

Motivation durch Exergames – Mechanismen zur Spielbalancierung am Beispiel einer digital erweiterten Tischtennisplatte

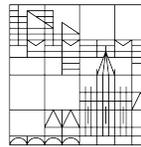
Motivation by Exergames – Game Balancing Mechanisms Exemplified
by Augmented Tabletennis

Vorgelegt von

Daniel Fink

an der

Universität
Konstanz



zur Erlangung des akademischen Grades
Bachelor of Science (B.Sc.)

AG Mensch-Computer Interaktion

Fachbereich Informatik und Informationswissenschaft

Matrikelnummer: 01/790705

1.Gutachter: Prof. Dr. Harald Reiterer

2.Gutachter: Jun. Prof. Dr. Bela Gipp

Betreuer: Simon Butscher

Einreichung: Konstanz, 02.05.2016

Zusammenfassung

In dieser Arbeit wird ein Exergaming System beschrieben, das in Form einer digital erweiterten Tischtennisplatte umgesetzt wurde. Im Gegensatz zu herkömmlichen Exergaming Systemen wird bei dem vorgestellten Konzept der Sport nicht vor einem Bildschirm simuliert. Die Spieler müssen die Sportart in der Realität betreiben. Durch den Einsatz von Elementen der Spielbalancierung sollen die Spieler dazu motiviert werden, die Sportart Tischtennis längerfristig zu betreiben. Nach einer Beschreibung des Konzepts und dem daraus entstandenen Prototypen folgt eine Evaluation. Die Evaluation untersucht dabei die Attraktivität und Funktionsweise des entstandenen Exergaming Systems. Am Ende der Arbeit werden Schlussfolgerungen aus den Erkenntnissen der Evaluation gezogen. Die Erkenntnisse der Arbeit beinhalten unter anderem die hohe Attraktivität des Systems und die Verbesserungsmöglichkeiten der Spielbalancierung.

Abstract

This thesis describes an augmented table tennis concept as part of an Exergaming system. Different from conventional Exergaming systems the sports won't be simulated in the front of a screen. The players have to play the real-world physical activity. Integrated game balance mechanisms should motivate players to long-term exercise the sport table tennis. The description of the Exergaming system is followed by an evaluation. The Evaluation studies the attractiveness and the functionality of the developed exergaming system. The thesis ends with conclusions from the conducted evaluation. The main conclusions of the thesis are the high attractiveness of the system and ideas to improve the integrated game balancing mechanisms.

Abbildungsverzeichnis

1	„Exertion Games adjustment“ [1]	9
2	Tischtennisplatte von „Tabletennis for Three“ [10]	11
3	„Collaborative, Visuo-Haptic AR Ping-Pong“ [8]	12
4	„Camball - Augmented networked table tennis“ [15]	13
5	„PingPong++“ [11]	14
6	Systemarchitektur von „Digital Tabletennis“	17
7	Der „Digital Tabletennis“ Prototyp	18
8	Die Spielfläche bei aktivierten „Power Ups“ „Black Hole“ (oben links), „Half Plate“ (oben rechts), „x2“ (unten links) und „Shadows“ (unten rechts)	20
9	Die verschiedenen Größen der „Power Ups“ in Abhängigkeit des Punkteabstands	22
10	Wahrscheinlichkeitstabelle der Spielbalancierung	23
11	Startbildschirm	24
12	Gesperre Spielfläche	25
13	Spielfläche während eines Ballwechsels bevor „Power Ups“ getroffen werden (links unten: Logo des „Half Plate“ „Power Up“, rechts oben: Logo des „Black Hole“ „Power Up“)	25
14	Demografische Daten der Studie	30
15	Antwort auf die Frage „Welche Variante hat Ihnen mehr Spaß gemacht?“	31
16	Die am häufigsten genannten Bereiche auf die Frage „Was fanden Sie (an der Exergaming Variante) gut?“	32
17	Die genannten Antworten auf die Frage „Was fanden Sie (an der Exergaming Variante) schlecht?“	33
18	Die genannten Antworten auf die Frage „Was könnte man besser machen?“	34
19	Portfolio Darstellung des „AttrakDiff“ Fragebogens von allen Studienteilnehmern	35
20	Portfolio Darstellung des „AttrakDiff“ Fragebogens von „erfahrenen“ bis „sehr erfahrenen“ Teilnehmern im Umgang mit Exergaming Spielen	36
21	Diagramm der Mittelwerte des „AttrakDiff“ Fragebogens von allen Studienteilnehmern	37
22	Profil der Wortpaare des „AttrakDiff“ Fragebogens von allen Studienteilnehmern	38
23	Mittelwert, t-Test und Standardabweichung Gesamt des NASA TLX Fragebogen beider Bedingungen	39
24	Aktivierung eines „Power Up“ durch aktuell unterlegenen und führenden Spieler und bei Gleichstand	40
25	Spieler erzielte Punkt(e) nach Aktivierung eines „Power Up“	41
26	Spieler erzielte Punkt(e) nach Aktivierung des „Power Up“...	41
27	Antworten auf die Frage „Wie viele verschiedene Größen von „Power Ups“ haben sie erkannt?“ nach Häufigkeit	42

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	6
2	Verwandte Arbeiten	8
2.1	Exergaming	8
2.2	Spielbalancierung	8
2.3	„Tabletennis for Three“	11
2.4	Augmented Reality	12
2.5	Ballerkennung mit Piezoelektrischen Sensoren	13
2.6	Zusammenfassung	15
3	Prototyp „Digital Tabletennis“	16
3.1	Anforderungen	16
3.2	Verwendete Technologien	17
3.3	Konzept	19
3.3.1	„Power Ups“	19
3.3.2	Spielbalancierung	21
3.4	Design	24
4	Evaluation	27
4.1	Ziel der Studie	27
4.2	Studiendurchführung	27
4.3	Ergebnisse	30
4.3.1	Attraktivität	31
4.3.2	Spielbalancierung	39
4.4	Diskussion	43
5	Ausblick	46
6	Fazit	47
7	Literaturverzeichnis	48
8	Anhang	50

1 Einleitung

Die Anzahl der Menschen in Deutschland, die wenig bis gar keinen Sport treiben, steigt. 2013 haben die „Sportmuffel und Antisportler“ sogar die Mehrheit erreicht. So werden die „Sportvermeider“ in der TK-Studie zum Bewegungsverhalten der Menschen in Deutschland bezeichnet [9]. In der selben Studie wurde auch festgestellt, dass diese Gruppe am meisten Zeit vor dem Bildschirm verbringt. Gleichzeitig steigt die Anzahl der Menschen, die Videospiele spielen, deutlich. Das zeigt eine durch den BITKOM (Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien) durchgeführte repräsentative Studie von 2015 [3]. Aus diesem Grund liegt die Vermutung nahe, dass unter den Sportvermeidern auch viele Menschen sind, die in ihrer Freizeit Videospiele spielen. Doch welche Möglichkeiten gibt es, videospielaffine Menschen für Bewegung und Sport zu begeistern?

Exergaming ist eine Kombination aus den englischen Wörtern „exercise“ (trainieren) und „gaming“ (spielen) und kann möglicherweise auch Sportvermeider dazu motivieren, mehr Sport zu treiben. Es wird als technologiebasierte körperliche Aktivität definiert, bei der die Teilnehmer physisch aktiv werden müssen, um das Spiel zu spielen [4]. Beispiele für kommerzielle Exergaming Systeme sind „Nintendo Wii“, „Microsoft Kinect“ und „Playstation Move“. Diese Systeme simulieren Sportarten mithilfe von bewegungsbasierten Eingabegeräten auf einem Bildschirm. Allerdings entsprechen in vielen Fällen die benötigten physischen Fähigkeiten zur Bewältigung der simulierten Sportart bei weitem nicht denen der Originalsportart. Stattdessen genügen stark vereinfachte Bewegungsabläufe, um in dem Spiel erfolgreich zu sein. Die Nutzer solcher Systeme beherrschen nicht automatisch auch die Originalsportart.

In dieser Arbeit wird ein Exergaming Prototyp vorgestellt, der Menschen dazu motivieren soll, die Sportart Tischtennis zu betreiben. Auch wenn zu erwarten ist, dass die digitale Präsentation des Sports eher videospielaffine Personen anspricht, soll das System nicht auf diese Zielgruppe beschränkt werden, sondern Menschen allgemein dazu bewegen das Spiel zu nutzen. Der Sport wird im Gegensatz zu den oben genannten Systemen nicht simuliert, sondern die Originalsportart um digitale Elemente erweitert. Dadurch bleiben die benötigten physischen Fähigkeiten der Sportart erhalten. Durch die Erweiterung der Tischtennisregeln um zusätzliche Elemente wird eine Spielbalancierung vorgenommen. Die Spielbalancierung soll das Spiel spannend gestalten und dadurch die Motivation aufrechterhalten. Durch die Platzierung der Elemente sollen die Spieler dabei unterstützt werden, das Spiel zu erlernen.

Im Rahmen dieser Arbeit ist so das Exergaming System „Digital Tabletennis“ entstanden. Nach der Umsetzung des Prototypen in der Projektarbeit folgte eine Evaluation des Systems. Diese sollte feststellen, ob das System ansprechend gestaltet ist und somit Menschen dazu bewegen kann, das System zu nutzen. Außerdem sollte festgestellt werden, ob das System und dessen Spielelemente den Nutzer motivieren und die Spielbalancierung die gewünschte Wirkung erzielt.

Die Arbeit besteht aus den 3 Hauptteilen „Verwandte Arbeiten“, „Prototyp „Digital Tabletennis““ und „Evaluation“ des Systems. Im nachfolgenden Kapitel wird zunächst eine Theoriebasis geschaffen, die die Themengebiete Exergaming und Spielbalancierung behandelt und anschließend ein Exergaming System aus der Forschung vorgestellt. Die erlangten Erkenntnisse spiegeln sich in den Anforderungen an das System wieder. Im darauffolgenden Kapitel werden Design und Konzept des „Digital Tabletennis“ Prototypen vorgestellt. Im letzten Hauptkapitel wird die Evaluation des Systems präsentiert. Dabei werden Ablauf, Durchführung und Ergebnisse der für diese Arbeit durchgeführten Studie beschrieben. Zum Schluss folgt ein Ausblick auf mögliche nächste Schritte und das Fazit, das die Arbeit noch einmal kurz zusammenfasst.

2 Verwandte Arbeiten

Auch wenn der Ansatz für das in dieser Arbeit vorgestellte Exergaming System von dem bekannter kommerzieller Systeme abweicht, sind die vorhandenen Studienergebnisse zu Exergaming und zur Spielbalancierung hilfreich, da die Erkenntnisse aus diesen Arbeiten in adaptierter Form auch in diesem System Gültigkeit haben. Im nachfolgenden werden die Bereiche Exergaming und Spielbalancierung erklärt und bereits erlangte Erkenntnisse aus verwandten Arbeiten zusammengefasst. Anschließend wird ein Exergaming Beispiel aus der Wissenschaft vorgestellt und weitere Arbeiten aus dem Bereich „Augmented Reality“ angesprochen. Zum Schluss wird eine Methode zur Erkennung von Ballauftreffpunkten auf einer Tischtennisplatte beschrieben und die erlangten Erkenntnisse des Kapitels zusammengefasst.

2.1 Exergaming

Zu dem Themenbereich Exergaming wurden in den letzten Jahren einige Studien veröffentlicht. Grund dafür waren die vielen kommerziell erhältlichen Systeme. In dem Paper „Exergame Effectiveness: What the Numbers Can Tell Us“ [13] wurden einige quantitative und qualitative Studien betrachtet. Insgesamt wurden 15 quantitative Studien, die sich mit insgesamt 20 Exergaming Spielen beschäftigten, zusammengefasst. Daraus ergaben sich die folgenden Erkenntnisse:

Exergaming funktioniert als Motivationswerkzeug nur bei Personen, die nicht bereits die reale physische Aktivität betreiben. Es gibt nicht das eine Modell, das bei allen Personen funktioniert. Die Effektivität eines Exergames ergibt sich aus einer Kombination aus Motivation und dem physischen Nutzen der Aktivität (Körperliche Belastung, verbrauchte Kilokalorien pro Minute) [13]. Allerdings ist unter den betrachteten Studien keine Langzeitstudie vorhanden. Trotzdem ergaben die Studien Erkenntnisse, die beim Design eines Exergames zu berücksichtigen sind. So sollten Exergames motivierende Elemente enthalten, die geeignet sind, die Nutzer über längere Zeit für die Exergaming Aktivität zu begeistern. Diese Elemente sollten nicht unter dem Aspekt der Fitness designet werden [13].

Daraus ergibt sich, dass beim Design eines Exergaming Spiels nicht zwingend die Aktivität mit den Regeln und Gegebenheiten der Originalaktivität umgesetzt werden muss. Es können auch Elemente hinzugefügt werden, wenn sie für die Motivation der Spieler förderlich sind.

2.2 Spielbalancierung

Eine Möglichkeit, Elemente eines Spiels motivierend zu gestalten, ist das Design dieser Elemente als Teil einer Spielbalancierung. Das Paper „Towards understanding balancing in exertion games“ [1] beschreibt die verschiedenen Möglichkeiten von Spielbalancierungen in Exergaming. Diese können sich teilweise stark von den klassischen Möglichkeiten der Videospieldbalancierung unterscheiden. Es wird erklärt, dass Spielbalancierung in Exergames wichtig ist, weil Spieler mit unterschiedlichen physischen Fähigkeiten während des Spielens entweder unterfordert oder zu stark gefordert werden und deshalb davon auszugehen ist, dass sie das Interesse an dem

Spiel verlieren. Daher ist es notwendig, dass die Fähigkeiten der Spieler mithilfe von Spielbalancierungen aneinander angepasst werden.

Durch die Betrachtung von früheren Arbeiten, die sich nicht nur mit Spielbalancierungen in der rein digitalen Welt, sondern auch in traditionellen Sportarten und in Exergames beschäftigten, kann zwischen zwei Arten der Spielbalancierung unterschieden werden: „internal adjustments“ (interne Anpassungen) und „external adjustments“ (externe Anpassungen) (siehe Abbildung 1).

Unter „internal adjustments“ versteht man die Anpassung der Spieler. Dazu zählen die „physischen Fähigkeiten der Spieler, das taktische Wissen, die strategischen Fähigkeiten, die Ausdauer, die Flexibilität, der Körper, die Fitness, die Erfahrungen oder emotionale Faktoren“ [1]. Als Beispiel wird ein Laufspiel genannt, bei dem

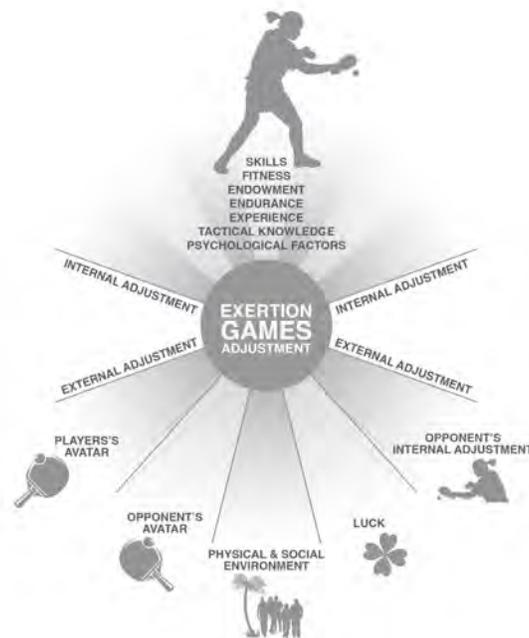


Abbildung 1: „Exertion Games adjustment“ [1]

der bessere Läufer einen Rucksack mit Gewichten erhält. Durch den Rucksack wird der bessere Spieler langsamer und damit die physischen Fähigkeiten der Spieler aneinander angepasst.

