Zudem hatte er Probleme mit der Positionierung des Schlägers auf und nicht hinter dem Tisch während des Spielens. Dass er dennoch Spaß am Spielen hatte, lag wahrscheinlich daran, dass ihm das Spielen mit seinem Gruppenpartner allgemein Spaß bereitet hat. Die positiven Antworten auf diese beiden Fragen zeigen, dass das System eine hohe Benutzerfreundlichkeit besitzt.

Die Ergebnisse zu Frage 6 deuten darauf hin, dass das Spiel ebenfalls die Lust der Spieler gefördert hat, normales Tischtennis zu spielen. Nur auf einen Spieler hatte ATT, in Bezug auf das normale Tischtennis spielen, ein negatives Ergebnis erzielt. Das negative Ergebnis lag aber nicht direkt an dem Umgang mit ATT, sondern daran, dass ihn ATT an ein anderes Spiel erinnert hat, auf welches er im Anschluss Lust bekommen hat. "Das Spiel hat eher meine Lust auf Air-Hockey<sup>4</sup> gefördert. [ATT] hat mich eher daran erinnert, als an Tischtennis", so H-05. Bei dem Ergebnis von Frage 6 muss jedoch beachtet werden, dass das positive Ergebnis vor allem bei jenen Spielern aufgetreten ist, die aktiv Tischtennis spielen oder in der Vergangenheit viel gespielt haben. Die Tischtennisanfänger haben größtenteils neutral geantwortet. ATT bewegt also eher aktive oder ehemals aktive Spieler dazu, Tischtennis zu spielen, wohingegen das Spiel auf Tischtennisanfänger einen neutralen Eindruck hinterlässt. Da eher die Anfänger die Motivation erhalten sollen, anschließend Tischtennis zu spielen, sollte das System in diesem Bereich verbessert werden.

### Ausführen von Schlagtechniken

Die Fragen 7-9 beziehen sich auf das Ausführen von Schlagtechniken und das entsprechende Feedback. Die Ergebnisse der Fragen sind in Abbildung 22 zu sehen.

( $IQR_{\text{Frage 7}} = 1.5$ ,  $IQR_{\text{Frage 8}} = 2$ ,  $IQR_{\text{Frage 9}} = 2$ )



**Abbildung 22:** Die Abbildung stellt den jeweiligen Median der Fragen 7-9 des UsEx-Fragebogens über alle Teilnehmer hinweg dar (Skala 1-5).

<sup>4</sup><https://de.wikipedia.org/wiki/Air-Hockey>

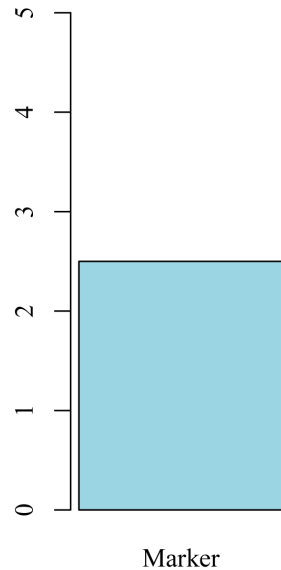
Das System hat zwar geloggt, wann ein Spieler eine Schlagtechnik erfolgreich ausgeführt hat, jedoch kann es nicht feststellen, ob ein Spieler eine Schlagtechnik wirklich ausführen wollte oder ob sie zufällig als richtig erkannt wurde. Hierüber sollte Frage 7 Aufschluss geben. Dabei schätzten die Spieler ihre Fähigkeit, eine Schlagtechnik korrekt einzusetzen, durchschnittlich leicht positiv ein. Erfahrene Spieler haben in der Regel mit "Trifft zu" geantwortet, was sich auch in den geloggtten Werten widerspiegelt. Wenn Spieler wenig Schlagtechniken ausgeführt haben, dann wurde dies im Interview angesprochen. Das Ergebnis war dabei, dass die Spieler zu wenig Feedback über ihren Schlag erhalten haben. Die Spieler, bei denen es praktisch gar nicht gelingen wollte, berichteten dabei von einer Frustration: "Ich habe es versucht [...] und es war dann immer frustrierend, wenn ich dachte 'Jetzt war es richtig' und es dann doch nicht geklappt hat. [...] Ich wusste einfach nicht weshalb es nicht geklappt hat." (Zitat von H-12). Das Spiel muss dem Spieler also besseres Feedback über seinen Schlag liefern, um diese Form der Frustration zu vermeiden.

Kein Spieler empfand die Belohnungen des Spieles als zu stark. Die meisten gaben an, dass die Belohnungen angemessen waren, manche hätten gerne stärkere Belohnungen gehabt. Ein Großteil der Spieler antwortete, dass die Belohnungen sie zum Ausführen der Schlagtechniken motiviert habe. Negative oder neutrale Antworten kamen von jenen Spielern, die kaum oder keine Schlagtechniken ausgeführt haben und oft durch das Versuchen von Schlagtechniken den Ball verfehlt haben. Diese Meinungsverschiedenheit zeigt sich auch in dem großen IQR. Für gute Spieler waren die Belohnungen dementsprechend ein Anreiz, den etwas komplizierteren Bewegungsablauf auszuführen. Die restlichen Spieler hätten klarere Anweisungen für das Ausführen benötigt.

Die Ergebnisse der Frage 9 sind vergleichbar zu denen von Frage 7. Die Spieler, die mit den Schlagtechniken klar kamen, gaben auch hier eine positive Antwort. Die restlichen Spieler eine neutrale oder negative. Eine der Interviewfragen bezog sich auf die Schlaglinie, die auf die Oberfläche projiziert wurde. Die Interviews haben dabei gezeigt, dass diese Schlaglinie sich jedoch nicht als Feedback für den Schlag eignet. Zum einen fiel es den Spielern schwer, die eigene Linie nach ihrem Balltreffer zu betrachten, da sie die Ballbewegungen verfolgen mussten, um den nächsten Ball wieder annehmen zu können. Zum anderen, wenn sie auf die Linie geschaut haben, dann gab diese zu wenig Aufschluss über die Fehler. Sie konnten zwar erkennen, dass bestimmte Teile des Schlages als falsch eingestuft wurden, es hat ihnen jedoch nicht geholfen. Die meisten Spieler berichteten, dass sie die Schlaglinie während des Spielens nur beim Gegenspieler wahrgenommen haben. Im Gegensatz zur Schlaglinie wurde das Feedback während des Testmodus jedoch sehr gut aufgenommen. Im Testmodus konnte gut beobachtet werden, wie die Spieler nach jedem Schlag den Schläger anders gehalten haben, um sich dem Feedback anzupassen. So sagte beispielsweise H-03: "Ich kann klar sehen, was ich anders machen muss, damit es klappt". Die Spieler sagten jedoch auch, dass die Symbole während des richtigen Spieles wahrscheinlich hinderlich wären, da sie sehr groß sind und die Spieler, wie bei der Schlaglinie auch, wahrscheinlich keine Zeit hätten, diese während dem Spielen zu betrachten. Ein Vorschlag war es, dass kleinere Versionen der Symbole unterhalb der Punktzahl dargestellt werden. Ob die Spieler jedoch auf diese kleineren Symbole während des Spielens achten würden, lässt sich nicht ohne weitere Tests sagen.

### Einschränkungen durch Marker

Die zehnte Frage bezieht sich auf die Marker an den Schlägern und ob diese beim Spielen stören. Abbildung 23 zeigt die Ergebnisse der Frage ( $IQR_{\text{Frage 10}} = 1.25$ ). Es ist wieder zu beachten, dass diese Frage ebenfalls negativ formuliert ist.

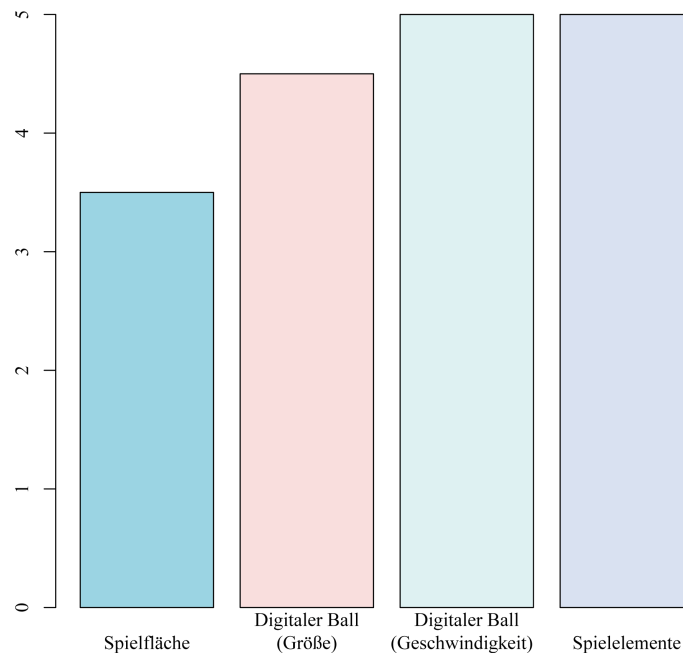


**Abbildung 23:** Die Abbildung stellt den Median der Frage 10 des UsEx-Fragebogens über alle Teilnehmer hinweg dar (Skala 1-5).

Die Beobachtungen der Teilnehmer haben gezeigt, dass die meisten Spieler kein Problem mit den Markern an den Schlägern hatten. Bei den meisten Gruppen ist es nur in etwa zwei bis dreimal vorgekommen, dass die Marker mit dem Tisch in Berührung gekommen sind. Spätestens nach dem dritten Mal, haben die Spieler vorsichtiger gespielt, sodass sie nicht mehr mit dem Marker am Tisch hängen geblieben sind. Die Spieler konnten sich also gut darauf einstellen, dass der Schläger eine deutlich größere Fläche einnahm, als gewöhnlich. Das Ergebnis des Fragebogens ist dabei leicht positiv, wobei jene Spieler, bei denen Gewindestangen während der Studie komplett ausgerissen sind, negativ geantwortet haben. Das eben erwähnte Problem, mit dem Ausreißen der Gewindestangen, wird zusammen mit anderen Probleme im Abschnitt 4.6.5 genauer erläutert.

### Spielfläche

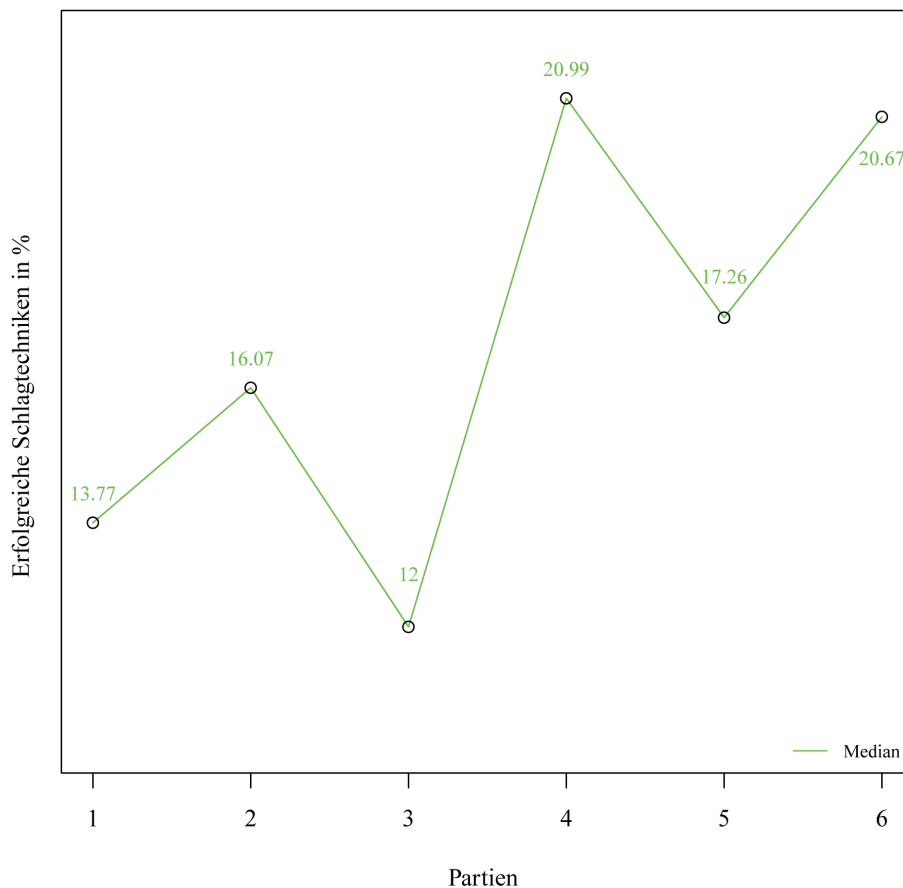
Die letzten Fragen beziehen sich rein auf die Spielfläche und die Spielelemente. Abbildung 24 zeigt die Ergebnisse der Fragen 11 - 14 ( $IQR_{Frage11} = 2$ ,  $IQR_{Frage12} = 1$ ,  $IQR_{Frage13} = 0.25$ ,  $IQR_{Frage14} = 1$ ). Wie die Werte verdeutlichen, waren die Spielfläche und -elemente angemessen. Um genauere Details zu erhalten, wurden diese Fragen im Interview erneut gestellt. Dabei berichteten die Spieler, dass die Spielfläche auf keinen Fall kleiner, jedoch ein wenig größer sein dürfe. Umgekehrt gilt für die Größe des Balles, dass dieser auf keinen Fall größer sein sollte. Spieler, die schnell mit dem Spiel zurechtkamen, wünschten sich die Möglichkeit, die Ballgröße selbst bestimmen zu dürfen, damit das Spiel interessanter wird. Die Geschwindigkeit des Balles empfanden die Spieler als angemessen, wie bei der Größe des Balles, war hier auch eine Einstellungsmöglichkeit der Geschwindigkeit erwünscht. "Es wäre jedoch schön, wenn man selbst einstellen könnte, wie schnell der Ball ist" (Zitat H-12). Bis auf die Schlaglinie, empfanden die Spieler auch die Spielelemente als sehr einfach zu verstehen. Beim Beobachten der Spieler ist jedoch aufgefallen, dass das Startsignal häufig ignoriert, beziehungsweise übersehen wird. Die Spieler waren fixiert auf den Ball und haben nicht auf das Startsignal geachtet. Der Ball sollte aus diesem Grund während der Startphase eine andere Darstellung haben, um die Spieler über die plötzlich fehlende Interaktion zu informieren.



**Abbildung 24:** Die Abbildung stellt den jeweiligen Median der Fragen 11-14 des UsEx-Fragebogens über alle Teilnehmer hinweg dar (Skala 1-5).

### 4.6.2 Lerneffekt

Um feststellen zu können, ob ein Lerneffekt eingetreten ist, wird betrachtet, ob über den Spielverlauf hinweg mehr Schlagtechniken angewendet wurden. Abbildung 25 zeigt über alle Gruppen hinweg den Median und Mittelwert der erfolgreich ausgeführten Schlagtechniken. Da in der Studie sowohl absolute Anfänger, als auch aktive Spieler teilgenommen haben, existieren sehr viele Ausreißer in den Daten. Dies führt zu einer sehr hohen Standardabweichung, von im Schnitt 15,65. Da die Spieler unterschiedlich lange für eine Partie benötigt haben, unterscheiden sich die Datenmengen der Partien. Für Partie 1 bis einschließlich Partie 3 gilt  $N=12$ , für Partie 4 gilt  $N=10$  und für Partie 5 gilt  $N=6$ . Partie 6 wurde nur von einer einzigen Gruppe gespielt ( $N=2$ ) und lässt sich entsprechend schwer interpretieren. Deshalb wird dieser Datenpunkt in der folgenden Diskussion nicht miteinbezogen. Da der Median aussagekräftiger ist als der Mittelwert, wenn viele Ausreißer existieren, wird im Folgenden der Median für die Interpretation verwendet.