„External adjustments“ sind die Anpassungen der Spielumgebung. Sie beinhalten die „Umwelt des Spiels (Temperatur, Wind, Luftfeuchtigkeit), die soziale Umgebung (Zuschauer), die Aufgabe (Spielregeln, Spielfeldgröße, Ausrüstung, Punktestand/Zeit), die Fähigkeiten des Gegners, die Stärke der Avatare (falls Spieler durch Avatare repräsentiert werden) oder Glück“ [1]. Für die „External adjustments“ wird als Beispiel ein Punktevorteil für den schlechteren Spieler genannt. In diesem Fall wäre das eine Spielbalancierung durch Veränderung der Aufgabe (nach vorheriger Definition).

Die im Rahmen des Papers durchgeführte Studie vergleicht klassisches Tischtennis mit einer digitalen Exergaming Variante des Sports. Im Spiel „Wii Sports Resort“ (auf der Konsole „Nintendo Wii“) wird Tischtennis auf einem Bildschirm simuliert. Die Spieler müssen den virtuellen Ball mit einem Controller, dessen Bewegung von der Konsole getrackt wird, zurückschlagen. Vor Beginn der Studie wurden die Teilnehmer gefragt, wie hoch sie ihre Tischtennisfähigkeiten selbst einschätzen. Auf Grundlage der Selbsteinschätzung spielten Personen mit hohen Fähigkeiten gegen Personen mit niedrigeren Fähigkeiten. Pro Spielerpaar wurde jeweils eine der beiden Varianten dreimal gespielt. In einem der drei Spiele spielten die Spieler konventionell gegeneinander. In den anderen beiden Spielen wurde eine Spielbalancierung vorgenommen, die sowohl beim klassischen Tischtennis, als auch bei der digitalen Variante funktioniert. Eine Form der Spielbalancierung war ein Punktevorsprung von 6 Punkten für den schlechteren Spieler. Das Spiel gilt in beiden Varianten (klassisch und digital) als gewonnen, sobald ein Spieler 11 Punkte erreicht. In der zweiten Form der Spielbalancierung musste der bessere Spieler mit seiner nicht dominanten Hand spielen. Das heißt Rechtshänder mussten mit der linken Hand spielen und umgekehrt. Den Autoren war bewusst, dass eindeutig erkennbare Spielbalancierungen nicht wünschenswert sind und die Spielerfahrung negativ beeinflussen [7]. Im Anschluss an jedes Spiel wurde ein „engagement score“ mithilfe des statistischen Analyseverfahrens „ANOVA“ ermittelt und ein Interview geführt.

Die Studie hat ergeben, dass es in Bezug auf den „engagement score“ keine signifikanten Unterschiede zwischen den drei Spielformen gab. Es wurden auch keine Wechselwirkungen zwischen Fähigkeit der Spieler und Spielbalancierung erkannt. Das digitale Tischtennispiel schnitt bei den Spielbalancierungen etwas schlechter ab. Allerdings konnte ein Bezug zwischen Tischtennisvariante, Art der Spielbalancierung und Fähigkeit des Spielers festgestellt werden. Während beim klassischen Tischtennis die besseren Spieler bei allen drei Spielen im Schnitt ähnlich hohe „engagement scores“ vergaben, war der „engagement score“ in Verbindung mit digitalem Tischtennis und der Spielbalancierung mithilfe des Punktevorsprungs deutlich niedriger. Funktionierende Spielbalancierungen aus der analogen Welt müssen nicht zwingend auch in der digitalen Welt funktionieren. Der qualitative Teil der Studie hat ergeben, dass „challenge“ (Herausforderung) und „unfairness“ (Ungerechtigkeit) die beiden häufigst genannten Begriffe waren, wenn die Studienteilnehmer erklären sollten, was ihre Bewertung beeinflusste. In der weiteren Aufschlüsselung des qualitativen Teils der Studie wird erklärt, dass die besseren Spieler bei den Spielbalancierungen stärker gefordert waren und das Spiel plötzlich als Herausforderung ansahen. Das ist ein erwünschter Effekt einer Spielbalancierung. Gleichzeitig waren die schlechteren Spieler bei einem Sieg aber nicht zufrieden, weil ihnen bewusst war, dass sie wahrscheinlich nur durch die Spielbalancierung gewonnen haben.

Es ist folglich wünschenswert, Spielbalancierungen möglichst intransparent zu gestalten, damit die Spieler das Spiel nicht als unfair empfinden und sich über ihren Sieg (falls sie gewinnen) freuen können. Durch die Freude steigt die Motivation. Außerdem muss eine aus der analogen Welt bekannte Spielbalancierung nicht zwingend auch in einem digitalen Spiel funktionieren und vice versa.

2.3 „Tabletennis for Three“

Wie bereits erwähnt, müssen Exergaming Spiele nicht zwingend digitale Simulationen einer realen sportlichen Aktivität sein. Es können auch Elemente einer realen Sportart digital erweitert werden. Ein Beispiel für ein digital erweitertes Exergaming Spiel aus der Forschung ist das Projekt „Table Tennis for Three“ [10].

Das Spiel besteht aus drei speziell angefertigten Tischtennisplatten (siehe Abbildung 2). Jeder Spieler besitzt eine solche Platte. Die drei identischen Platten sind mit einer Kamera und einem Projektor ausgerüstet. Der Projektor projiziert das Spiel auf die vor dem Spieler aufgestellte Fläche. Im Hintergrund der Projektion werden



Abbildung 2: Tischtennisplatte von „Tabletennis for Three“ [10]

jeweils die anderen beiden Mitspieler dargestellt. Dazu wird das Kamerasignal der Tischtennisplatte über das Netzwerk an die jeweils anderen beiden Platten übertragen. Im Vordergrund sind 8 halbtransparente blaue Rechtecke sichtbar. Am oberen Rand werden die Punktestände angezeigt. Sobald das Spiel startet, müssen die Spieler versuchen, die blauen Rechtecke mit einem normalen Tischtennisball und -schläger zu treffen. Wurde ein projiziertes Rechteck einmal getroffen, bekommt es einen Riss. Wird das selbe Rechteck ein weiteres mal getroffen, bekommt es weitere Risse. Beim dritten Treffer verschwindet es. Die Zustände der Rechtecke werden zwischen allen 3 Tischtennisplatten synchronisiert. Das bedeutet, trifft ein Spieler das obere linke Rechteck und es bekommt somit einen Riss, ist das obere linke Rechteck bei den anderen beiden Spielern auch angerissen. Die Spieler erhalten nur dann einen Punkt, wenn ihr Treffer auf ein Rechteck der dritte Treffer ist, der das Rechteck verschwinden lässt. Die vorherigen Treffer auf das Rechteck geben keine Punkte.

Es ist zum Beispiel möglich, dass ein Spieler ein Rechteck zweimal trifft, aber ein anderer Spieler den dritten Treffer erzielt und somit den Punkt für das Rechteck erhält. Das Spiel ist beendet, sobald alle Rechtecke verschwunden sind. In der darauffolgenden Studie hat die Mehrheit der Spieler (39 von 41 Studienteilnehmer) das Spiel positiv wahrgenommen. 22 Studienteilnehmer sogar sehr positiv. Die Kombination aus realen Sportelementen und digitalen Spielelementen fand eine positive Resonanz.

2.4 Augmented Reality

Neben den vorgestellten Arbeiten gibt es weitere Projekte, die sich mit der Digitalisierung der Sportart Tischtennis im Bereich „Augmented Reality“ beschäftigen. In diesen Ansätzen wird meist versucht, Tischtennis zu virtualisieren. Die Spieler haben in diesen Varianten einen realen Tischtennisschläger oder Griff in der Hand, spielen aber mit einem virtuellen Ball. Ein Beispiel für ein Paper das sich mit der Virtualisierung des Sports beschäftigt ist „Visuo-Haptic Collaborative Augmented Reality Ping-Pong“ [8]. Darin wird ein System beschrieben, das die Position der Tischtennisplatte, des Netzes und des Griffs eines Tischtennisschlägers mithilfe eines optischen Erkennungssystems trackt. Die zwei Spieler, die gegeneinander spielen, können auf einem „Head-mounted display“ bzw. auf einem Bildschirm erkennen, wo



Abbildung 3: „Collaborative, Visuo-Haptic AR Ping-Pong“ [8]

sich der virtuelle Ball und der virtuell erweiterte Schläger befinden (siehe Abbildung 3) und dadurch den Ball zurückschlagen. Der virtuelle Ball kann sogar am realen Netz hängen bleiben.

Eine weiteres Paper aus diesem Bereich ist „CamBall: augmented networked table tennis played with real rackets“ [15]. Auch in diesem Ansatz werden die Tischtennisschläger optisch getrackt und der Ball simuliert. Allerdings können die Spieler bei diesem System über das Netzwerk gegeneinander spielen. Dazu wird die jeweils andere Person genau wie bei „Table Tennis for Three“ [10] mithilfe einer Webcam im Hintergrund der Tischtennisplatte angezeigt (siehe Abbildung 4).

Da diese Ansätze physische Elemente der Sportart virtualisieren, sind sie durch die konzeptionelle Abweichung von den im Rahmen dieser Arbeit entwickelten Prototypen ungeeignet.



Abbildung 4: „Camball - Augmented networked table tennis“ [15]

2.5 Ballerkennung mit Piezoelektrischen Sensoren

Damit ein Tischtennispiel mit einem herkömmlichen Schläger und Ball von einem Computer erkannt werden kann, werden zumindest die Ballauftreffpunkte auf der Tischtennisplatte während eines Spiels benötigt. Im Rahmen der Bachelor Seminararbeit wurden mehrere Techniken zur Ballerkennung auf der Tischtennisplatte vorgestellt [5]. Eine der Techniken ist die Ballerkennung mithilfe von piezoelektrischen Sensoren. Diese wurde im Rahmen des Projekts „PingPong++“ [16] (siehe Abbildung 5) vom MIT (Massachusetts Institute of Technology) entwickelt.

Das Projekt „PingPong++“ visualisiert Ballaufschläge auf einer Tischtennisplatte mithilfe eines Projektors. Es findet keine Interaktion zwischen Nutzer und System statt. Das System dient nur zur Visualisierung der Ballaufschläge. Ein Beispiel für eine solche Visualisierung ist der Koiteich. Auf der Tischtennisplatte wird ein Koiteich

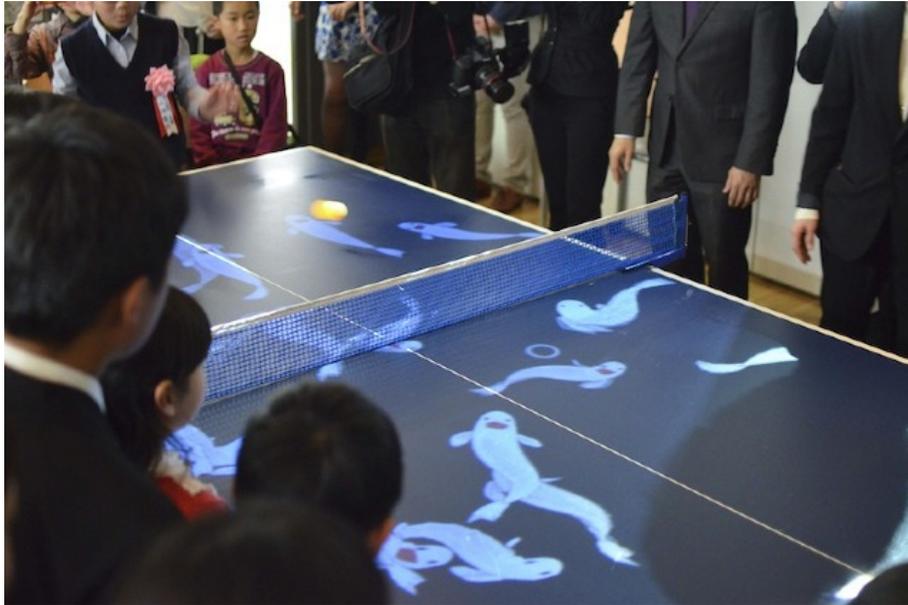


Abbildung 5: „PingPong++“ [11]

dargestellt, in dem Kois schwimmen. Kommt der Ball auf der Tischtennisplatte auf, schwimmen die Kois zu der Position des Aufschlags. Es soll simuliert werden, dass die Kois meinen, es würde Futter in den Teich geworfen werden. Das System bietet einige weitere Visualisierungen dieser Art (siehe Abbildung 5).

Die Ballerkennung von „PingPong++“ besteht aus acht piezoelektrischen Sensoren, die unterhalb der Platte angebracht sind. Unter jeder Plattenhälfte vier. „Die Piezoelektrizität, auch piezoelektrischer Effekt oder kurz Piezoeffekt, beschreibt die Änderung der elektrischen Polarisation und somit das Auftreten einer elektrischen Spannung an Festkörpern, wenn sie elastisch verformt werden (direkter Piezoeffekt).“ [14]. Trifft ein Ball auf der Tischtennisplatte auf, entsteht durch die Verformung Piezoelektrizität und somit an den Sensoren eine Spannung. Der Zeitpunkt der Erkennung durch die Sensoren hängt von der Entfernung zum Ballauftrittspunkt ab. Durch die Zeitunterschiede der Erkennung zwischen den Sensoren kann errechnet werden, an welcher Position der Ball aufgekommen ist. Da die dazu nötige Berechnung von Hyperbeln und deren Schnittpunkten eine verhältnismäßig hohe Rechenzeit benötigt, werden die Auftreffpunkte durch zuvor erstellte Trainingsdaten approximiert.

Die piezoelektrischen Sensoren sind an eine elektronische Schaltung angeschlossen. Die Schaltung besteht aus acht unabhängigen Stromkreisen. Liegt an einem Sensor Spannung an, stellt die jeweilige Schaltung fest, ob die Spannung innerhalb eines gewissen „Thresholds“ (Schwellenwert) liegt. Trifft das zu, handelt es sich um einen Ballaufschlag, und das Signal wird an den Arduino weitergegeben. Die acht Schaltungen sind voneinander getrennt an den Arduino angeschlossen. Dadurch kann der

Arduino zwischen den acht Sensoren unterscheiden. Darüber hinaus weiß er, ob ein Sensor unter der rechten oder der linken Plattenhälfte liegt. Der Arduino wartet, bis ein Sensor einen Ballaufschlag feststellt. Anschließend wartet er, bis auch alle anderen drei Sensoren der selben Plattenhälfte den Ballaufschlag erkannt haben. Danach errechnet er die Zeitunterschiede zwischen dem Sensor mit dem ersten Aufschlag und den anderen drei Sensoren und gibt die Zeitunterschiede zusammen mit der Angabe der Plattenhälfte mittels seriellen Port an den Computer weiter. Für die Berechnung des Auftreffpunkts mittels Zeitunterschiede werden Trainingsdaten benötigt. Die Trainingsdaten werden mithilfe einer Kalibrierungsmaske und einem Python Skript erstellt. Dazu wird die Kalibrierungsmaske auf der Tischtennisplatte dargestellt und das Skript gestartet. Daraufhin muss ein Tischtennisball in der vorgegebenen Reihenfolge auf jedem der dargestellten Punkte fünfmal fallen gelassen werden. Das Skript zeichnet die Zeitunterschiede auf und speichert sie in einer Textdatei. Aus den daraus entstandenen Trainingsdaten approximiert der „PingPong++“ Algorithmus den Ballauftreffpunkt in Inch. Anschließend müssen die Inch Werte in die Bildschirmkoordinaten des Projektors umgerechnet werden. Der errechnete Ballauftreffpunkt in Pixel kann anschließend dazu genutzt werden, eine passende Visualisierung auf der Tischtennisplatte darzustellen.

2.6 Zusammenfassung

Die erlangten Erkenntnisse aus den vorgestellten Arbeiten bilden die Grundlage für die konzeptionelle Entwicklung und Umsetzung des nachfolgend präsentierten Systems. Die folgenden Erkenntnisse aus diesen Arbeiten sind dabei von besonderer Bedeutung. Exergaming Systeme dürfen zusätzliche Spielelemente einführen, wenn sie für die Motivation förderlich sind. Spielbalancierungen sollten möglichst intransparent durchgeführt werden, weil andernfalls Spieler demotiviert werden könnten. Bekannte Spielbalancierungen aus Videospielen müssen nicht zwingend auch bei Exergaming Systemen funktionieren. Eine Kombination aus realem Sport und digitalen Spielelementen wird von den Nutzern positiv bewertet. Es sollte beachtet werden, dass Exergaming meistens nur Personen motiviert, die nicht bereits die reale physische Aktivität betreiben. Die für die Entwicklung des Systems erforderliche Erkennung der Position der Ballaufschläge auf einer Tischtennisplatte kann durch Verwendung von piezoelektrischen Sensoren erreicht werden.