**Abbildung 25:** Die Abbildung zeigt den Median der erfolgreichen Schlagtechniken aller Spieler im Verhältnis zu der Anzahl der gespielten Partien.

Die meisten Spieler haben in den ersten beiden Runden versucht, gezielt eine einzige der Schlagtechniken auszuführen. Es ist auch zu sehen, dass die Spieler in der zweiten Runde beim Ausüben dieser Schlagtechnik mehr Erfolg hatten, als in der ersten Runde. Der Graph weißt in der dritten Partie jedoch einen starken Einbruch der erfolgreich ausgeführten Schlagtechniken auf, weil einige Spieler in der dritten Runde versucht haben, andere Schlagtechniken auszuführen. Da dies anfangs nicht erfolgreich war, ist die Gesamtzahl ihrer erfolgreichen Schläge gesunken. Als die Spieler gemerkt haben, dass es zu häufig nicht funktioniert hat, wurde oftmals auf die bereits bekannte Technik zurückgegriffen, was die nachfolgende Steigerung erklärt. In der letzten Runde haben viele Spieler erneut versucht andere als die bisher bekannte Schlagtechnik auszuführen, wodurch es wieder zu einem Einbruch kam. Zudem kam es in zwei der drei Gruppen vor, dass ein Spieler bis inklusive Runde 5 nicht gewonnen hat. Der bisherige Gewinner hat in diesen Runden oftmals, aus Sympathiegründen, einfachere Bälle gespielt und somit auf das Ausführen von Schlagtechniken verzichtet.

Während der Beobachtung der Spieler ist aufgefallen, dass Spieler die punktemäßig hinten lagen, weniger Schlagtechniken ausgeführt haben und sich nur darauf konzentrierten den Ball zu blocken. Selbes war im Szenario eines Punktegleichstandes beim entscheidenden Ballwechsel zu beobachten. Die Spieler wollten hierbei nicht das Risiko eingehen, den Ball falsch zu treffen und ihn womöglich in das eigene Aus zu schlagen.

Wenn die Spieler individuell betrachtet werden, so konnte bei vier der Anfänger ein starker Lerneffekt beobachtet werden. Diese haben über den Verlauf der Spiele hinweg, von Partie zu Partie, deutlich mehr erfolgreiche Schlagtechniken ausgeführt und waren auch sehr erfreut darüber, dass mehr und mehr ihrer Schläge erfolgreich waren. Die restlichen Spieler teilen sich in zwei Gruppen auf: Erfahrene Tischtennisspieler und die restlichen Anfänger. Die erfahrenen Spieler haben von Anfang an sehr viele Schlagtechniken ausgeführt und haben dieses hohe Level bis zum Ende hin nur leicht gesteigert. Die restlichen Anfänger hingegen haben durchgehend so gut wie keine Schlagtechniken ausgeführt. Diese Spieler haben im Interview auch ausgedrückt, dass sie zwar versucht haben die Schlagtechniken auszuführen, es ihnen jedoch nicht gelingen wollte. An dieser Stelle wurde oftmals mehr Feedback über die Schlagtechniken gewünscht.

Der Anstieg der erfolgreichen Schlagtechniken muss jedoch kritisch betrachtet werden. Dieser könnte auch auf ein besseres Verständnis im Umgang mit dem System, ohne eine Verbesserung der Schlagtechnik, zurückgeführt werden. Dem widerspricht jedoch, dass erfahrene Spieler Schlagtechniken von Anfang an ausführen konnten und ihr Level relativ konstant gehalten haben. Auch die Expertenmeinung (Kapitel 4.6.6) spiegelt wider, dass eine Schlagtechnik als solche erkannt wurde, wenn ein Experte sie ausüben wollte. Das System stuft demnach Schlagtechnikausführungen korrekt als solche ein. Ein Anstieg der ausgeführten Schlagtechniken bedeutet also, dass die Spieler ihre Schlagtechnik verbessert haben.

Zusammengefasst lässt sich sagen, dass ein Lerneffekt für die meisten Spieler eingetreten ist. Das Ziel, den Spielern Tischtennis beiläufig beizubringen, war also teilweise erfolgreich. Da jedoch vor allem Anfänger Probleme hatten die Schlagtechniken zu lernen, muss für diese das Feedback System angepasst werden, sodass die unerfahrenen Spieler nicht frustriert werden, wenn sie trotz mehrfachem versuchen keine Schlagtechnik erfolgreich ausführen können.

### 4.6.3 Balancing

Die implementierte Balancingmethode ist sehr einfach gehalten. Sollte ein Spieler mit mehr als 5 Punkten Vorsprung gewinnen, so ist sein Ball in der nächsten Runde um einen konstanten Faktor, etwa 10%, langsamer. Den Spielern gegenüber wurde die Existenz dieser Funktion nicht erläutert und keinem Spieler ist diese Funktion während des Spielens aufgefallen. Dies war beabsichtigt, damit zum einen die schwächeren Spieler bei einer erneuten Niederlage nicht frustrierter werden und zum anderen, damit die stärkeren Spieler sich nicht über die Ungleichheit beschweren. Da die Geschwindigkeit des Balles in viele verschiedene Geschwindigkeitsstufen unterteilt war, hatte die Balancingmethode wahrscheinlich keinen Einfluss auf das Spielgefühl der Spieler. In der Regel konnten die Spieler nach der kurzen Spielzeit nicht abschätzen, wie stark sie den Ball getroffen hatten und hatten entsprechend keine Referenz über die Geschwindigkeit, die der Ball hätte haben sollen. Sollte jedoch ein Spieler das System für längere Zeit verwenden, so könnte ihm auffallen, dass der Ball sich langsamer bewegt, als das er sollte.

Bei den meisten Gruppen gab es kaum einen Unterschied in der spielerischen Stärke, das soll heißen, dass die Spieler am Ende einer Partie oftmals weniger als 3 Punkte Abstand zueinander hatten. Die Balancingmethode selbst ist nur in 9 der 27 Partien zur Geltung gekommen, oftmals nach der ersten Runde, in der sich die Spieler noch mit dem System vertraut gemacht haben. Während die Balancingmethode aktiv war, kam es insgesamt zweimal zu einem Wechsel des Gewinners, in den anderen sieben Fällen war der Punkteabstand nur leicht näher beieinander. In nur einem der Fälle wurde die Balancingmethode zweimal hintereinander für den selben Spieler angewandt. Dies deutet auf einen schwachen positiven Einfluss der Balancingmethode in Bezug auf ausgeglichene Spiele hin. In vielen Fällen war der Punkteabstand am Ende der Runde nur 4 oder 5 Punkte, weshalb die Balancingmethode nicht angewandt wurde. Eine bessere Umsetzung der Balancingmethode wäre gewesen, wenn die Balancingmethode nach jeder Runde angewandt worden wäre. Anstelle einer konstanten Geschwindigkeitsverringerung, hätte in diesem Fall eine dynamische Geschwindigkeitsverringerung, abhängig von der Größe des Punkteabstandes, verwendet werden können. Auf diese Weise hätte der Einfluss der Balancingmethode besser betrachtet werden können.

### 4.6.4 Zusammenfassung

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Evaluation und Diskussion in Verbindung zu den gesetzten Zielen zusammengefasst.

[Z1]: Die Ergebnisse der Studie legen nahe, dass das Spiel Spaß vermittelt hat, einfach zu bedienen ist und einen guten Wiederspielwert besitzt. Aufgrund der sportlichen Aktivität der Teilnehmer ist es jedoch schwer abzuschätzen, ob das Spiel die Motivation für Bewegung fördert, die Ergebnisse deuten dies jedoch an. Das Problem mit den Teilnehmern besteht darin, dass die Hälfte der Teilnehmer sportlich sehr aktiv ist, mit entweder 3-4 oder mehr als 4 Stunden Sport in der Woche. Diese Personen waren also bereits im Vorfeld sportlich motiviert, auch ohne die Verwendung von ATT. Zum anderen besteht auch das Problem, dass ein guter Spieler das Spiel aufgrund der kleinen Fläche fast ausschließlich mit einfachen Armbewegungen spielen kann. Dieser Spieler müsste sich also nicht bewegen, um erfolgreich ATT zu



spielen. Um die Spieler zur Bewegung zu zwingen, müsste das Spielfeld größer sein, oder um die Flächen außerhalb der Tischtennisplatte erweitert werden. Die andere Hälfte der Teilnehmer, die angegeben hat 1-2 Stunden pro Woche Sport zu betreiben, hat sich jedoch mithilfe von ATT motivieren lassen, sich zu bewegen. So haben sich diese Spieler meist auch aktiv auf ihrer Spielfeldseite bewegt. Die Balancingmethode hat ebenfalls einen schwachen, positiven Effekt auf das Spielgeschehen gehabt. Z1 wurde somit erreicht.

[Z2]: Für die meisten Spieler konnte ein Lerneffekt nachgewiesen werden. Jedoch muss, vor allem für unerfahrenere Spieler, das System verbessert werden, sodass diese besseres Feedback erhalten. Dieses Ziel wurde dementsprechend für einen Teil der Teilnehmer erfüllt.

[Z3]: Selbst jene Spieler, die mit der Steuerung nicht so gut klarkamen, hatten Spaß beim Spielen des Spieles. Das dritte Ziel wurde dementsprechend erreicht.

[Z4]: Die Ergebnisse des SUS-Fragebogens, sowie die selbst definierten Fragen weisen auf eine sehr hohe Gebrauchstauglichkeit des Systemes hin.

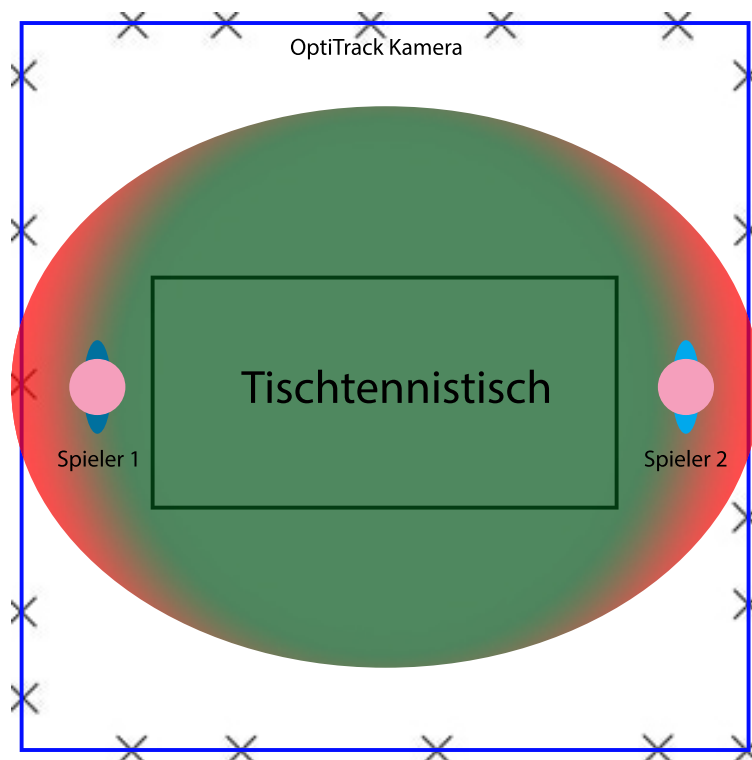
#### 4.6.5 Limitationen und Verbesserungsvorschläge

Während der Studie kam es zu verschiedenen Problemen. Das erste Problem war eine teilweise schlechte Erkennung der Schläger. Die Marker befinden sich an Gewindestangen, die lediglich in gebohrte Löcher am Rand des Schlägers gedreht wurden. Durch den starken Gebrauch der Schläger vergrößerten sich diese Löcher, wodurch sich die Gewindestangen in den Löchern lockerten. Dieses Problem konnte zuvor nicht festgestellt werden, da die Schläger nicht dieser Belastung ausgesetzt waren. Für die geraden Stangen stellt dies weniger ein Problem dar, die gebogenen Gewindestangen drehen sich dadurch jedoch leicht, wodurch das System den Schläger nicht mehr richtig identifizieren kann. Die Gewindestangen mussten deshalb häufig während der Durchführung der Studie zurück in die richtige Position gedreht werden, sodass das Spiel gut weitergespielt werden konnte. Zudem führt dieses Problem dazu, dass die Löcher mit der Zeit die Gewindestangen nicht mehr halten konnten und diese hinausgefallen sind. Ein starker Leim könnte dieses Problem unter Umständen temporär beheben, jedoch würden sich die Stangen auch hier im Laufe der Zeit loslösen.

Ein anderes Problem mit den Gewindestangen, welches sich nicht mit Leim lösen lässt, ist das Ausreißen der Löcher. Während der Studie ist es vier mal vorgekommen, dass eine Loch komplett ausgerissen ist. Dies geschah immer dann, wenn ein Spieler mit viel Kraft mit einem Marker irgendwo (meistens der Tisch) hängen geblieben ist. Die Gewindestange musste anschließend in ein anderes Loch gedreht und neu im OptiTrack System registriert werden, damit der Schläger weiterhin verwendet werden konnte. Dieses Problem könnte nur dadurch gelöst werden, indem eine Möglichkeit gefunden wird, die Marker näher am Schläger anzubringen. Kürzere Gewindestangen lieferten jedoch, bei der Erkennung der Schläger durch das OptiTrack System, ein deutlich schlechteres Ergebnis, was zu einem schlechteren Spielgefühl führen würde.

Teilweise wurde der Schläger nicht vom System erkannt, weshalb seine Position auf dem Tisch nicht aktualisiert wurde. Dieser Fehler trat vor allem dann auf, wenn die Gewindestangen verdreht waren, jedoch nicht ausschließlich. Nach der Studie wurde deshalb jeder Schläger

für 20 Minuten getestet, um mögliche Bereiche im Raum, an denen die Erkennung schlecht ist, zu erkennen. Dabei wurde er mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten bewegt. Abbildung 26 zeigt eine grobe Übersicht der Ergebnisse. Dabei ist zu beachten, dass die Ergebnisse für beide Schläger identisch waren. Das heißt, dass die Anordnung der Marker vom System gleich gut erkannt wird. Die grüne Fläche in der Grafik zeigt den Bereich, in dem während der langsamen und normalen Bewegung des Schlägers, dieser ausgezeichnet erkannt wird. In dem roten Bereich traten viel Ausfälle auf. Es ist zu sehen, dass die gesamte Fläche des Tisches sehr gut erkannt wird, jedoch traten bereits ein kurzes Stück hinter dem Tisch Probleme mit der Erkennung auf. Es kam jedoch auch innerhalb des grünen Bereiches regelmäßig zu Fehlern im System, jedoch nur dann, wenn der Schläger sehr schnell bewegt wurde. Die Fehler traten dabei unregelmäßig, an verschiedenen Orten, über dem Tisch verteilt auf und es konnte keine Gemeinsamkeit festgestellt werden. Was jedoch festgestellt werden konnte war, dass je schneller der Schläger bewegt wurde, desto eher trat ein solcher Fehler auf. Ein Problem, das beim Testen festgestellt wurde, besteht darin, dass die Schläger auf einer Höhe leicht unterhalb des Tisches nur schlecht erkannt werden. Dies könnte zu Problemen bei der Schlagtechnikerkennung führen, wenn die Spieler einen Schlag leicht unter dem Tisch starten.