3 Prototyp „Digital Tabletennis“

Die erlangten Erkenntnisse aus den im vorherigen Kapitel vorgestellten Arbeiten bilden die Basis für das in diesem Kapitel vorgestellte „Digital Tabletennis“ System. Ziel war es, eine digitale Tischtennisplatte zu designen, auf der klassisches Tischtennis mithilfe von technologischen Hilfsmitteln erweitert wird. Das daraus entstandene System soll die Vorteile von klassischem Tischtennis (Physis der Originalsportart) mit den Vorteilen der digitalen Welt (Quantifizierung, variable Veränderung der Spielumgebung) vereinen.

Zunächst werden die, teilweise durch die verwandten Arbeiten abgeleiteten, Anforderungen an den Prototypen definiert. Anschließend wird die verwendete Hardware vorgestellt. Danach werden die, auf der vorgestellten Hardware umgesetzten Konzepte des Systems beschrieben und erklärt. Die nachfolgenden Anforderungen und verwendeten Technologien, sowie Konzept und Design des Systems, wurden bereits in der Projektdokumentation beschrieben [6].

3.1 Anforderungen

Die nachfolgenden Anforderungen wurden auf Basis der Erkenntnisse aus den verwandten Arbeiten und der Zielsetzung, eine digital erweiterte Tischtennisplatte zu entwickeln, abgeleitet. Das System sollte eine hohe Attraktivität aufweisen, weil die Nutzer dadurch möglicherweise motiviert werden, das System längerfristig zu nutzen (A1). Die Zielsetzung ist es, dass sich das Spiel nah an dem realen Tischtennispiel orientiert (A2). Zusätzliche Spielelemente sollen, wie in „Exergame Effectiveness“ [13] beschrieben, die Motivation der Spieler steigern (A3). Die Unterstützung der Spieler durch visuelle und auditive Elemente (A4) dürfte sich auch positiv auf die User Experience auswirken (A1). Die Integration einer Spielbalancierung ist, wie in „Towards understanding balancing in exertion games“ [1] beschrieben, in einem Exergame unumgänglich, damit der schlechtere Spieler nicht demotiviert wird (A5). In dem selben Paper wird auch auf das Paper „Effects of Balancing for Physical Abilities on Player Performance, Experience and Self-esteem in Exergames“ [7] erwähnt, das beschreibt, dass eine Spielbalancierung möglichst intransparent gestaltet sein sollte, da sie sich sonst negativ auf die Motivation der Spieler auswirkt (A6). Die entstandenen Anforderungen an das Systems werden im folgenden noch einmal aufgelistet.

- A1 Das System sollte ansprechend gestaltet sein. Die Gestaltung sollte sich positiv auf die User Experience auswirken.
- A2 Das Spiel sollte sich an den offiziellen Tischtennisregeln orientieren. Der Punktstand des Spiels sollte durch das System eigenständig mitgezählt werden.
- A3 Das System sollte zusätzliche Spielelemente enthalten. Spielelemente und Regeln die von den offiziellen Tischtennisregeln abweichen sollten erklärt werden und leicht verständlich sein.
- A4 Das Verständnis des Systems sollte durch visuelle und auditive Elemente unterstützt werden.

A5 Das System sollte das Spiel balancieren.

A6 Die Spielbalancierung sollte möglichst intransparent sein.

3.2 Verwendete Technologien

Das „Digital Tabletennis“ System (siehe Abbildung 7) besteht aus einer für dieses Projekt angefertigten Tischtennisplatte, einer elektronischen Schaltung, einem Arduino, einem Computer (Notebook) und einem Projektor (siehe Abbildung 6). Die Tischtennisplatte wurde aus einer weiß beschichteten Holzspanplatte gefertigt, um eine ansprechende Projektion auf der Platte zu gewährleisten. Die Maße der Platte betragen 120 x 200 cm. Sie ist kleiner, als eine normale Tischtennisplatte, da sie sonst nicht innerhalb der verfügbaren Räume aufgestellt werden konnte. Das System könnte ohne zusätzliche Anpassungen mit einer handelsüblichen Tischtennisplatte umgesetzt werden.

Oberhalb der Tischtennisplatte ist der Projektor befestigt, der das Spiel auf die Platte projiziert. Seine Auflösung beträgt 1920 x 1080 Pixel. Für die Soundausgabe wurde der integrierte Lautsprecher des Projektors verwendet. Unterhalb der Platte befinden sich die piezoelektrischen Sensoren, die elektronische Schaltung, der Arduino und der Computer (Notebook). Damit die Ballauftreffpunkte auf der Tischtennisplatte festgestellt werden können, wurde die vorgestellte Ballerkennungstechnik von

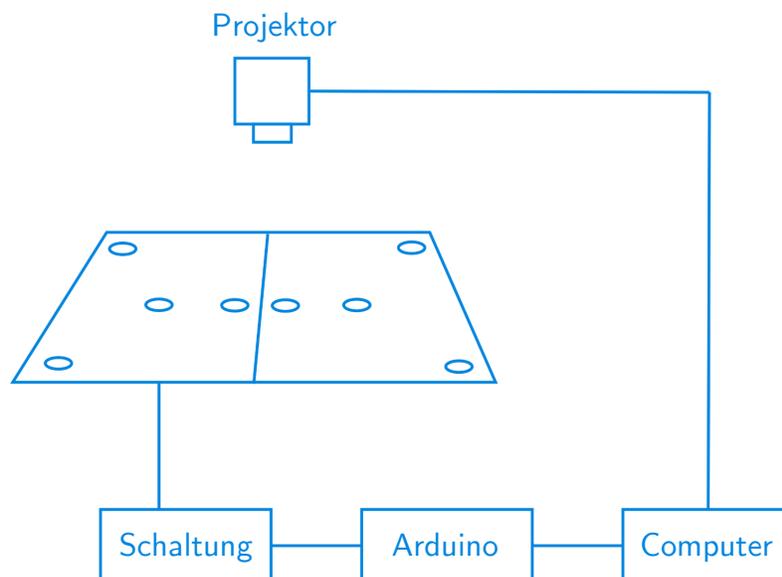


Abbildung 6: Systemarchitektur von „Digital Tabletennis“

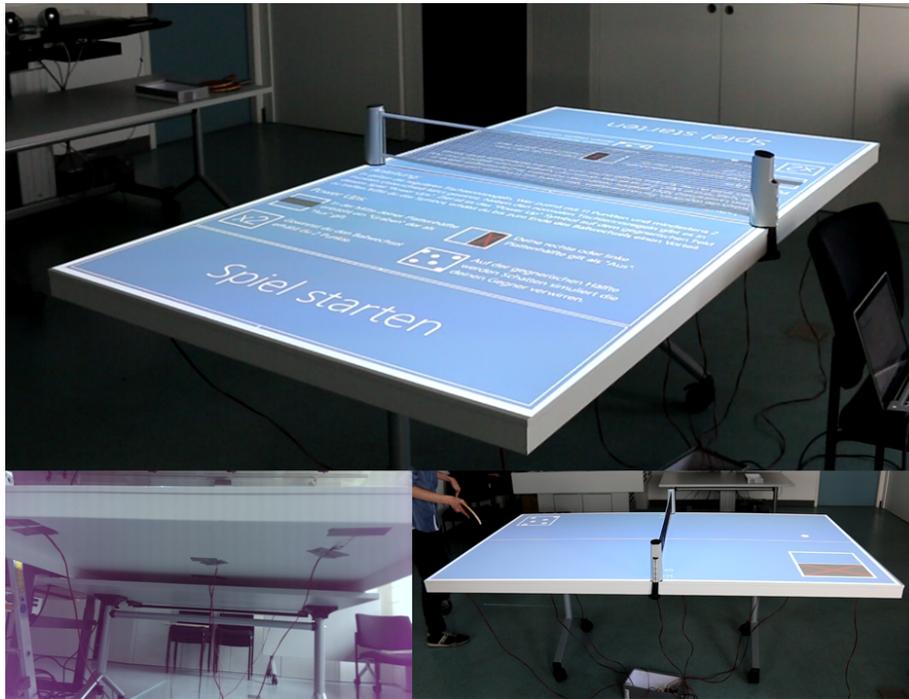


Abbildung 7: Der „Digital Tabletennis“ Prototyp

„PingPong++“ [16] verwendet. Die piezoelektrischen Sensoren, die elektronische Schaltung und der Arduino sind Bestandteil dieser Technik und wurden von „PingPong++“ übernommen. Das Skript zur Kalibrierung der Tischtennisplatte wurde ebenfalls übernommen. Der Arduino dient als Schnittstelle zwischen elektronischer Schaltung und Computer und ist per USB angeschlossen. Der Computer ist für die Berechnung der Ballauftreffpunkte, der im Spiel enthaltenen Algorithmen und die Visualisierung des Spiels zuständig. Der Algorithmus von „PingPong++“, der die Ballauftreffpunkte in Abhängigkeit der in der Kalibrierung erhaltenen Trainingsdaten berechnet, wurde für die Umsetzung des Projekts in C# umgeschrieben. Die Visualisierung wird per HDMI an den Projektor übertragen.

Das System kann durch das beschriebene Setting Elemente auf die Tischtennisplatte projizieren. Darüber hinaus kann durch die integrierte Ballerkennung auf das klassische Tischtennispiel reagiert werden. Dadurch kann ein Spiel umgesetzt werden, das durch das gezielte Anspielen gewisser Bereiche gesteuert wird. Eine Steuerung des User Interfaces mithilfe des Balls ist ebenfalls möglich.

3.3 Konzept

Das Konzept von „Digital Tabletennis“ versucht klassisches Tischtennis durch Elemente der Spielbalancierung motivierender zu gestalten. Das Exergaming System übernimmt die Physis und die Grundregeln von Tischtennis - einer bereits existierenden Sportart. Das hat den Vorteil, dass durch die Nutzung des Systems eine reale Sportart, mit den für die Originalsportart benötigten physischen Fähigkeiten, betrieben wird. Ein Nachteil von klassischem Tischtennis ist, dass Punkte von den Spielern mitgezählt werden müssen. Durch den Einsatz der Ballerkennung kann das Exergaming System diese Aufgabe nach den offiziellen Regeln von Tischtennis übernehmen. Dieser Bestandteil des Konzepts wird in Anforderung A2 gefordert. Darüber hinaus kann angezeigt werden welcher Spieler als nächstes den Ball aufschlägt. Das System unterstützt dadurch die Spieler mithilfe einer digitalen Erweiterung des Sports. Die Vorteile von klassischem Tischtennis und der digitalen Welt werden zusammengeführt.

Zusätzlich erweitert „Digital Tabletennis“ das klassische Tischtennis durch den Einsatz der in Anforderung A3 geforderten neuen Spielelementen. Diese Elemente nennen sich „Power Ups“. Sie werden für die Umsetzung der Spielbalancierung benötigt und schaffen womöglich zusätzliche Anreize, das Spiel zu spielen. In diesem Spiel sind „Power Ups“ Quadrate auf dem Spielfeld, durch die der Spieler Vorteile erhält, sobald er sie mit dem Ball trifft. Die Grafik innerhalb des Quadrats beschreibt die Aktion, die nach dem Treffen des „Power Ups“ gestartet wird. Die Quadrate befinden sich in den Ecken des Spielfelds. Sie erscheinen entweder in der rechten oder linken äußeren Ecke einer Plattenhälfte. Auf welcher Seite sie erscheinen ist Zufall. Nachdem durch einen Aufschlag ein Ballwechsel begonnen wurde und der Ball zweimal auf der Tischtennisplatte aufgekommen ist (auf jeder Plattenhälfte einmal), werden die „Power Ups“ sichtbar. Als Ballwechsel gilt der Zeitraum zwischen Ballaufschlag und Punktevergabe. Jeder Spieler bekommt pro Ballwechsel ein „Power Up“ angezeigt. Der Spieler auf der rechten Seite des Spielfelds muss versuchen, das „Power Up“ auf der linken Plattenhälfte zu treffen und umgekehrt. Trifft ein Spieler ein „Power Up“ und aktiviert es dadurch, verschwindet gleichzeitig das „Power Up“ Quadrat des Gegners. Pro Ballwechsel kann nur ein „Power Up“ aktiviert werden.

3.3.1 „Power Ups“

Das Spiel beinhaltet insgesamt vier verschiedene „Power Ups“. Die verschiedenen „Power Ups“ greifen unterschiedlich stark in das Spielgeschehen ein. Wie stark, konnte vor Evaluation des Systems nur abgeschätzt werden. Die nachfolgend beschriebenen Stärken der „Power Ups“ sind Abschätzungen vor Durchführung der Studie. In Abbildung 8 werden die Spielflächen nach Aktivierung der jeweiligen „Power Ups“ dargestellt.

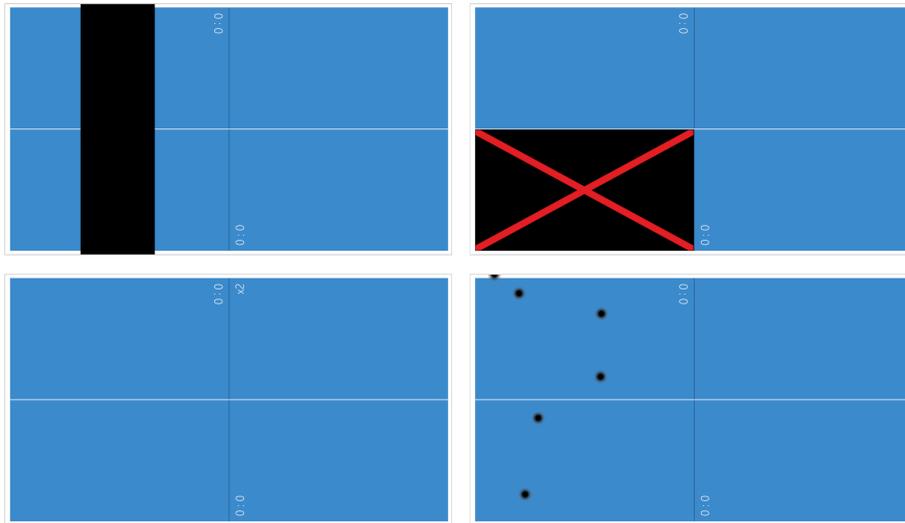


Abbildung 8: Die Spielfläche bei aktivierten „Power Ups“ „Black Hole“ (oben links), „Half Plate“ (oben rechts), „x2“ (unten links) und „Shadows“ (unten rechts)

„Black Hole“

Bei Aktivierung des „Power Ups“ „Black Hole“ öffnet sich in der Mitte der eigenen Spielhälfte ein schwarzer „Graben“. Dieser Bereich gilt als außerhalb des Spielfelds. Das heißt, trifft der Gegner in diesen Bereich, erhält der Spieler, der das „Power Up“ aktiviert hat, einen Punkt. Es verhält sich so, als ob der Gegner neben oder hinter die Spielfläche gespielt hätte.

„Black Hole“ wird als das Stärkste der vorgestellten „Power Ups“ eingeschätzt, weil der mittlere Bereich der Plattenhälfte häufig angespielt wird. Es ist schwierig in den hinteren Bereich der Plattenhälfte oder direkt hinter das Netz der Tischtennisplatte zu treffen. Dem benachteiligten Spieler wird abverlangt, während dem gesamten restlichen Ballwechsel diese schwierigen Bereiche anzuspielen. Da es im Tischtennis in vielen Spielsituationen erstrebenswert ist, in diese Bereiche zu spielen, wird der benachteiligte Spieler durch das „Power Up“ möglicherweise sogar trainiert.

„Half Plate“

Aktiviert ein Spieler das „Power Up“ „Half Plate“, wird der rechte oder linke Bereich der Plattenhälfte des Spielers blockiert. Genau wie bei „Black Hole“, entspricht dieser Bereich dann dem Bereich außerhalb des Spielfelds.