**Abbildung 26:** Die Abbildung zeigt die groben Bereiche, in denen die Schläger von den Kameras gut (grün), beziehungsweise schlecht (rot) erkannt werden.

Die Berechnung der Position der digitalen Schläger ist abhängig von den Koordinaten der Eckpunkte des Tisches. Während den Spielen kam es häufig vor, dass der Tisch leicht verschoben wurde. Diese leichte Verschiebung führte zu leichten Positionsverschiebungen der digitalen Schläger. Der Effekt hiervon wurden von den Spieler jedoch nicht wahrgenommen, da die Verschiebungen zu klein waren. Da es jedoch auch vorkommen könnte, dass die Spieler den Tisch stark verschieben, wäre eine mögliche Lösung für dieses Problem, die Eckpunkte ebenfalls vom OptiTrack-System erfassen zu lassen. Auf diese Art wären die Berechnungen unter allen Umständen korrekt.

Während der Interviews gaben die Studienteilnehmer viele Verbesserungsvorschläge über das System, die im Folgenden kurz vorgestellt werden. Der am meisten gelieferte Verbesserungsvorschlag bestand in der Möglichkeit, die Schwierigkeitsstufe des Spieles zu wählen, beziehungsweise zu modifizieren. So könnte der Ball beispielsweise in dem Expertenmodus kleiner sein oder sich schneller bewegen. Dies wurde vor allem von jenen Gruppen gewünscht, die nach einigen Partien eingespielt waren und lange Spielpartien durchführten. Ebenso wurde der Vorschlag gebracht, dass im fortgeschrittenen Modus der digitale Schläger nicht angezeigt werden soll, sodass sich die Spieler rein auf den physischen Schläger konzentrieren.

Im Bereich der Schlagtechnikbelohnungen, waren die meisten Spieler zufrieden mit der aktuellen Umsetzung. Manche Spieler hätten sich einen stärkeren Effekt bei den Topspin-Schlägen gewünscht, also eine stärkere Schlangenbewegung des Balles. Eine vorgeschlagene Alternative für die Schlangenbewegung, wäre ein Andrehen des Balles gewesen. Der Ball hätte sich dabei ohne Schlangenbewegung fortbewegt, jedoch bei Kollisionen mit der Spielwand oder des Schlägers des Gegenspielers, aufgrund des Andrehens, in unerwartete Richtungen bewegt. Eine Belohnung, die vorgeschlagen wurde, wenn der Ball beim Schlag angeschnitten wurde, war eine Kurvenbewegung des Balles. Diese beiden Bewegungen würden den Spielern eine größere Abwechslung bieten. Ein ganz anderer Ansatz der Belohnung wurde vorgeschlagen, indem Gegenstände auf dem Feld liegen, welche die Spieler mit dem Ball treffen können. Diese sollten zufällig erscheinen und kleine Boni geben, wie beispielsweise einen minimal breiteren Schläger oder einen schnelleren Ball. Dies würde sich auch gut mit einer Balancingmethode verknüpfen lassen, sodass mehr Belohnungen für den schwächeren Spieler, als für den stärkeren Spieler, erscheinen. Die Gegenstände wurden vor allem gewünscht, um Abwechslung in das Spielgeschehen zu bringen. Es wurde auch ein Vorschlag gebracht, um den Testmodus zu verbessern. So sollen die Symbole des Testmodus nicht nur die zwei Zustände 'rot' und 'blau', sondern Verfärbungen abhängig von der Korrektheit des Schlages, besitzen. War der Winkel des Schlages beispielsweise in der Hälfte der Fälle richtig, so soll das Symbol eine leicht blaue Färbung haben. Je mehr richtig war, desto dunkler die Färbung. Dies würde den Spielern ein differenziertes Feedback über den Schlag geben, sodass diese wissen, dass sie zumindest teilweise den Bewegungsablauf korrekt ausgeführt haben.

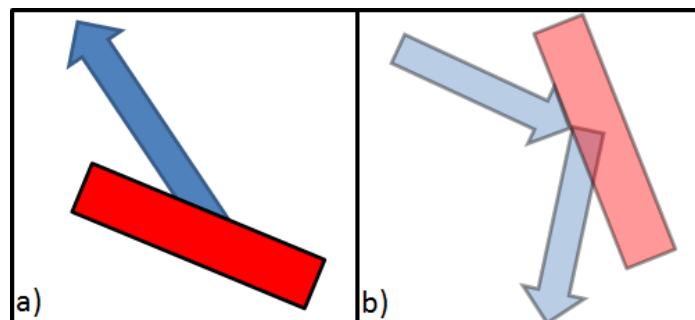
Ein Problem, welches vor allem bei erfahreneren Spielern aufgetreten ist, war das zuvor erwähnte Annehmen des Balles hinter der Tischtennisplatte. Im realen Tischtennis wird der Ball in der Regel hinter der Tischtennisplatte angenommen, nicht direkt über ihr. Dies ist jedoch in ATT nicht möglich, weshalb es für diese Spieler teilweise schwer war, sich an diese Umstellung zu gewöhnen. Damit die Spieler auch hinter der Tischtennisplatte den Ball annehmen können, könnte sich der Ball noch ein kleines Stück über den Rand hinaus bewegen, bevor ein

Punkt erzielt wird. Es ist jedoch nicht möglich, den Ball graphisch darzustellen, sobald er den Rand der Platte überschreitet.

Während der Entwicklung von ATT wurde bewusst auf eine Physikengine verzichtet, um die Komplexität der Anwendung niedrig zu halten. Aus diesem Grund ist die Bewegung des Balles keine richtige flüssige Bewegung, sondern kann eher mit kleinen Sprüngen auf dem Spielfeld verglichen werden. Selbes gilt für die Schläger, die bei jedem Rendertick auf der neuen Position dargestellt werden. Hierdurch entsteht das Problem, dass der Ball hinter den Schläger "springen" kann. Auf diese Art wird ein theoretischer Balltreffer nicht als solcher erkannt. Besonders problematisch wird dies, wenn der Schläger sehr schnell bewegt wird, wodurch er sich auf der Fläche sprunghaft bewegt. Eine naheliegende Verbesserung wäre also das Einführen einer Physikengine für die Bewegung des Balles und des Schlägers. Auf diese Weise könnten auch zusätzliche physikalische Gesetze implementiert werden, um die zuvor erwähnten Boni, wie das Andrehen des Balles, einfach umsetzen zu können.

Für die Spieler, die häufig das Problem hatten, sich den Ball ins eigene Aus zu schlagen, wären drei Lösungen denkbar. Zum einen könnte eine Funktion eingeführt werden, die beispielsweise nach zu häufigem "ins eigene Aus spielen" aktiviert wird. Diese Funktion würde dann dem Spieler mit einem Pfeil bei seinem digitalen Schläger anzeigen, in welche Richtung sich der Ball bewegen würde, wenn er auf den Schläger aufprallt (vergleiche Abbildung 27a). Die Funktion könnte dann für eine bestimmte Anzahl von Schlägen aktiv sein, um den Spieler zu unterstützen.

Vergleichbar mit der ersten Funktion, könnte nach einem Balltreffer der Schläger als durchsichtiger "Geistschläger" auf der Spielfläche zurückbleiben. Dieser Geistschläger weist ebenfalls die erwähnten Pfeile für die Ballbewegung auf, sodass den Spielern klar wird, wie sie ihren Schläger zum Zeitpunkt des Ballaufpralles gehalten haben und weshalb sich der Ball anschließend so bewegt hat (vergleiche Abbildung 27b). Diese Funktion sollte jedoch nur dann auftreten, wenn der Spieler sich den Ball ins eigene Aus geschlagen hat, um die Spielfläche nicht mit Informationen zu überladen.



**Abbildung 27:** a) Auf dem digitalen Schläger wird die simulierte Ausfallsbewegung des Balles nach einem theoretischen Zusammentreffen dargestellt. b) Ein transparenter Geistschläger, der nach einem Balltreffer angezeigt wird. Ebenfalls werden Pfeile angezeigt, welche die eingehende und ausgehende Bewegung des Balles, zum Zeitpunkt des Schlagtreffers, darstellen.

Die letzte Funktion wäre eine Replay-Funktion, welche die letzten 3-5 Spielsekunden vor dem Erzielen eines Punktes aufzeichnet und nach dem Erzielen eines Punktes abspielt. Auf diese Art und Weise könnten Spieler die ausgeführten Schläge besser nachvollziehen. Dieses Replay-Feature würde den Start-Countdown ersetzen, sodass die Spieler nicht vor jedem Start zu lange warten müssten.

Für die Studie wurde ein dritter Schläger als Ersatzschläger vorbereitet. Wie sich gezeigt hat, wurde dieser auch dringend benötigt. Einen Schläger neu im System zu registrieren kostet aber viel Zeit, weshalb es idealerweise zwei Ersatzschläger gegeben hätte, die jeweils eine identische Anordnung an Markern besitzen, wie die Hauptschläger. Auf diese Weise hätten die Schläger auch sehr schnell während dem laufenden System ausgetauscht werden können, sodass kaum eine Unterbrechung für die Spieler merkbar gewesen wäre.

Die Studie hat gezeigt, dass das System flexibler hätte sein sollen. Die Benutzer hätten selbst in der Lage sein müssen, die Ballgeschwindigkeit und -größe zu bestimmen. So hätten die Spieler direkt das Spiel ihren eigenen Bedürfnissen anpassen können und auch die für sie beste Einstellung herausfinden können. Ebenso hätten verschiedene Feedbackoptionen zur Verfügung gestellt werden sollen, sodass die Spieler hätten entscheiden können, ob sie diese nutzen wollen, oder nicht.

Die ATT-Studie war für den August geplant, es hat sich jedoch gezeigt, dass es schwer war in diesem Monat Teilnehmer für die Studie zu finden, da viele im Urlaub waren und Studenten entsprechend selten in die Universität kamen. Aus diesem Grund musste ein Teil der Studie auf einen späteren Termin verlegt werden. Für die Planung der Studie hätten also entweder die Teilnehmer weit im Vorfeld rekrutiert werden sollen, sodass ausreichend Teilnehmer zur Verfügung gestanden hätten, oder von Anfang an ein Termin außerhalb der Urlaubszeit für das Durchführen der Studie verwendet werden sollen.

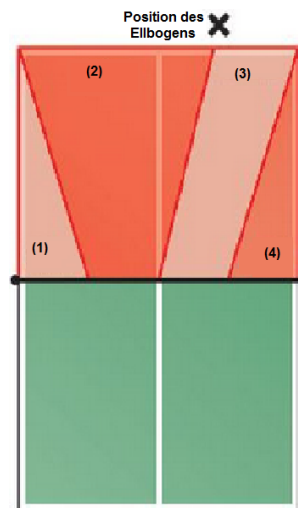
#### **4.6.6 Expertenmeinung**

Vier der Studienteilnehmer waren oder sind noch aktiv im Tischtennis. Diesen Teilnehmern wurden detailliertere Tischtennisfragen, vor allem in Bezug auf die Schlagtechnikerkennung, gestellt. Der Hauptunterschied zwischen Tischtennis und ATT, neben der fehlenden dritten Dimension des Spieles, ist die fehlende Möglichkeit den Ball hinter dem Tisch anzunehmen. Dies führt dazu, dass die defensiven Spielstile, bei denen die Spieler teilweise einen Meter hinter dem Tisch stehen und dort die Bälle annehmen, nicht möglich sind. Aber auch die anderen Spielstile nehmen den Ball für gewöhnlich knapp hinter der Tischtennisplatte an. Aus diesem Grund haben sich alle diese Spieler eine Möglichkeit gewünscht, dass der Ball auch hinter der Platte angenommen werden kann. Beispielsweise mit dem Konzept, dass der Ball zwar nicht mehr zu sehen ist, sich jedoch noch ein kurzes Stück hinter der Platte bewegt.

Die Schlagtechnikerkennung selbst wurde als richtig eingestuft. Die Spieler berichteten, dass sie die Schlagtechniken wie im Training ausgeführt haben und diese anschließend auch als korrekt vom System eingestuft wurden. Jedoch fehlt in ATT der Aspekt, dass verschiedene Schlagtechniken in verschiedenen Situationen eingesetzt werden. So wird beispielsweise ein

Schmetterschlag als Antwort auf einen hoch geschlagenen Ball gegeben. ATT kann also dem Spieler die Schlagbewegung beibringen, jedoch nicht, in welcher Situation der Schlag eingesetzt wird. Zudem haben sich die Experten mehr Schlagtechniken als die drei Möglichen gewünscht, da im Tischtennis eine große Zahl an verschiedenen Schlagtechniken ausgeführt werden kann. Da sich der Bewegungsablauf vieler Schlagtechniken stark ähnelt, wäre eine Umsetzung im aktuellen System schwer möglich.

So wie die Schlagtechniken in verschiedenen Situationen eingesetzt werden, so wird mit einem Vorhand- beziehungsweise Rückhandschlag in Abhängigkeit zum Aufprallpunktes des Balles geantwortet (vergleiche Abbildung 28<sup>5</sup>). Da in ATT jedoch das Konzept des Ballaufpralles nicht existiert, gibt es für die Spieler keinen speziellen Grund in der Vorhand beziehungsweise Rückhandhaltung zu spielen.



**Abbildung 28:** (1) Weite Vorhand, (2) Vorhandbereich, (3) Rückhandbereich, (4) Weite Rückhand, Quelle: Siehe Fußnote<sup>5</sup>

Teilnehmer H-11 sagte, dass ein guter Spieler sehr viel Feedback über seinen Schlag erhält, indem er die Vibrationen spürt, die durch den Balltreffer zustande kommen. Ein solches Feedback in die Schläger einzubauen wäre also sehr hilfreich für die Spieler. Zuletzt wurde noch der Vorschlag gegeben, dieses System für den Einzelspieler Gebrauch zu modifizieren. Wenn kein Trainingspartner zur Verfügung steht, so fällt es einem Spieler schwer zu trainieren. ATT könnte jedoch als Einzelspieler Spiel, oder alternativ über Distanz, gespielt werden. Im Einzelspieler Modus würde der Spieler gegen einen Computergegner oder gegen die Bande spielen, beim Spielen über Distanz wäre der Spieler und sein Partner in physisch getrennten Räumen.

<sup>5</sup>Quelle: "Tischtennistaktik: Dein Weg zum Erfolg", 5. Auflage (29.Juni 2011, Seite 15)

## 5 Fazit und Ausblick

In dieser Arbeit wurde eine grundlegende Definition von Exergames vorgestellt. Zudem wurden verschiedene Exergames aufgezeigt und auf technische Möglichkeiten, für die Umsetzung des Exergames ATT, auf Basis des Spieles Pong und der Sportart Tischtennis, analysiert. Die Grundlagenforschung hat dabei gezeigt, dass das OptiTrack System der Universität geeignet ist, um den Spieler und den Schläger zu tracken. Im Anschluss an die Grundlagenforschung wurden die Anforderungen an das ATT System aufgewiesen. In Anbetracht dieser Anforderungen wurden Konzepte und ihre Umsetzung vorgestellt. Im letzten Teil der Arbeit wurden der Ablauf und die Ergebnisse der Systemevaluation aufgewiesen. Von den fünf Anforderungen an ATT, wurden die vier Hauptziele der Studie abgeleitet. Diese Ziele wurden größtenteils erreicht. Für die meisten Spieler existiert ein Lerneffekt der Schlagtechniken, ohne dass diese vom System dazu angewiesen wurden, Schlagtechniken auszuführen. Das System ist einfach und intuitiv zu verstehen und der Großteil der Spieler kam mit der Steuerung der Schläger problemlos zurecht. Zudem legt die Auswertung des SUS-Fragebogens eine hohe Effizienz und Effektivität des Systems nahe. Das System besitzt also eine hohe Gebrauchstauglichkeit. Die Spieler haben ebenfalls Spaß bei der Benutzung des Systems gehabt und würden es gerne wieder verwenden. Die Benutzererfahrung ist somit ebenfalls sehr positiv. Die Ziele der Exergames, also die Förderung von Spaß an Bewegung, lässt sich nicht mit Gewissheit beantworten. Die Daten deuten jedoch darauf hin, dass die Motivation gefördert wird. Ebenso ergab die Balancingmethode ein schwaches positives Ergebnis.