Es wird etwas schwächer, als „Black Hole“ eingeschätzt, weil davon auszugehen ist, dass ein Spieler leichter auf den rechten bzw. linken Bereich einer Tischtennisplatte zielen kann, als auf den hinteren oder vorderen. Der Spieler, der das „Power Up“ aktiviert, hat zwar den Vorteil, sich nur noch auf die rechte oder linke Seite des Spielfelds konzentrieren zu müssen, aber die Wahrscheinlichkeit, dass der Gegner

diesen Bereich trifft ist deutlich höher, als bei „Black Hole“. Der bevorzugte Spieler muss sich wahrscheinlich trotzdem den Punkt selbständig erspielen.

„x2“

Trifft ein Spieler das „x2 Power Up“, erhält er die doppelte Punktzahl (zwei Punkte), sollte er den Ballwechsel gewinnen.

Das „Power Up“ kann, je nach Fähigkeiten der Spieler, stark oder schwach sein und im schlimmsten Fall sogar eine negative Spielbalancierung bewirken. Spielen zwei Spieler, deren Fähigkeiten sich nicht stark unterscheiden gegeneinander, greift das „Power Up“ stark in die Spielsituation ein, weil die Wahrscheinlichkeit, dass der Spieler nach Aktivieren des „Power Ups“ den Ballwechsel gewinnt verhältnismäßig hoch ist (bei komplett ausgeglichenen Spielern 50%). Spielt ein schwacher Spieler gegen einen deutlich Stärkeren, ist die Wahrscheinlichkeit, dass er ausgerechnet den Ballwechsel gewinnt, bei dem er das „x2 Power Up“ aktiviert hat, niedrig. Aktiviert der deutlich stärkere Spieler das „x2 Power Up“, gewinnt er (aufgrund seiner höheren Fähigkeiten) mit hoher Wahrscheinlichkeit auch den Ballwechsel. In diesem Fall würde der stärkere Spieler seinen Vorsprung sogar noch weiter ausbauen (negative Spielbalancierung). Deswegen sollte das „Power Up“ vorsichtig eingesetzt werden.

„Shadows“

Wie in 3.1 beschrieben wird das Spiel mit einem Projektor auf die Tischtennisplatte projiziert. Da sich während des Ballwechsels der Ball zwischen Tischtennisplatte und Projektor befindet, entsteht ein Schatten auf der Platte.

„Shadows“ nutzt diesen Effekt aus, um den Spieler zu verwirren. Aktiviert ein Spieler das „Power Up“, werden auf der gegnerischen Plattenhälfte Schatten simuliert. Die Schatten sind animiert und bewegen sich auf den gegnerischen Spieler zu. Dadurch soll der Spieler verwirrt werden. Durch die Verwirrung wird möglicherweise der Tischtennisball und sein echter Schatten nicht mehr korrekt wahrgenommen. Es könnte aber auch sein, dass die Spieler sich schnell daran gewöhnen und das „Power Up“ nur eine geringe Wirkung zeigt. Deswegen wird es als das Schwächste der vorgestellten „Power Ups“ eingeschätzt.

3.3.2 Spielbalancierung

Das bisher vorgestellte Konzept erweitert das klassische Tischtennispiel um zusätzliche Spielelemente. Allerdings werden die Spielelemente bisher nicht dazu genutzt, das Spiel zu balancieren. In diesem Kapitel werden die in Anforderung A5 geforderten Spielbalancierungen des Konzepts vorgestellt, die das Exergaming System kompletieren.

Spielbalancierung durch Größe der „Power Up“ Quadrate

Die Größe eines „Power Up“ Quadrats bestimmt die Wahrscheinlichkeit, dass es durch den Spieler getroffen wird. Ein größeres Quadrat hat aufgrund seiner größeren Fläche eine höhere Wahrscheinlichkeit getroffen zu werden. Steigt die Wahrscheinlichkeit eines Spielers, ein „Power Up“ zu treffen, dann steigt für ihn auch die Wahrscheinlichkeit, Punkte zu erzielen, weil ihn das „Power Up“ unterstützt. Verändert man

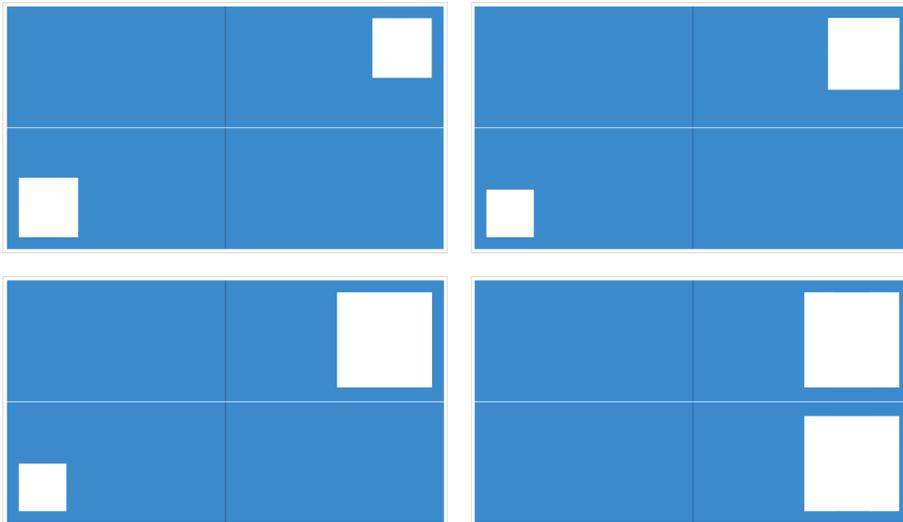


Abbildung 9: Die verschiedenen Größen der „Power Ups“ in Abhängigkeit des Punkteabstands

die Größe der Quadrate in Abhängigkeit des Punktestands kann dadurch eine Spielbalancierung umgesetzt werden. Das „Digital Tabletennis“ System verwendet die in Abbildung 9 dargestellten Größenänderungen.

Bei einem Punkteunterschied ≤ 2 bleiben beide Quadrate gleich groß. Erst bei einem Abstand von 3 wird das Quadrat des schlechteren Spielers (das Quadrat, das der schlechtere Spieler treffen muss) größer und das des besseren Spielers kleiner. Bei einem Abstand von 4 wird das Quadrat des schlechteren Spielers ein weiteres Mal größer. Das Quadrat des besseren Spielers bleibt unverändert klein. Erhöht sich der Punkteabstand weiter (≥ 5) bekommt der schlechtere Spieler zwei große Quadrate angezeigt. Der bessere Spieler erhält kein Quadrat mehr.

In Anforderung A6 wird eine möglichst intransparente Spielbalancierung gefordert. Die vorgestellte Form der Spielbalancierung ist nicht intransparent. Allerdings wird der schlechtere Spieler nicht dauerhaft unterstützt, sondern nur solange er nach aktuellem Punktestand unterlegen ist. Darüber hinaus ist vorstellbar, dass die Spieler die Größenunterschiede nicht wahrnehmen, solange beide Spieler „Power Ups“ erhalten. Dadurch sollte die Wahrscheinlichkeit, dass die Spieler das Spiel als „unfair“ einordnen deutlich geringer sein, als in der im Rahmen des Papers „Towards understanding balancing in exertion games“ [1] durchgeführten Studie.

Spielbalancierung durch Wahl der „Power Ups“

Die zweite Spielbalancierung des Konzepts ist eine, wie in Anforderung A6 gefordert, intransparente Form der Spielbalancierung und wird durch die Wahl der „Power Ups“ in Abhängigkeit des Punktestandes umgesetzt. Die Spieler erhalten „Power Ups“ zu Beginn zufällig. Wie in 3.2.1 beschrieben, sind die verschiedenen „Power Ups“ unterschiedlich stark. Verändert man die Wahrscheinlichkeit, dass ein bestimmter Spieler ein bestimmtes „Power Up“ erhält in Abhängigkeit des Punktestands, kann dadurch eine intransparente Spielbalancierung umgesetzt werden. Dazu muss die Wahrscheinlichkeit, dass der schwächere Spieler starke „Power Ups“ erhält, erhöht, und die Wahrscheinlichkeit, dass der stärkere Spieler starke „Power Ups“ erhält, verringert werden. Für die Spielbalancierung des „Digital Tabletennis“ Systems ist durch die, vor der Studie geschätzten Stärken der „Power Ups“, die in Abbildung 10 dargestellte Wahrscheinlichkeitstabelle entwickelt worden. Sie bestimmt, wie hoch die

Punkteabstand	-2 bis 2	-3	+3	-4	+4	≤ -5
Black Hole	25%	30%	10%	40%	0%	60%
Half Plate	25%	40%	20%	40%	0%	30%
x2	25%	20%	20%	20%	10%	10%
Shadows	25%	10%	50%	0%	90%	0%

Abbildung 10: Wahrscheinlichkeitstabelle der Spielbalancierung

Wahrscheinlichkeit ist, ein bestimmtes „Power Up“ in einer bestimmten Spielsituation zu bekommen. Es wird, wie in der Spielbalancierung durch Größenänderungen der „Power Up“ Quadrate, nach Höhe der Punkteabstände unterschieden. Bei einem Punkteabstand ≤ 2 ist die Wahrscheinlichkeit für beide Spieler und alle „Power Ups“ 25% (siehe „-2 bis 2“ in Abbildung 10). Betrachtet man in dieser Tabelle zum Beispiel den Punkteabstand von 3 dann erhält der unterlegene Spieler („-3“) das „Power Up“ „Black Hole“ mit einer Wahrscheinlichkeit von 30%. Der überlegene Spieler („+3“) erhält das selbe „Power Up“ mit einer Wahrscheinlichkeit von 10%. Ein negativer Punkteabstand bedeutet, dass der Spieler aktuell unterlegen ist, ein positiver, dass er aktuell überlegen ist.

Die Spielbalancierung ist weitestgehend intransparent, weil es für die Spieler sehr schwierig sein dürfte, zu erkennen, dass die Vergabe der „Power Ups“ nicht rein zufällig erfolgt.

3.4 Design

Das beschriebene Konzept „Digital Tabletennis“ wurde im Designprozess mit allen beschriebenen Funktionalitäten und Bestandteilen umgesetzt. Dabei wurde versucht, die in Anforderung A1 geforderte ansprechende Gestaltung und die in Anforderung A4 geforderte visuelle und auditive Unterstützung umzusetzen. Die nachfolgende Beschreibung des Designs wurde bereits im Rahmen des Bachelor Projekts durchgeführt. Sie wurde aus der Projektdokumentation übernommen [6].

Eine blaue Tischtennisplatte mit allen erforderlichen Spielfeldmarkierungen bildet die Basis des Designs. Ein weißer Punkt visualisiert den zuletzt erkannten Ballauftreffpunkt. Zu Beginn werden die wichtigsten Regeln des Spiels auf beiden Plattenhälften

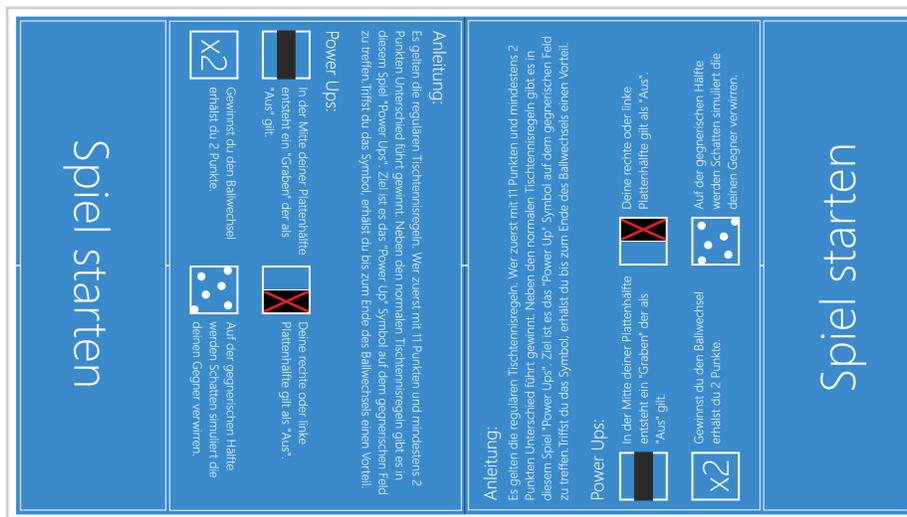


Abbildung 11: Startbildschirm

dargestellt. Unterhalb der Erklärung befindet sich die Schaltfläche für den Spielstart (siehe Abbildung 11). Die Interaktion mit der Platte erfolgt durch Aufkommen des Balls auf die jeweiligen Schaltflächen. Um das Spiel zu starten, muss der Ball auf die „Spiel Starten“ Fläche geworfen werden. Anschließend erscheint das User Interface des Spiels. Der aktuelle Spielstand wird, zusammen mit der Information welcher Spieler Aufschlag hat, direkt vor dem Netz der jeweiligen Spieler dargestellt. Das Spielfeld ist vor jedem Aufschlag gesperrt und muss erst von dem Spieler, der Aufschlag hat, freigegeben werden. Dadurch bleibt die natürliche Interaktion von Spielern an einer Tischtennisplatte (z.B. das Überreichen des Balls an den Mitspieler per Wurf auf die Platte) weiterhin möglich. Um das Spielfeld freizugeben, muss der Spieler den Ball einmal auf dem „Schloss Symbol“ aufkommen lassen (siehe Abbildung 12). Anschließend kann der Ballwechsel, wie beim herkömmlichen Tischtennis üblich, beginnen.

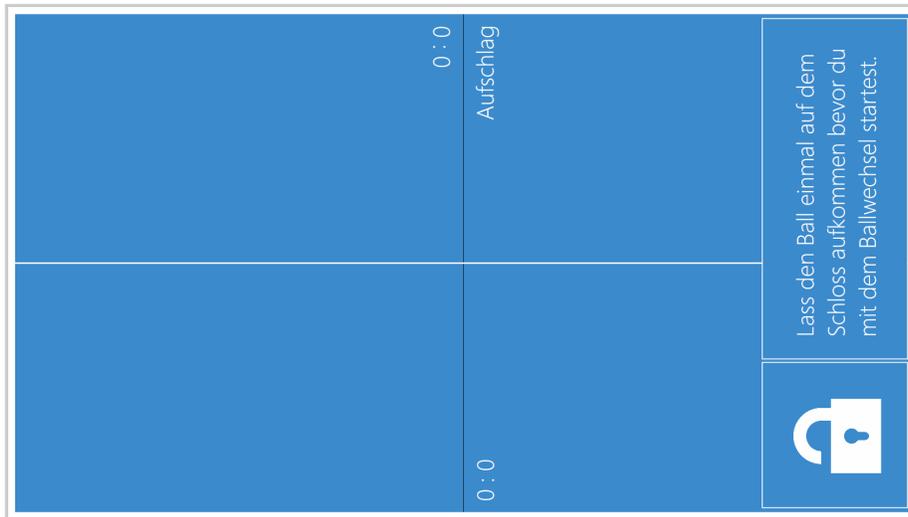


Abbildung 12: Gesperrte Spielfläche

Nach dem ersten Ballwechsel (Ball kommt einmal beim Aufschlag und anschließend auf der gegnerischen Seite auf) erscheinen auf dem Spielfeld „Power Ups“ (siehe Abbildung 13). Wird ein „Power Up“ getroffen, werden alle „Power Ups“ auf der

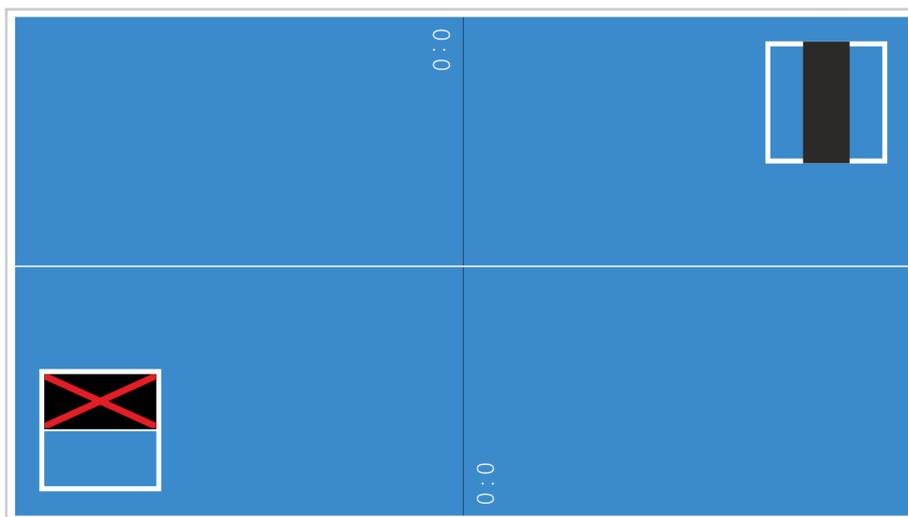


Abbildung 13: Spielfläche während eines Ballwechsels bevor „Power Ups“ getroffen werden (links unten: Logo des „Half Plate“ „Power Up“, rechts oben: Logo des „Black Hole“ „Power Up“)

Spielfläche ausgeblendet und der „Power Up“ Sound ertönt. Die für das „Power Up“ spezifische Visualisierung beginnt.

Bei Aktivieren des „Black Hole Power Ups“ erscheint eine schwarze Spielfläche, die sich durch eine Animation von innen nach außen öffnet. Das „Half Plate Power Up“ wird durch Erscheinen eines roten Kreuzes auf einer schwarzen Spielfläche visualisiert. Beim „x2 Power Up“ wird in der oberen rechten Ecke des Spielers ein „x2“ eingeblendet. Durch Aktivieren des „Shadows Power Ups“ werden auf der aktivierten Spielhälfte Schatten animiert, die sich aus verschiedenen Richtungen in Richtung des Spielers bewegen. Die Visualisierungen der „Power Ups“ enden mit dem Ballwechsel.

Sobald ein Spieler einen Punkt erhält, ertönt der „Punkt“ Sound. Die Spielhälfte des Spielers, der den Ballwechsel für sich entscheiden konnte wird kurzzeitig durch eine Animation grün eingefärbt, die des Gegners rot. Erhält ein Spieler durch das „x2 Power Up“ 2 Punkte blinkt kurzzeitig ein „x2“ Symbol auf seiner Spielhälfte.

4 Evaluation

Der vorgestellte Exergaming Prototyp „Digital Tabletennis“ soll Menschen dazu motivieren, Sport zu treiben. In diesem Fall soll das durch die Nutzung des Prototypen geschehen. Damit der Prototyp genutzt wird, muss er eine gute User Experience bieten. Die zusätzlichen Spielelemente sollten für den Nutzer ansprechend sein. Eine funktionierende Spielbalancierung ist für die Motivation der Nutzer sehr förderlich. Die Evaluation des Systems ist der zentrale Bestandteil dieser Arbeit und überprüft, ob das System die genannten Anforderungen erfüllen kann. Dazu werden zunächst die Ziele der Studie besprochen. Anschließend wird die Studiendurchführung und die verwendeten Methoden zur Datenerfassung beschrieben. Die aus der Studie erlangten Ergebnisse werden vorgestellt und anschließend diskutiert.

4.1 Ziel der Studie

Das Hauptziel der Studie ist herauszufinden, ob die Nutzung des Systems die Motivation der Teilnehmer steigert. Die Motivation soll durch die Attraktivität des Systems und die Funktionsweise der Spielbalancierung gesteigert werden. Aus diesem Grund sollen die folgenden Fragen im Rahmen der Studie beantwortet werden:

Wie hoch wird die Attraktivität des Systems durch die Nutzer eingeschätzt?

Die Attraktivität eines Systems sollte die Motivation, dieses System weiterhin zu nutzen, steigern. Die User Experience ist deswegen ein wichtiger Bestandteil für die Motivation. In der Studie sollte festgestellt werden, ob das System für die Nutzer ansprechend gestaltet ist und welche Spielelemente das Spiel attraktiv machen.

Wie effektiv ist die eingesetzte Spielbalancierung?

Die wirksame Funktionsweise einer Spielbalancierung ist für die Motivation der Nutzer sehr wichtig. Durch das Balancieren des Spiels soll die Demotivierung des schlechteren Spielers verhindert werden. In der Studie sollte festgestellt werden, ob und wie gut die Spielbalancierung des Systems funktioniert.

4.2 Studiendurchführung

Für die Durchführung der Studie wurde das System in einem Raum innerhalb der Universität aufgestellt. Der Raum war für die Nutzung des Prototypen ausreichend groß. Darüber hinaus konnte an diesem Ort relativ einfach ein Projektor an der Decke angebracht werden. Das System wurde in der Mitte des Raums aufgestellt. Für das Ausfüllen von Fragebögen und die Durchführung von Interviews wurde in dem Raum seitlich ein Tisch mit zwei Stühlen und Notebooks aufgebaut. Den Studienteilnehmern wurden während des gesamten Versuchs Getränke zur Verfügung gestellt. Sie durften den Versuchsleiter jederzeit Fragen stellen, wenn ihnen ihre aktuelle Aufgabe nicht verständlich war. Alle Studienteilnehmer verwendeten die

gleichen Tischtennisschläger und orangene Bälle. Einheitliche Lichtverhältnisse wurden in dem Raum durch die Nutzung von Jalousien und Lampen unabhängig, von Sonneneinstrahlung und Tageszeit, weitestgehend gewährleistet.

Pro Studiensession spielten jeweils zwei Studienteilnehmer unter zwei unterschiedlichen Bedingungen auf dem „Digital Tabletennis“ Prototypen Tischtennis. Unter Bedingung 1 wurde auf dem unveränderten Prototypen mit Spielbalancierung gespielt. Unter Bedingung 2 wurde die Spielbalancierung ausgeschaltet. Das heißt, es wurden keine „Power Ups“ mehr angezeigt oder aktiviert. Die sonstigen Bestandteile des Systems wurden weiterhin verwendet. Studienteilnehmer begannen abwechselnd mit Bedingung 1 und Bedingung 2.

Begrüßung

Die Studienteilnehmer wurden bei Eintreffen durch den Versuchsleiter begrüßt. Nachdem beide für den Versuch benötigten Studienteilnehmer eingetroffen waren, haben sie zunächst ein Willkommensschreiben durchgelesen. Das Schreiben sollte den Teilnehmern einen groben Überblick über den Studienverlauf geben und ihnen erklären, dass nicht ihre Fähigkeiten im Tischtennis, sondern die Bewertung der Anwendung im Vordergrund der Studie steht. Nachdem beide Teilnehmer die Einverständniserklärung unterschrieben haben, konnte die Studie beginnen.

Demografischer Fragebogen

Zu Beginn der Studie haben die Studienteilnehmer einen demografischen Fragebogen ausgefüllt. Dieser diente nicht nur zur Erfassung von Alter, Geschlecht und Tätigkeit. Gefragt wurde auch, wie viel Erfahrungen die Teilnehmer in den Bereichen Tischtennis, Technik und kommerziellen Exergaming Systemen haben.

1. Bedingung

Bevor die Teilnehmer mit dem Spiel der 1. Bedingung beginnen konnten, mussten sie sich Einspielen. Die Teilnehmer sollten sich an das Tischtennispiel gewöhnen. Die Einspielphase erfolgte ohne Projektion auf der Tischtennisplatte (schwarzer Bildschirm). Die erzielten Punkte während des Einspielvorgangs wurden durch den Versuchsleiter für die Teilnehmer nicht ersichtlich auf einem Blatt notiert. Sobald ein Spieler 11 Punkte erreichte, wurde die Einspielphase durch den Versuchsleiter beendet. Ab diesem Zeitpunkt wurde die Projektion auf der Tischtennisplatte aktiviert. Die Teilnehmer spielten nun unter der ersten Bedingung fünf Sätze auf dem Prototypen. Ein Satz gilt als gewonnen, sobald ein Spieler 11 Punkte erreicht und mit mindestens 2 Punkten in Führung liegt. Sollte ein Spieler 11 Punkte erreicht haben und nicht mit 2 oder mehr Punkten in Führung liegen, wird, gemäß den offiziellen Tischtennisregeln, weitergespielt, bis ein Spieler mit 2 Punkten in Führung liegt. Je nach Studiensession wurde mit oder ohne Spielbalancierung begonnen. Teilnehmer, die mit der Spielbalancierung begonnen haben, wurden die einzelnen „Power Ups“ mithilfe einer Beschreibung auf dem Startbildschirm erklärt. Ohne Spielbalancierung

wurden die Teilnehmer darauf hingewiesen, dass es im Tischtennis erstrebenswert ist, auf die Ecken zu zielen. Ansonsten gab es keine weitere Einführung und die Teilnehmer mussten die Funktionsweise des System eigenständig verstehen. Wenn Teilnehmer die Interaktion mit dem System durch den Tischtennisball nicht verstanden, wurde ihnen durch den Versuchsleiter geholfen (Erwähnung auf Interviewblatt). Der Prototyp hat eine Logging Funktionalität integriert. Das System zeichnet Ballauftreffpunkte, aktivierte „Power Ups“ und Punktestände während des Spiels eigenständig auf. Nach fünf Sätzen begaben sich die Teilnehmer zurück an den Tisch und füllten einen „AttrakDiff“ und einen „NASA TLX“ Fragebogen aus. Der AttrakDiff diente zur Bewertung der User Experience des Systems. Der NASA TLX diente zur Ermittlung der geistigen, körperlichen und zeitlichen Anforderungen, sowie zur Ermittlung der Anstrengung, der Frustration und der Zufriedenheit mit der eigenen Leistung während der Nutzung des Systems.

2. Bedingung

Nachdem beide Teilnehmer beide Fragebögen ausgefüllt hatten, spielten sie ein weiteres Mal fünf Sätze auf dem Prototypen. Dieses Mal, unter der jeweils anderen Bedingung, als zuvor. Die Vorgehensweise entspricht der in der 1. Bedingung beschriebenen. Auch unter dieser Bedingung füllten die Studienteilnehmer anschließend den „AttrakDiff“ und den „NASA TLX“ Fragebogen aus.

Interview

Nach Durchführung der beiden Bedingungen führte der Versuchsleiter ein semi-strukturiertes Interview mit beiden Teilnehmern gleichzeitig durch. Die Teilnehmer sollten zuerst beantworten, wie viele verschiedene „Power Up“ Größen sie erkannt haben. Anschließend sollten sie angeben, ob sie Elemente als störend empfanden und wenn ja, welche. Danach wurden sie gefragt, welche Variante ihnen „mehr Spaß“ gemacht hat? Zum Schluss sollten die Teilnehmer beschreiben, was sie an der Variante mit „Power Ups“ gut und schlecht fanden und was an dem System besser gemacht werden könnte. Die Teilnehmer konnten offen auf die Fragen antworten und falls die Teilnehmer schon zuvor etwas erwähnt hatten, wurde es durch den Versuchsleiter auf dem Interview Fragebogen notiert. Nach dem Interview war die Studiensession beendet und die Teilnehmer wurden durch den Versuchsleiter verabschiedet. Eine Studiensession dauerte etwa 60 Minuten, die Studienteilnehmer erhielten für die Teilnahme 8 Euro.

4.3 Ergebnisse

Im Rahmen der Evaluation haben insgesamt 24 Teilnehmer an 12 Studiensessions teilgenommen. Die Loggingdaten von zwei Studiensessions wurden während der Studie beschädigt. Aus diesem Grund wurden nur 20 Teilnehmer und 10 Studiensessions ausgewertet.

An der Studie haben 14 männliche und 6 weibliche Personen teilgenommen. Das Minimalalter der Teilnehmer beträgt 19 Jahre, das Maximalalter 60 Jahre. Das Durchschnittsalter der Studienteilnehmer ist 27,2 Jahre mit einer Standardabweichung von 11,7 Jahren. Der Median beträgt 22,5 Jahre. Nur 1 Teilnehmer hatte zuvor noch nie Tischtennis gespielt. 4 der 20 Teilnehmer haben die Sportart Tischtennis schon in einem Verein betrieben oder betreiben sie immernoch. Bei der subjektiven Selbsteinschätzung der Fähigkeiten in der Sportart Tischtennis schätzen sich 5 Teilnehmer gut bis sehr gut ein. 9 Teilnehmer schätzten sich schlecht bis sehr schlecht ein. 5 würden sich als weder gut noch schlecht bezeichnen. Die Erfahrung der Teilnehmer im Bereich Exergaming wurde mithilfe von Beispielen abgefragt. Gefragt wurden die Teilnehmer, wie erfahren sie sich mit Videospielen im Bereich Sport- und Bewegungsspiele einschätzen. Als Beispiele für solche Spiele wurden „Nintendo Wii“, „Microsoft Kinect“ und „Playstation Move“ genannt. Hier haben sich 5 Teilnehmer als erfahren bis sehr erfahren eingeschätzt. 11 Teilnehmer waren unerfahren bis sehr unerfahren. 4 schätzten sich als weder erfahren noch unerfahren ein. Die Demografischen Daten sind in Abbildung 14 noch einmal zusammengefasst.

Anzahl Studienteilnehmer:	20	
Geschlecht:	männlich: 14	weiblich: 6
min. Alter:	19 Jahre	
max. Alter:	60 Jahre	
Durchschnittsalter:	27,2 Jahre	
Standardabweichung des Alters:	11,7 Jahre	
Median des Alters:	22,5 Jahre	
Anzahl Teilnehmer die noch nie Tischtennis gespielt haben:	1 Teilnehmer	
Anzahl Teilnehmer die Tischtennis in einem Verein gespielt haben/spielen:	4 Teilnehmer	
Anzahl Teilnehmer die sich erfahren bis sehr erfahren im Bereich Exergaming einschätzen:	5 Teilnehmer	

Abbildung 14: Demografische Daten der Studie

4.3.1 Attraktivität

Die Attraktivität des Systems wurde sowohl allgemein, als auch im Vergleich der beiden Varianten mit und ohne Spielbalancierung gemessen. Sie konnte durch das Interview und den „AttrakDiff“ Fragebogen festgestellt werden. Betrachtet man zunächst das Interview, wurden die Teilnehmer in diesem gefragt welche Variante Ihnen mehr Spaß gemacht hat (siehe Abbildung 15). 17 der 20 ausgewerteten Stu-

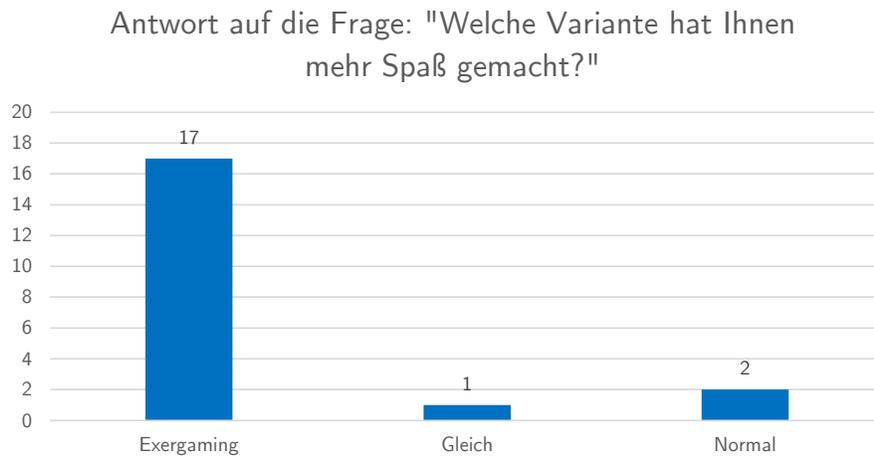


Abbildung 15: Antwort auf die Frage „Welche Variante hat Ihnen mehr Spaß gemacht?“

dienteilnehmer machte die Variante mit Spielbalancierung (hier Exergaming genannt) laut eigener Aussage mehr Spaß. Ein Teilnehmer fand beide System gleich gut. Die 2 Teilnehmer, denen die normale Variante mehr Spaß machte, erwähnten, dass sie eine normale Tischtennisplatte bevorzugen. Beide Teilnehmer erklärten, dass normales Tischtennis und die vorgestellte Exergaming Variante „nicht vergleichbar“ wären. Die 3 Teilnehmer denen die Exergaming Variante nicht mehr Spaß gemacht hat sind ehemalige oder aktive Tischtennispieler in einem Verein.