In einer zukünftigen Arbeit wäre es vor allem interessant, ein neues Exergame zu entwickeln, welches die dritte Dimension mit einbezieht. Mit der Information, an welcher Position auf dem Tisch der Ball aufprallt, könnte ein physischer Ball für die Umsetzung des Exergames verwendet werden. Die bereits vorhandene Schlagtechnikererkennung könnte verwendet werden, um den Spielern Boni zu geben. Sie könnte hierbei um weitere Schlagtechniken erweitert werden, sodass die Spieler eine größere Auswahlmöglichkeit besitzen. Zudem könnte auch noch die Körperhaltung der Spieler analysiert werden, beispielsweise mit einer Kinect. Dieses Exergame bietet vor allem die Möglichkeit, den Spielbereich um die Bereiche hinter und neben der Platte zu erweitern. Auf diese Weise wären Spieler gezwungen sich mehr zu bewegen. Für die Umsetzung eines solchen Exergames gäbe es unzählige Möglichkeiten, wobei die Spieler auch kooperativ spielen könnten. Beim kooperativen Modus wäre es vorstellbar, dass die Spieler vom System aus bestimmte Schläge ausführen müssen, um einen besonderen Bonus zu erhalten. Somit würde ein Spieler dem anderen eine gute Vorlage für die Anwendung der geforderten Schlagtechnik bieten. Wenn das Exergame auf die Position des Schlägers verzichtet könnte, dann könnte der Schläger mit Beschleunigungs- und Lagesensoren versehen werden, um die Schlagbewegung zu analysieren. Somit würden keine Probleme mit den Gewindestangen während dem Spielen auftreten.

## Abbildungsverzeichnis

1	Eine Klassifizierung von Exergames [MGV08] . . . . .	7
2	<b>Links:</b> Die Defensive Heatmap zeigt dem Spieler an, wo er sich vorbereiten muss einen Schlag zu verteidigen. <b>Mitte:</b> Die Offensive Spotlight zeigt dem Spieler an, auf welche Stelle der gegnerischen Hälfte gespielt werden soll, um mit einer hohen Wahrscheinlichkeit einen Punkt zu erzielen. <b>Rechts:</b> Die Expert Arrows zeigen an, auf welche Position ein professioneller Spieler wahrscheinlich spielen würde. [Xia+11] . . . . .	9
3	Ein Spieler bewegt sich auf einem omni-direktionalen Laufband, um einen Charakter in einem Spiel zu steuern. Quelle: Siehe Fußnote <sup>1</sup> . . . . .	10
4	Tonherkunft abhängig von der Laufgeschwindigkeit. [MOT07] . . . . .	11
5	<b>Links:</b> Die Ansicht des Seilschwingers, <b>Rechts:</b> Die Ansicht des Springers. [Yao+11] . . . . .	12
6	Live Demonstration des KinectBalls Prototypen. [SDM13] . . . . .	13
7	<b>Links:</b> Kopf und Schläger Tracker; <b>Rechts:</b> Zwei Spieler spielen gegeneinander. [Yin+10] . . . . .	13
8	<b>Links:</b> Ein Spieler vor dem digitalen Spielfeld <b>Rechts:</b> Eine Polarisationsbrille und ein Schläger mit den angebrachten Markern [RB05] . . . . .	14
9	Zwei mit Marker versehene Schläger, die für das Spielen verwendet werden können. . . . .	17
10	Die Spielkomponenten von Pong . . . . .	18
11	Die Aufprallphysik illustriert. Es gilt: Einfallswinkel gleich Ausfallswinkel . . . . .	19
12	Die Bewegungsabläufe der drei implementierten Schläge. Von oben nach unten: Vorhand-Topspin, Rückhand-Topspin, Schmetterschlag [Do15] . . . . .	20
13	Die Bewegung des Balles, nachdem ein Topspin Schlag richtig angewendet wurde. . . . .	21
14	Ein Screenshot des Testmodus, drei Symbole ersetzen hierbei die Punkteanzeige. Aus Sicht des Spielers stellt das linke Symbol die Schlägerneigung, das mittlere die Schlägerhöhe am Ende des Schlages und das rechte die zurückgelegte Distanz dar. Eine blaue Färbung bedeutet dabei, dass die entsprechende Schlageigenschaft korrekt ausgeführt wurde. . . . .	23
15	Eine exemplarische Darstellung der Schlaglinie. . . . .	23
16	Der grobe Ablauf des gesamten Evaluationsprozesses. . . . .	24
17	Der Versuchsaufbau aus der Perspektive der Kamera. . . . .	25
18	Ergebnisse des SUS-Fragebogens in Form eines Boxplot. Die rote Linie illustriert den Wert 68, der auf eine durchschnittliche Gebrauchstauglichkeit hinweist. . . . .	30
19	Die Abbildung stellt den jeweiligen Median der ersten drei Fragen des UsEx-Fragebogens über alle Teilnehmer hinweg dar (Skala 1-5). . . . .	32
20	Die Abbildung stellt das Mapping Problem mancher Spieler dar. Die transparenten Objekte stellen dabei den Zustand des jeweiligen Objektes eine Zeiteinheit zuvor dar. <b>Oben:</b> Der geplante Schlag, bei dem der Ball mit dem geraden Schläger getroffen werden soll. <b>Unten:</b> Der tatsächlich ausgeführte Schlag, bei dem der Spieler den Ball zu spät in der Schlagbewegung trifft und ihn sich deshalb ins eigene Aus schlägt. . . . .	33



21	Die Abbildung stellt den jeweiligen Median der Fragen 4-6 des UsEx-Fragebogens über alle Teilnehmer hinweg dar (Skala 1-5). . . . .	34
22	Die Abbildung stellt den jeweiligen Median der Fragen 7-9 des UsEx-Fragebogens über alle Teilnehmer hinweg dar (Skala 1-5). . . . .	35
23	Die Abbildung stellt den Median der Frage 10 des UsEx-Fragebogens über alle Teilnehmer hinweg dar (Skala 1-5). . . . .	37
24	Die Abbildung stellt den jeweiligen Median der Fragen 11-14 des UsEx-Fragebogens über alle Teilnehmer hinweg dar (Skala 1-5). . . . .	38
25	Die Abbildung zeigt den Median der erfolgreichen Schlagtechniken aller Spieler im Verhältnis zu der Anzahl der gespielten Partien. . . . .	39
26	Die Abbildung zeigt die groben Bereiche, in denen die Schläger von den Kameras gut (grün), beziehungsweise schlecht (rot) erkannt werden. . . . .	43
27	a) Auf dem digitalen Schläger wird die simulierte Ausfallsbewegung des Balles nach einem theoretischen Zusammentreffen dargestellt. b) Ein transparenter Geistschläger, der nach einem Balltreffer angezeigt wird. Ebenfalls werden Pfeile angezeigt, welche die eingehende und ausgehende Bewegung des Balles, zum Zeitpunkt des Schlagtreffers, darstellen. . . . .	45
28	(1) Weite Vorhand, (2) Vorhandbereich, (3) Rückhandbereich, (4) Weite Rückhand, Quelle: Siehe Fußnote <sup>5</sup> . . . . .	47