Im Interview wurden die Teilnehmer gefragt, was sie an der Exergaming Variante gut fanden. Dabei wurde am häufigsten der Bereich Spielbalancierung genannt. Allerdings wurde dabei nicht immer das Wort „Spielbalancierung“ oder „Game balance“ verwendet. Aus diesem Grund wurde die qualitative Datenanalyse mittels induktiver Kategorienbildung durchgeführt. Antwortbeispiele, die der Spielbalancierung zugeordnet wurden, sind „Der schlechtere Spieler wurde unterstützt.“ oder „Kann man auch bei unterschiedlichem skill spielen.“. Durch die Zuordnung der qualitativen Antworten in Bereiche konnte die Frage analysiert werden (siehe Abbildung 16). Da die Teilnehmer immer zu zweit interviewt wurden, hat häufig einer der beiden Teilnehmer eine Antwort genannt und der andere daraufhin direkt zugestimmt. Wenn die Teilnehmer unterschiedlicher Meinung waren, wurde das auf dem Interviewbogen vermerkt. Der zweithäufigste Bereich der positiv hervorgehoben wurde, waren die

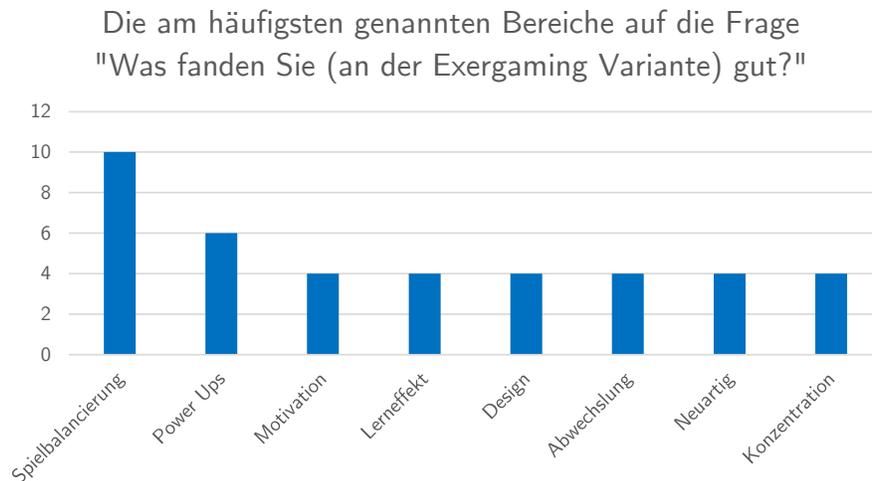


Abbildung 16: Die am häufigsten genannten Bereiche auf die Frage „Was fanden Sie (an der Exergaming Variante) gut?“

„Power Ups“. Weitere Bereiche, die seltener genannt wurden, sind Motivation, Lerneffekt, Design, Abwechslung, Neuartigkeit und (erhöhte) Konzentration. Bis auf die Spielbalancierung und den Lerneffekt mussten die Antworten den genannten Bereichen nicht erst zugeordnet werden, sondern wurden von den Teilnehmern wörtlich erwähnt.

Die Teilnehmer wurden auch gefragt, was sie an dem Exergaming System schlecht fanden (siehe Abbildung 17). Die Hälfte der untersuchten Teilnehmer erwähnten die Ballerkennung. Diese wurde dabei nicht allgemein als schlecht bezeichnet, sondern es wurde bemängelt, dass sie manchmal versagte. 2 Teilnehmer meinten die Erkennung sei „in Netznähe“ schlecht. Der zweithäufigste Kritikpunkt war die Plattengröße. 4 Teilnehmer erwähnten, dass sie eine größere bzw. normal große Tischtennisplatte vorziehen würden. Weitere, seltener erwähnte Kritikpunkte, waren der durch den Projektor erzeugte Schatten, die zu frühe Erkennung des „Ballaus“, dass „Power Ups“ nur in den Ecken erscheinen, dass der Fokus bei dem Spiel nicht mehr auf dem Sport Tischtennis liegt, die Latenz der Ballerkennung, dass das „Shadows“ „Power Up“ beide Spieler ablenkt und dass das Spiel „keine negativen Power Ups“ besitzt. In einer weiteren Frage des Interviews wurden die Teilnehmer gefragt, ob sie Elemente des Systems als störend empfanden. Die Mehrheit (12 von 20 Teilnehmern) empfanden keine Bestandteile als störend. 6 Teilnehmer lenkte das „Shadows“ „Power Up“, das eigentlich den Gegner irritieren soll, selbst ab. Weitere seltener erwähnte Elemente waren die Ablenkung durch das „Half Plate Power Up“ (wenn man es selbst aktiviert) und der weiße Punkt an der Stelle an der das System den Auftreffpunkt des Balls visualisiert. 2 Teilnehmer empfanden das Spiel anfangs verwirrend.

Die genannten Antworten auf die Frage "Was fanden Sie (an der Exergaming Variante) schlecht?" nach Häufigkeit

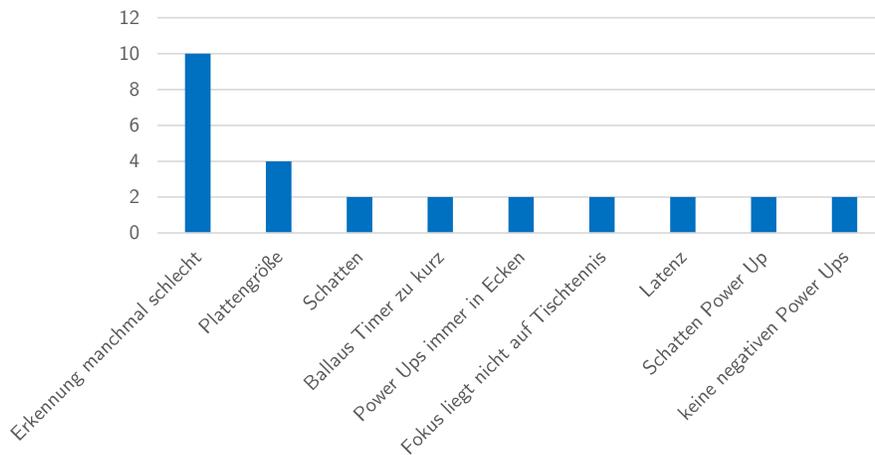


Abbildung 17: Die genannten Antworten auf die Frage „Was fanden Sie (an der Exergaming Variante) schlecht?“

Bei der Frage nach Verbesserungsvorschlägen (siehe Abbildung 18) wurde am Häufigsten „mehr Power Ups“ genannt. Neben einer größeren Tischtennisplatte wurden auch „mehr Animationen“ gewünscht. Weitere Verbesserungsvorschläge waren eine bessere Ballerkennung, dass der schlechtere Spieler leichter die „Power Ups“ trifft, keine Wartezeit bis zum Aufschlag, dass früher angezeigt wird, welcher Spieler als nächstes Aufschlag hat, dass die „Power Ups“ Soundeffekte haben, dass die „Handicapstärke“ verbessert wird und ein besseres Design der „Power Ups“.

Der in der Studie verwendete „AttrakDiff“ Fragebogen soll „[...] ermitteln wie attraktiv, im Hinblick auf Bedienbarkeit und Aussehen, das getestete Produkt empfunden wird und ob Optimierungsbedarf besteht.“ [2]. Dazu bekommen die Studienteilnehmer jeweils ein Wortpaar angezeigt und können daraufhin zwischen sieben Punkten zwischen den Wortpaaren entscheiden, ob sie eher dem linken oder dem rechten Wort zustimmen und wie stark sie zustimmen. Eine neutrale Mitte zwischen den Wortpaaren ist durch die ungerade Anzahl der sieben Entscheidungsmöglichkeiten gegeben. Durch die ermittelten Daten können mithilfe der Website „attrakdiff.de“ [2] Diagramme errechnet werden, die mehrere Aussagen über die getesteten Varianten machen und diese auch vergleichen können. „In der Portfolio-Darstellung ist vertikal die Ausprägung der hedonischen Qualität zu sehen (unten = geringe Ausprägung). Horizontal ist die Ausprägung der pragmatischen Qualität zu sehen (links = geringe Ausprägung)“. Unter der pragmatischen Qualität versteht man die Effektivität und Effizienz eines Produkts bei der Erledigung einer Aufgabe [12].

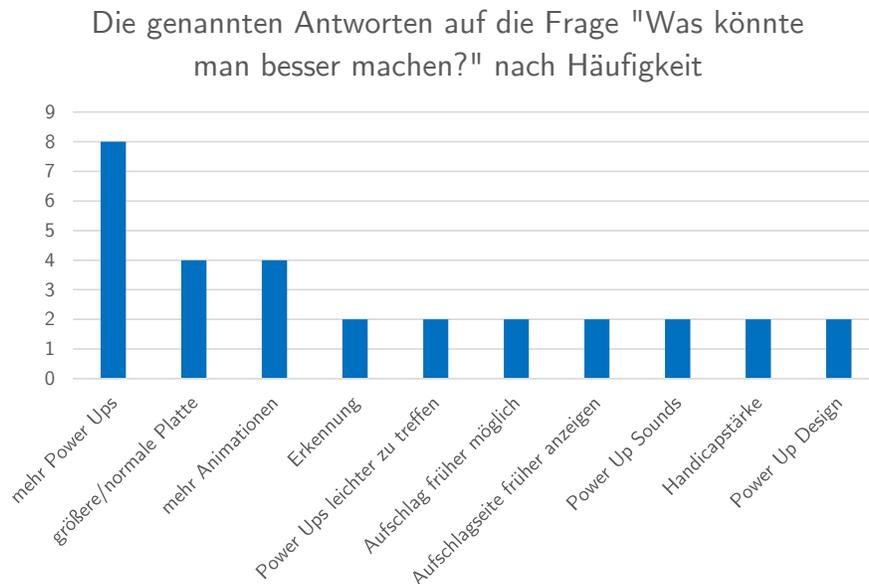


Abbildung 18: Die genannten Antworten auf die Frage „Was könnte man besser machen?“

Die hedonische Qualität misst, wie viel Spaß und Freude die Personen während der Nutzung eines Produkts haben [12]. Betrachtet man die Portfolio-Darstellung (aller 20 Studienteilnehmer) der beiden Studienbedingungen Normal (ohne Spielbalancierung) und Exergaming (mit Spielbalancierung) in Abbildung 19, fällt auf, dass beide als „begehrt“ klassifiziert werden. Die Exergaming Variante weist eine höhere hedonische Qualität auf, während die Variante Normal eine größere pragmatische Qualität besitzt. Die geringe Größe der Konfidenz-Rechtecke bedeuten, dass die Ergebnisse mit hoher Sicherheit auf die Bedingungen zutreffen und dass sich die Nutzer bei der Bewertung „einig“ waren [2].

Betrachtet man die Portfolio-Darstellung der Teilnehmer, die sich selbst als „erfahren“ bis „sehr erfahren“ im Umgang mit Exergaming Spielen klassifizieren in Abbildung 20 (5 von 20 Teilnehmer), fällt auf, dass die pragmatische Qualität beider Bedingungen nur noch einen geringen Unterschied aufweist. Die hedonische Qualität der Exergaming Variante wird aber vergleichsweise deutlich höher eingeschätzt, als die der Variante Normal. Das Konfidenz-Rechteck beider Varianten weicht bei der pragmatischen Qualität nur schwach ab, während die hedonische Qualität verhältnismäßig stark abweicht. Die Variante Normal wird zwischen „handlungs-orientiert“ und „begehrt“ klassifiziert, während die Bedingung Exergaming und dessen Konfidenz-Rechteck sich vollständig im Bereich „begehrt“ befindet.

Portfolio-Darstellung

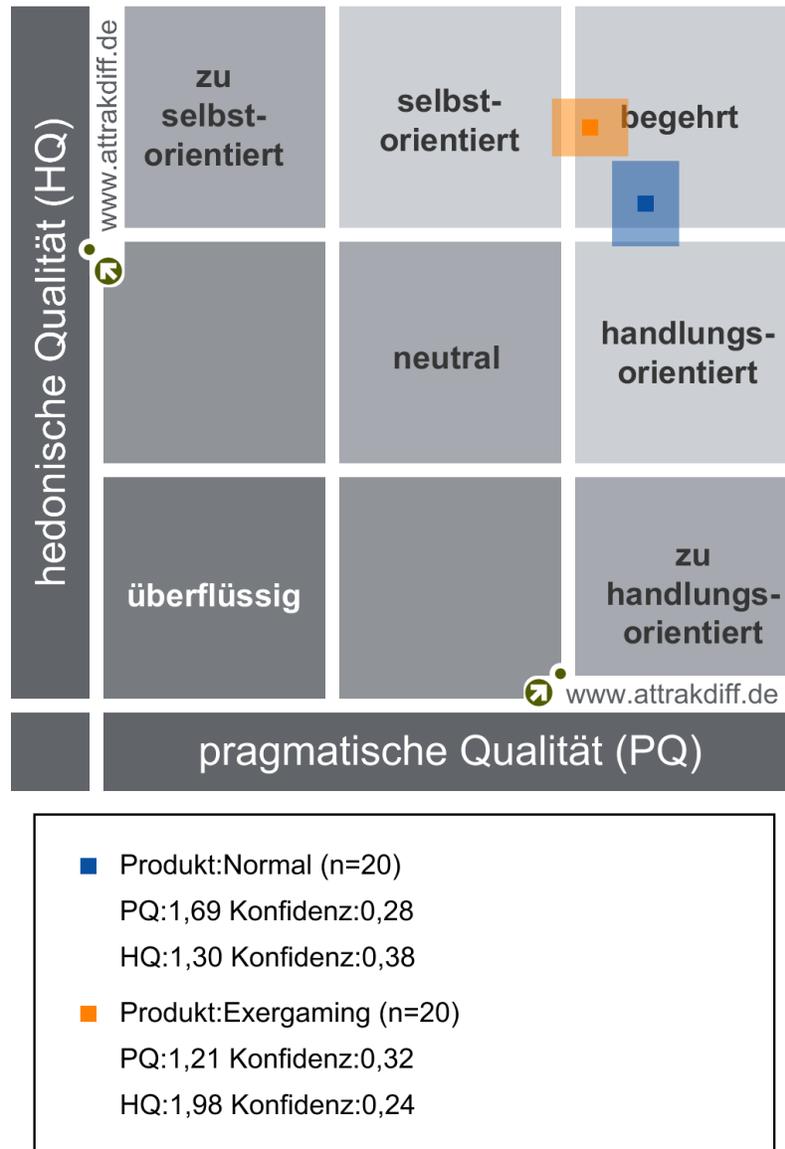


Abbildung 19: Portfolio Darstellung des „AttrakDiff“ Fragebogens von allen Studienteilnehmern

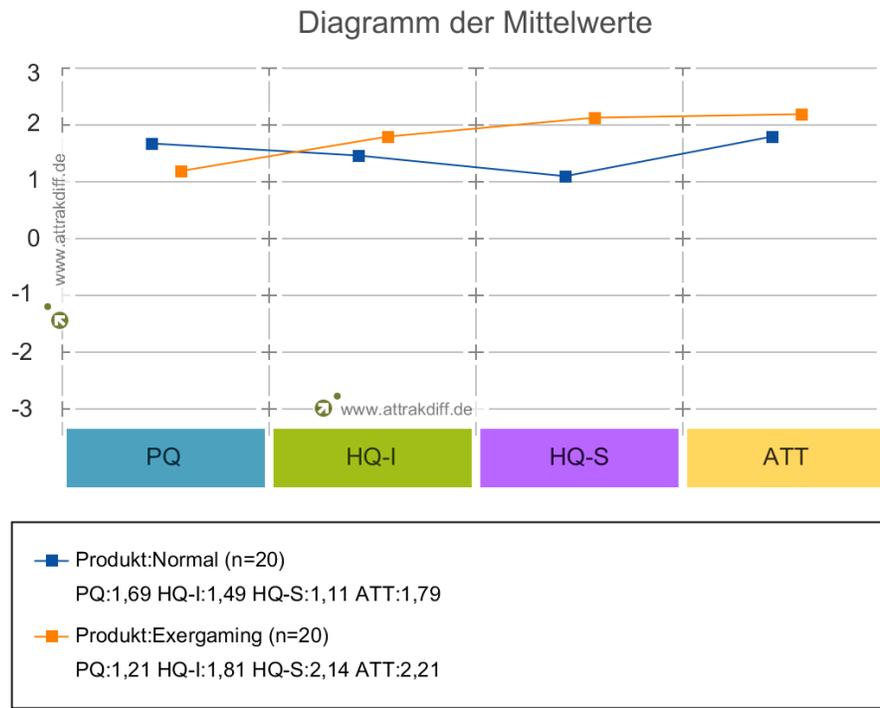


Abbildung 21: Diagramm der Mittelwerte des „AttrakDiff“ Fragebogens von allen Studienteilnehmern

Das Diagramm der Mittelwerte in Abbildung 21 bildet die vier Dimensionen des „AttrakDiff“ Fragebogens ab. Die vier Dimensionen sind die pragmatische Qualität (PQ), die hedonische Qualität in Bezug auf die Identität mit dem Produkt (HQ-I), die hedonische Qualität in Bezug auf die Stimulation durch das Produkt (HQ-S) und die Attraktivität des Produkts (ATT) [2]. Die Dimension der pragmatischen Qualität der Exergaming Bedingung ist dabei niedriger, als die der Bedingung Normal. In allen anderen 3 Dimensionen wird die Exergaming Variante höher beurteilt. Besonders die Dimension HQ-S weist einen deutlichen Unterschied zwischen beiden Varianten auf. Betrachtet man die Mittelwerte der einzelnen Wortpaare (siehe Abbildung 22), können besonders gute oder schlechte Eigenschaften der beiden Bedingungen festgestellt werden. In diesem Diagramm werden zudem die Wortpaare nach den zugehörigen Dimensionen aufgeschlüsselt. Die Exergaming Bedingung wurde in der Dimension PQ als verhältnismäßig komplizierter, umständlicher, unberechenbarer und verwirrender bewertet, als die Bedingung Normal. Allerdings wurde die Exergaming Variante trotzdem noch als eher einfach, direkt, voraussagbar und übersichtlich bewertet. Die Exergaming Variante wurde nicht nur im Vergleich, sondern sogar absolut als eher technisch, als menschlich bewertet. Handhabbarkeit und Praktikabilität wurden ähnlich hoch bewertet. In der Dimension HQ-I wurde die Exergaming Bedingung mit

Profil der Wortpaare

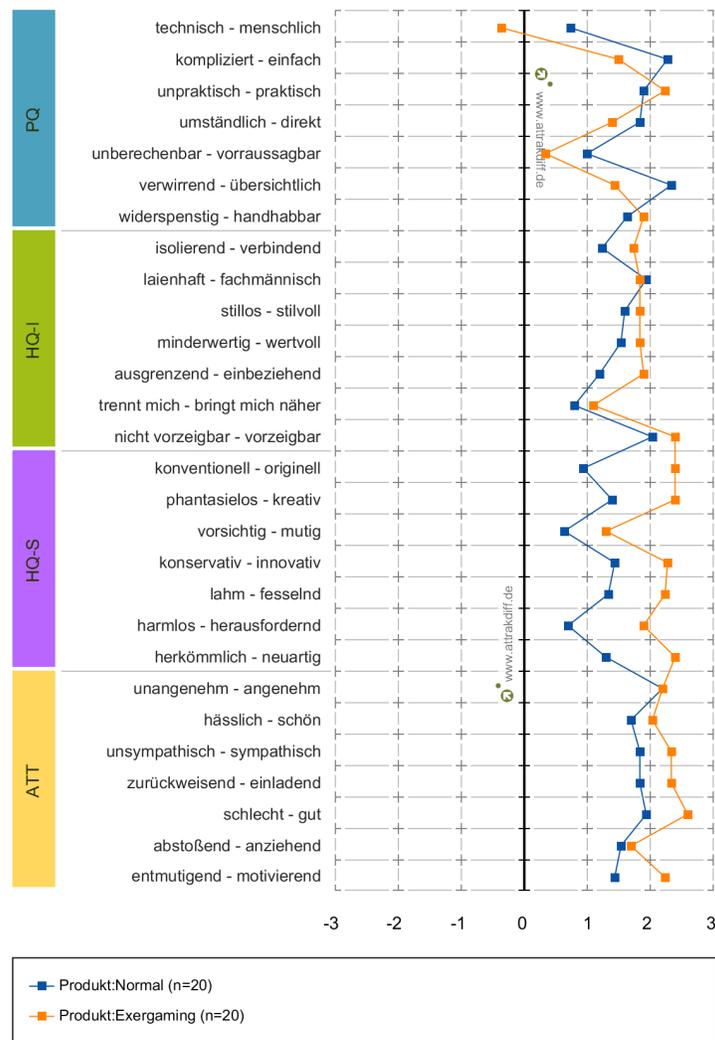


Abbildung 22: Profil der Wortpaare des „AttrakDiff“ Fragebogens von allen Studienteilnehmern

Ausnahme des Wortpaares „laienhaft - fachmännisch“ immer etwas höher bewertet. Die Abweichung beim Wortpaar „laienhaft - fachmännisch“ ist nur geringfügig und beide Bedingungen wurden deutlich als eher fachmännisch bewertet. Die Dimension HQ-S weist die größten Unterschiede zwischen den beiden Bedingungen auf. In allen Wortpaaren schneidet die Exergaming Bedingung höher ab. Dabei wird die Exergaming Variante als sehr originell und vergleichsweise deutlich herausfordernder,

als die Variante Normal bewertet. Darüber hinaus wurden der Exergaming Bedingung bei den Begriffen kreativ, innovativ, fesselnd und neuartig hohe Werte zugewiesen. Die Exergaming Bedingung hat in der Dimension der Attraktivität (ATT) etwas höhere Bewertungen. Beide Bedingungen wurde gleichermaßen als angenehm bewertet. Der größte Unterschied ist bei dem Wortpaar „entmutigend - motivierend“. Die Exergaming Variante wird mit einer höheren Motivation bewertet.

Wie bereits beschrieben, sollten die Studienteilnehmer nach jeder Bedingung neben dem „AttrakDiff“ Fragebogen auch einen „NASA TLX“ Fragebogen ausfüllen. Nach Durchführung eines t-Test zur Ermittlung der statistischen Signifikanz der Daten weist von den einzelnen Anforderungen nur die geistige Anforderung (mit Ausnahme von Gesamt) einen Wert ≤ 0.05 und somit einen statistisch signifikanten Unterschied auf (siehe Abbildung 23). Die geistige Anforderung war bei der Exergaming Bedingung deutlich höher.

	Mittelwert Exergaming	Mittelwert Normal	t-Test
Geistige Anforderung	56,86	36,04	0,00043
Körperliche Anforderung	61,04	60,21	0,81
Zeitliche Anforderung	47,50	43,54	0,34
Leistung	51,25	43,96	0,17
Anstrengung	54,17	50,83	0,56
Frustration	36,88	36,46	0,93
Gesamt	51,28	45,17	0,046
Standardabweichung Gesamt	13,87	13,44	

Abbildung 23: Mittelwert, t-Test und Standardabweichung Gesamt des NASA TLX Fragebogen beider Bedingungen

4.3.2 Spielbalancierung

Die Funktionsweise der Spielbalancierung wurde hauptsächlich durch die in das System integrierte Logging Funktionalität evaluiert. Zusätzlich wurden Erkenntnisse aus den Interviews zur Evaluation der Spielbalancierung herangezogen.

Betrachtet man zunächst den Mittelwert der Punktedifferenzen aller Sätze der Exergaming Bedingung und vergleicht sie mit dem Mittelwert der Normal Bedingung, stellt man fest, dass die durchschnittliche Punktedifferenz der Exergaming Bedingung geringfügig niedriger ist. Im Durchschnitt ist die Punktedifferenz der Exergaming Bedingung 5.42 Punkte, die der Normal Bedingung 6.08. Damit ist die Punktedifferenz der Exergaming Bedingung 0.66 Punkte niedriger. Betrachtet man

jedes Spiel einzeln, kommt man zu der Erkenntnis, dass sich die Punktedifferenz in der Exergaming Bedingung allerdings in 8 der 10 Studienpaarungen verringert hat. Analysiert man einzelne Spielpaarungen, sind beide Extreme zu finden. Eine Spielpaarung die mit der Bedingung Normal begonnen hat, endete für einen Spieler mit einem 5 : 0 nach Sätzen. In der darauffolgenden Exergaming Bedingung hat der selbe Spieler nur noch 3 : 2 nach Sätzen gewonnen. Der Spieler, der beide Bedingungen gewonnen hat, war in einem Tischtennis Verein aktiv und sein Gegner nicht. In einer weiteren Spielpaarung haben zwei Spieler gegeneinander gespielt, die beide in einem Tischtennis Verein aktiv waren. Die Spieler begannen mit der Bedingung Normal und ein Spieler gewann mit 4 : 1 nach Sätzen. Der selbe Spieler gewann die Exergaming Bedingung mit 5 : 0 nach Sätzen. Die letzte Spielpaarung mit Beteiligung eines ehemals aktiven Tischtennisspielers gegen einen Spieler ohne Tischtenniserfahrung endet in beiden Bedingungen mit 5 : 0 für den ehemaligen Tischtennisspieler. Die beschriebenen Spielpaarungen sind die Spielpaarungen der Studie, bei denen ehemalige oder aktuell aktive Tischtennisspieler beteiligt waren. Ordnet man die Spieler nach ihrer aktuellen Spielsituation ein, kommt man zu dem Ergebnis, dass in 60% aller „Power Up“ Aktivierungen der unterlegene Spieler das „Power Up“ aktivieren konnte. In 24% der Fälle wurde das „Power Up“ von dem

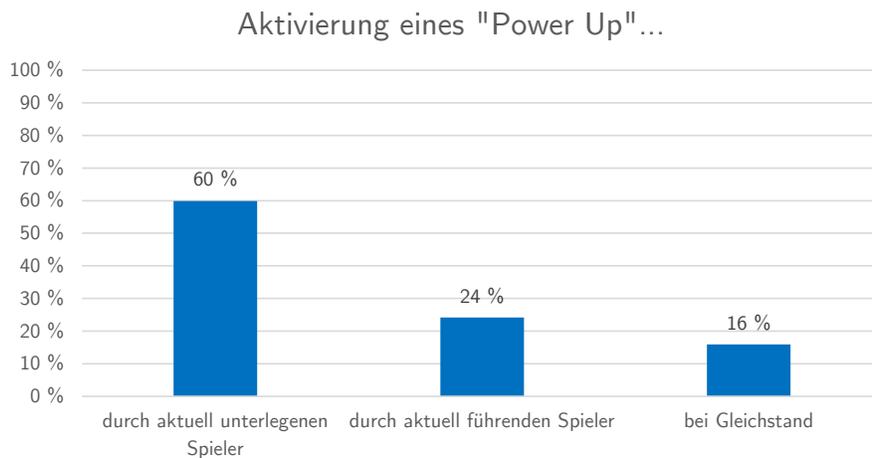


Abbildung 24: Aktivierung eines „Power Up“ durch aktuell unterlegenen und führenden Spieler und bei Gleichstand

aktuell führenden Spieler aktiviert, in 16% der Fälle war aktuell Gleichstand (siehe Abbildung 24). Die Effektivität von „Power Ups“ kann gemessen werden, indem überprüft wird, in wie vielen Fällen, in denen ein „Power Up“ aktiviert wurde, auch der selbe Spieler einen oder mehrere Punkt(e) erzielt hat. Unabhängig von der Art des „Power Ups“ konnte in 55% der Aktivierungen, der Spieler der das „Power Up“ aktiviert hat auch einen Punkt erzielen (siehe Abbildung 25). Unterscheidet man zwischen den einzelnen „Power Ups“, haben diese eine unterschiedliche Effektivität

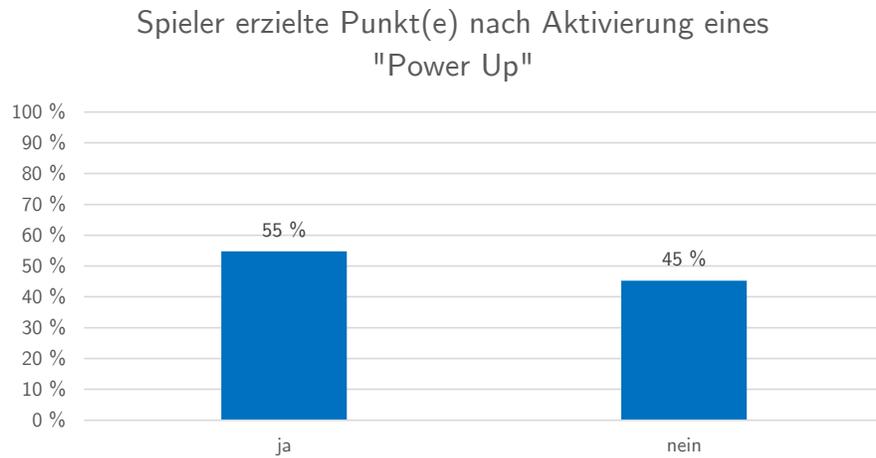


Abbildung 25: Spieler erzielte Punkt(e) nach Aktivierung eines „Power Up“

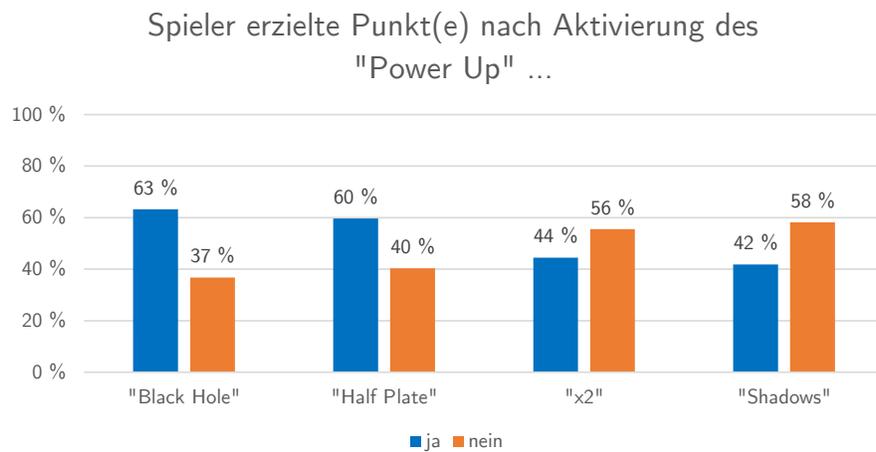


Abbildung 26: Spieler erzielte Punkt(e) nach Aktivierung des „Power Up“...

(siehe Abbildung 26). Das „Power Up“ „Black Hole“ hatte in 63% der Aktivierungen auch eine Punkterzielung durch den selben Spieler zur Folge. „Half Plate“ hat eine etwas geringere Effektivität mit 60% der Fälle in denen ein Punkt erzielt wurde. Bei dem „Power Up“ „x2“ sinkt die Effektivität deutlich ab auf nur noch 44% erfolgreiche Punkterzielungen. „Shadows“ hat eine nur geringfügig niedrigere Effektivität mit 42%.

In den insgesamt 806 Punktevergaben bei der Exergaming Bedingung waren in 232 Fällen „Power Ups“ aktiviert. Das bedeutet, in 29% der Ballwechsel konnte ein Spieler auch ein „Power Up“ aktivieren. Verbindet man diese Daten mit dem Ergebnis, dass 60% der „Power Up“ Aktivierungen durch den aktuell unterlegenen Spieler erfolgten, kommt man zu dem Ergebnis, dass in 17% der Ballwechsel der aktuell unterlegene Spieler ein „Power Up“ aktivieren konnte. In 7% der Ballwechsel wurde es durch den führenden Spieler aktiviert, in 4,5% der Ballwechsel erfolgte eine Aktivierung bei Gleichstand.