## Tabellenverzeichnis

1	Übersicht der Fragen des UsEx-Fragebogens und damit versehene Kürzel. . . .	27
2	Die Tabelle zeigt, auf welches Ziel die einzelnen Fragen des Fragebogens abzielen. . . . .	27
3	Übersicht über die für jedes Ziel verwendeten Evaluationstechniken . . . . .	28
4	Übersicht der demographischen Daten der Studienteilnehmer . . . . .	29

## Referenzen

- [Bia08] Nadia Bianchi-Berthouze. *Body Movement as a Modality for supporting Positive Experience in HCI*. CHI 2008. <http://workshopehi.pbworks.com/f/ExertionBerthouze08.pdf>, zuletzt besucht am 10.10.2014.
- [Bro86] John Brooke. *SUS - a quick and dirty usability scale*. in Usability Evaluation in Industry, London, 1986.
- [Do15] Rolf Dober. Von: <http://www.sportunterricht.de/tischtennis/grund1.html>, Zuletzt besucht am: 04.06.2015.
- [FGW13] Gundolf S. Freyermuth, Lisa Gotto, and Fabian Wallenfels (HG.) *Serious Games, Exergames, Exerlearning - Zur Transmedialisierung und Gamification des Wissentransfers*. transcript Verlag, Bielefeld, 2013.
- [Ger+14] Kathrin M. Gerling et al. *Effects of Skill Balancing for Physical Abilities on Player Performance, Experience and Self-Esteem in Exergames*. in Proc. of CHI '14, Seiten 2201-2210.
- [Höl15] Stefan Höliner. *Augmented Table Tennis*. Bachelorprojekt, Universität Konstanz, 2015.
- [MGV08] Florian 'Floyd' Mueller, Martin R. Gibbs, and Frank Vetere. *Taxonomy of Exertion Games*. Tech. rep. University of Melbourne, OZCHI 2008.
- [MOT07] F. Mueller, S. O'Brien, and A. Thorogood. *Jogging over a Distance*. in Proc. of CHI '07, Seiten 1989-1994.
- [RB05] Stephan Rusdorf and Guido Brunett. *Real Time Tracking of High Speed Movements in the Context of a Table Tennis Application*. November 2005, Monterey, California, USA.
- [Rod11] Yvonne Rodgers. *Interaction Design - beyond human-computer interaction*. Wiley Verlag, Auflage 3, 2011, Chapter 13.2.
- [SDM13] Jonathan Schoreels, Romuald Deshayes, and Tom Mens. *KinectBalls : An Interactive Tool for Ball Throwing Games*. Intelligent Technologies for Interactive Entertainment, Volume 124, 2013, Seiten 90-95.
- [Xia+11] Xiao Xiao et al. *PingPong++: Community Customization in Games and Entertainment*. in Proc. of ACE '11, Artikel Nummer 24.
- [Yao+11] Lining Yao et al. *Multi-Jump: Jump Roping Over Distances*. May 7-12, 2011 Vancouver, BC, Canada.
- [Yin+10] Li Yingzhu et al. *Real-Time Immersive Table Tennis Game for Two Players with Motion Tracking*. in Proc. of 14th International Conference 2010, pages 500-505.

## A Anhang: Demographischer Fragebogen

Dieser Fragebogen wurde für Erhebung der demographischen Daten verwendet.

Geschlecht:  Männlich  Weiblich

Alter:       
< 18 18-23 24-29 30-34 >34

Wie gut würden Sie Ihre Tischtennisfähigkeiten einschätzen?

Sehr gut       Sehr schlecht

Wie oft betreiben Sie in der Woche Sport?

< 1 Stunde 1-2 Stunden 3-4 Stunden > 4 Stunden

## B Anhang: Informed consent

Der informed consent, den die Teilnehmer vor der Teilnahme an der Studie ausfüllen mussten.

### Beschreibung der Studie

Diese Studie untersucht das Spiel *Augmented Table Tennis*. Die Ziele der Studie bestehen darin, das Spiel auf dessen Nutzen und Gebrauchstauglichkeit zu untersuchen. Ihre Teilnahme hilft dabei, diese Ziele zu erreichen.

Ihre Aufgabe besteht darin, das Spiel zu spielen und anschließend Fragen anhand Ihrer Erfahrung mit dem Spiel zu beantworten. Sollten Sie Fragen oder Probleme während der Studie haben, können Sie sich an den Studienleiter wenden.

Ihre Daten werden anonym gespeichert und ausschließlich für wissenschaftliche Zwecke verwendet. Die heutige Sitzung wird mit Ihrer Zustimmung videoaufgezeichnet.

Dies ist ein Test der vorliegenden Software, nicht Sie werden getestet. Sollten Sie Pausen benötigen, oder sollten Sie die Studie abbrechen wollen, so können Sie dies jederzeit tun.

### Einverständniserklärung

Ich habe mir die Beschreibung der Studie durchgelesen. Ich stimme freiwillig der Teilnahme der Studie zu.

**Name in Druckschrift:** \_\_\_\_\_

**Unterschrift:** \_\_\_\_\_

**Datum:** \_\_\_\_\_

## C Anhang: SUS-Fragebogen

Der SUS-Fragebogen, welcher die Gebrauchstauglichkeit des Systemes testen sollte.

Kreuzen Sie bitte das Feld an, welches am ehesten zutrifft.

	Trifft nicht zu	Trifft zu
1. Ich denke, dass ich das System gerne häufig verwenden würde.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
2. Ich fand das System unnötig komplex.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
3. Ich denke, das System war leicht zu benutzen.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
4. Ich denke, ich bräuchte die Hilfe einer fachkundigen Person, um das System benutzen zu können.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
5. Ich fand, die verschiedenen Funktionen des Systems waren gut integriert.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
6. Ich denke, das System enthielt zu viele Inkonsistenzen.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
7. Ich kann mir vorstellen, dass die meisten Menschen den Umgang mit diesem System sehr schnell lernen.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
8. Ich fand das System sehr umständlich zu benutzen.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
9. Ich fühlte mich bei der Benutzung des Systems sehr sicher.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
10. Ich musste viele Dinge lernen, bevor ich anfangen konnte das System zu verwenden.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

## D Anhang: Selbst erstellter Fragebogen (ExUs-Fragebogen)

Der selbst erstellte Fragebogen, der die Gebrauchstauglichkeit und Benutzererfahrung der Studienteilnehmer testen sollte.

Im Folgenden sind einige Fragen in Bezug auf Ihre Erfahrungen mit dem Spiel. Kreuzen Sie bitte das Feld an, welches am ehesten zutrifft. Sollten Sie eine Korrektur vornehmen wollen, streichen Sie das Kreuz durch und umkreisen Sie bitte Ihre endgültige Antwort.

	Frage	Trifft nicht zu		Neutral	Trifft zu	
		-2	-1		0	1
1	Ich bin mit der Steuerung des digitalen Schlägers klargekommen.					
2	Der digitale Schläger befand sich immer an der Position, an der ich ihn erwartet habe.					
3	Der digitale Ball hat sich anders bewegt als erwartet.					
4	Das Spiel hat mir Spaß gemacht.					
5	Ich würde dieses Spiel gerne wieder spielen.					
6	Durch das Spielen des Spieles habe ich Lust bekommen, normales Tischtennis zu spielen.					
7	Ich konnte die Schlagtechniken erfolgreich ausführen.					
8	Die Belohnungen für die Schlagtechniken haben mich motiviert diese öfter anzuwenden.					
9	Das Feedback für die Schlagtechniken war ausreichend.					
10	Die Marker an den Schlägern haben mich beim Spielen gestört.					
11	Die Größe der Spielfläche war genau richtig.					
12	Die Größe des digitalen Balles war genau richtig.					
13	Die Geschwindigkeit des Balles war angemessen.					
14	Die Spielelemente (Punkteanzeige, Startsignal, etc.) waren intuitiv zu verstehen.					