Im Interview wurden die Teilnehmer gefragt, wie viele verschiedene „Power Up“ Größen sie erkannt haben (siehe Abbildung 27). Die häufigst gegebene Antwort der 20 Teilnehmer war „2-3“ (8 Teilnehmer). Tatsächlich existierten vier verschiedene „Power Up“ Größen. Die korrekte Antwort gaben nur 2 Teilnehmer. Immerhin 4 Teilnehmer meinten „3-4“. Der Grund warum nicht nur genaue Angaben existieren ist, dass sich nicht alle Teilnehmer auf eine genaue Anzahl festlegen wollten.

Antworten auf die Frage: "Wie viele verschiedene Größen von "Power Ups" haben Sie erkannt?" nach Häufigkeit

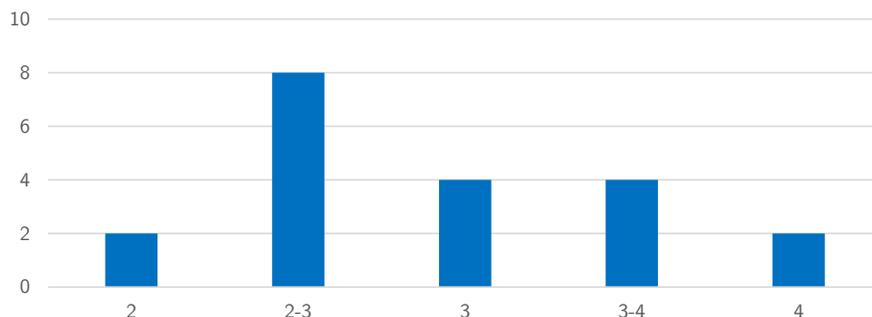


Abbildung 27: Antworten auf die Frage „Wie viele verschiedene Größen von „Power Ups“ haben sie erkannt?“ nach Häufigkeit

4.4 Diskussion

Durch die Studienergebnisse können die vor der Studie formulierten Forschungsfragen beantwortet werden. Im nachfolgenden werden die Fragen anhand der Ergebnisse diskutiert.

Wie hoch wird die Attraktivität des Systems durch die Nutzer eingeschätzt?

Die Evaluation des Systems hat gezeigt, dass das Design allgemein eine hohe Attraktivität aufweist. Beide Bedingungen wurden laut „AttrakDiff“ Fragebogen als „begehrt“ bewertet. Die Variante mit Spielbalancierung besitzt sogar eine höhere „hedonische Qualität“ und diese ist für die Motivation sehr wichtig, da sie ausdrückt, wie groß die Freude und der Spaß bei der Nutzung des Systems ist [12]. Dadurch gilt die in Anforderung A1 geforderte ansprechende Gestaltung als erfüllt. Die in Exergaming Systemen erfahrenen Personen haben die Exergaming Bedingung im „AttrakDiff“ Fragebogen, sowohl im Vergleich zur Normal Variante, als auch insgesamt höher bewertet. Die Wahrscheinlichkeit ist dadurch hoch, dass das System als Exergaming System von diesen Spielern angenommen wird. Darüber hinaus hat der großen Mehrheit der Spieler (17 von 20 Teilnehmern) die Exergaming Variante mehr Spaß gemacht. Bei den 3 Teilnehmern denen die Exergaming Variante nicht mehr Spaß machte, handelt es sich ausnahmslos um ehemalige oder aktive Vereinsspieler. Dies bestätigt das Ergebnis des Papers „Exergame Effectiveness: What the Numbers Can Tell Us“ [13], dass Exergaming als Motivationswerkzeug bei Personen, die die reale physische Aktivität betreiben, nicht funktioniert. Speziell die Spielbalancierung und die „Power Ups“ wurden durch die Teilnehmer im Interview positiv hervorgehoben. Viele Teilnehmer wünschten sich sogar noch mehr „Power Ups“. Die großen Kritikpunkte an dem System waren die nicht immer korrekt funktionierende Ballerkennung und die geringere Plattengröße im Vergleich zu einer herkömmlichen Tischtennisplatte. In Bezug auf störende Elemente war der größte Kritikpunkt (von 6 Teilnehmern), dass Spieler von dem selbst aktivierten „Shadows“ „Power Up“ abgelenkt wurden. Die meisten Teilnehmer (12 von 20) haben nichts als störend empfunden.

Die durch den „NASA TLX“ festgestellte signifikant höhere geistige Anforderung bei der Exergaming Variante ist den zusätzlichen Spielelementen („Power Ups“) und der Notwendigkeit, bei der Aktivierung eines „Power Ups“ durch den Gegner sofort reagieren zu müssen, zuzuschreiben, da dies den einzigen Unterschied zwischen den Bedingungen darstellt. Da die „Power Ups“, sowie die Exergaming Variante bei der Mehrheit positiv bewertet wurden kann die höhere geistige Anforderung durch die zusätzlichen Spielelemente möglicherweise ein zusätzlicher Anreiz sein, die Exergaming Variante des Sports zu spielen.

Wie effektiv ist die eingesetzte Spielbalancierung?

Während die Elemente der Spielbalancierung von vielen Teilnehmern positiv wahrgenommen wurden und sie auch den Spaß und die Freude bei der Nutzung steigerten, war die Balancierung selbst nicht bei allen Paarungen erwartungsgemäß erfolgreich.

Die genannten Beispiele in den Ergebnissen (Seite 40) bestätigen erneut, dass Exergaming bei Personen, die die reale physische Aktivität betreiben, nicht in allen Fällen funktioniert [13]. Zwar hatte im ersten Beispiel der Spieler, der unter der Normal Bedingung 5 : 0 nach Sätzen verlor, plötzlich eine Chance zu gewinnen und verlor in der Exergaming Bedingung schließlich nur noch mit 3 : 2. Im zweiten Beispiel versagte aber die Spielbalancierung, weil zwei Vereinsspieler gegeneinander spielten. Der Spieler, der schneller umdenken konnte und sich von dem klassischen Tischtennispiel entfernte, hatte durch die erhaltenen „Power Ups“ bessere Chancen zu gewinnen. Dadurch gewann ein Spieler unter der Normal Bedingung mit nur 4 : 1 nach Sätzen, danach in der Exergaming Bedingung mit 5 : 0. Im letzten Beispiel, in dem ein Vereinsspieler beide Bedingungen mit 5 : 0 gewann, war das Problem, dass er deutlich besser, als der gegnerische Teilnehmer war, weil dieser Teilnehmer noch nie zuvor Tischtennis gespielt hatte. Die Spielbalancierung kann bei so großen Unterschieden nicht funktionieren.

Die Funktionsweise der Spielbalancierung war, sobald sie zum Einsatz kam, gut. Die Punktedifferenz war bei der Exergaming Variante zwar nur geringfügig niedriger, jedoch hat sich die Punktedifferenz bei 8 der 10 Spielpaarungen verringert. Die Mehrheit der „Power Ups“ wurden durch die aktuell unterlegenen Spieler aktiviert (60%, im Vergleich: aktuell führende Spieler 24%, bei Gleichstand 16%). Die Effektivität von „Power Ups“ allgemein lag bei über der Hälfte (55%). Die in Anforderung A5 geforderte Spielbalancierung gilt somit als erfüllt, weil das Spiel grundsätzlich erfolgreich balanciert wurde. Die Effektivität der einzelnen „Power Ups“ entsprach grundsätzlich der in 3.2.1 eingeschätzten Stärken. Dort wurde beschrieben, dass „Black Hole“ am Stärksten ist. „Half Plate“ wurde am zweit Stärksten beschrieben. „x2“ konnte nicht konkret eingeordnet werden, wurde aber als eher schwächer bezeichnet. „Shadows“ galt als das Schwächste. Betrachtet man die Effektivität der einzelnen „Power Ups“, stellt man fest, dass sich diese geschätzte Reihenfolge in den Ergebnissen widerspiegelt. Die in Anforderung A6 geforderte Intransparenz der Spielbalancierung wurde teilweise erfüllt, da die Mehrheit der Teilnehmer im Interview nicht die korrekte Anzahl an „Power Up“ Größen wiedergeben konnte. Natürlich haben die Teilnehmer trotzdem noch eine Veränderung der „Power Up“ Größen feststellen können. Auf die Intransparenz der Spielbalancierung wurde bei großem Punkteabstand bei dem Design des Systems zugunsten einer erfolgreichen Spielbalancierung bewusst verzichtet.

Trotz der eben beschriebenen guten Funktionsweise der Spielbalancierung lag der Unterschied in der Punktedifferenz bei nur 0.66 Punkten. Das könnte möglicherweise daran liegen, dass in nur 17% der Ballwechsel der aktuell unterlegene Spieler ein „Power Up“ aktivieren konnte. Folglich hatte auch nur in diesen 17% der Fälle die Spielbalancierung die Möglichkeit das Spiel zu balancieren. Die Spielbalancierung hat erst dann die Möglichkeit in das Spiel einzugreifen, wenn der unterlegene Spieler das „Power Up“ trifft. Aus diesem Grund müsste eine Möglichkeit gefunden werden die Quote an Spielsituationen zu erhöhen, in denen „Power Ups“ für den unterlegenen Spieler zum Einsatz kommen. Eine Spielbalancierung die durch die digitale Erweiterung der Spielumgebung einer Sportart umgesetzt wird, und zum Ziel hat, sich möglichst nah an der Originalsportart zu orientieren, ist bei der Spielbalancierung auf die „external adjustments“ [1] beschränkt. Es ist nicht möglich, stark unterschiedliche

Fähigkeiten von Spielern, ohne die in „Towards understanding balancing in exertion games“ [1] beschriebenen „internal adjustments“ aneinander anzupassen.

5 Ausblick

Durch die im Rahmen der Evaluation erlangten Erkenntnisse kann das „Digital Tabletennis“ System weiterentwickelt werden. Die hohe Attraktivität des Systems zeigt, dass das Grunddesign beibehalten werden kann. Die Spielbalancierung des Systems ist allerdings verbesserungsfähig. Es sollte eine Möglichkeit gefunden werden, dem unterlegenen Spieler häufiger eine „Power Up“ Aktivierung zu ermöglichen. Ein Ansatz wäre zum Beispiel die „Power Up“ Größen in Abhängigkeit des Punkteabstandes stärker zu variieren und dadurch dem unterlegenen Spieler bereits bei geringerem Punkteabstand die Möglichkeit zu geben, das Spiel auszugleichen. Darüber hinaus kann durch die Ergebnisse der Evaluation die Wahrscheinlichkeitstabelle der Spielbalancierung weiter optimiert werden. Die Implementierung von weiteren „Power Ups“ wäre wünschenswert und könnte unter Umständen zur weiteren Verbesserung der Spielbalancierung beitragen.

Ein weiterer Kritikpunkt war die geringere Plattengröße. Aus diesem Grund sollte die Tischtennisplatte im nächsten Schritt in Originalgröße umgesetzt werden. Die Umsetzung mit den bisher eingesetzten Techniken sollte keine Probleme darstellen. Es müsste lediglich aufgrund der größeren Platte der bisher verwendete Projektor durch einen Kurzdistanzprojektor ersetzt werden.

Die manchmal erwähnte fehlerhafte Ballerkennung könnte zum Beispiel durch den Einsatz weiterer piezoelektrischer Sensoren in Netznähe und einer weiteren Optimierung des Algorithmus verbessert werden. Alternativ wäre der Einsatz einer „Touch“ Folie für die Ballerkennung denkbar. In diesem Fall könnte aber kein normaler Tischtennisball mehr eingesetzt werden, da das Material des Balls nicht durch die Folie erkannt wird.

Im weiteren Vorgehen wäre die Untersuchung der Motivation der Spieler in einer Langzeitstudie interessant. Dabei könnte festgestellt werden, wie sich die Motivation der Spieler bei Nutzung des verbesserten Systems im Vergleich zu herkömmlichen Tischtennis über einen längeren Zeitraum verändert.

6 Fazit

In dieser Arbeit wurde ein neuartiges Exergaming Konzept vorgestellt, das eine in der Realität betriebene Sportart um digitale Elemente erweitert, um daraus ein Exergaming System zu entwickeln. Das vorgestellte Konzept wurde in einem Prototypen umgesetzt und evaluiert. Die Umsetzung erfolgte auf Basis von erlangten Erkenntnissen aus verwandten Arbeiten, die sich mit dem Bereich Exergaming und Spielbalancierung beschäftigten. Die Evaluation zeigte, dass die Attraktivität des entstandenen Exergaming Systems hoch ist. Das System und die Elemente der Spielbalancierung wurden von der Mehrheit positiv bewertet. Die integrierte Spielbalancierung ist allerdings verbesserungsfähig. Eine gut funktionierende Spielbalancierung lässt sich ohne vorherige Evaluation kaum konzipieren. Durch die in der Evaluation erlangten Erkenntnisse kann nun die Spielbalancierung verbessert werden.

Allgemein konnte festgestellt werden, dass die Studienteilnehmer von dem Exergaming System sehr begeistert waren. Viele meinten, dass sie am liebsten noch bleiben und weiterspielen würden. Einige sagten auch, dass sie dadurch Lust bekommen haben wieder öfter Tischtennis zu spielen. Darüber hinaus mehrten sich zum Ende der Studie die Anfragen, ob eine Teilnahme an der Studie noch möglich wäre. Man kann davon ausgehen, dass Teilnehmer anderen Personen in ihrem Umfeld von dem Exergaming System berichteten. Manche Teilnehmer fragten an, ob das System demnächst auch öffentlich zugänglich sein wird. Das System müsste für dieses Vorhaben nur geringfügig angepasst werden, damit es auch öffentlich aufgestellt werden könnte. Es sollte aber dann möglich sein, das System per Knopfdruck zu aktivieren. Die Ballerkennungstechnik und der Computer müsste in der Tischtennisplatte verbaut werden, damit sie von Fremdeinwirkungen geschützt wären.

„Digital Tabletennis“ ist ein Beispiel, wie man einen in der Realität existierenden Sport mit den Vorzügen der digitalen Technik erweitern kann. Im Gegensatz zu kommerziellen Exergaming Systemen wurde eine Sportart nicht vollständig vor einem Bildschirm simuliert, sondern die Physis des Originalsports übernommen. Dadurch erlernen die Nutzer nicht nur die Beherrschung eines Videospiele, sondern die reale Sportart. Das Grundkonzept ist nicht auf Tischtennis beschränkt, sondern kann mit Sicherheit auf andere Sportarten übertragen werden. Vielleicht eine Möglichkeit „Sportmuffel“ durch die Erhöhung des Spaßfaktors zur Ausübung einer realen Sportart zu motivieren.

7 Literaturverzeichnis

- [1] David Altimira u. a. „Towards Understanding Balancing in Exertion Games“. In: *Proceedings of the 11th Conference on Advances in Computer Entertainment Technology*. ACE '14. Funchal, Portugal: ACM, 2014, 10:1–10:8. ISBN: 978-1-4503-2945-3. DOI: 10.1145/2663806.2663838. URL: <http://doi.acm.org/10.1145/2663806.2663838>.
- [2] *AttrakDiff*. URL: <http://www.attrakdiff.de>.
- [3] Telekommunikation und neue Medien Bundesverband Informationswirtschaft. *Gaming hat sich in allen Altersgruppen etabliert*. 2015. URL: <https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Gaming-hat-sich-in-allen-Altersgruppen-etabliert.html>.
- [4] University of South Florida Dr. Lisa Witherspoon Co-Director Active Gaming Research Laboratories. *Brochure: American College of Sports Medicine Information On Exergaming*. 2013. URL: <https://www.acsm.org/docs/brochures/exergaming.pdf>.
- [5] Daniel Fink. „Analysis of Computer-Vision and Sensor-Based Approaches to Determine Ball Positions on a Ping Pong Table“. In: (2015).
- [6] Daniel Fink. „Digital Tabletennis - An Exergaming Concept“. In: (2016).
- [7] Kathrin Maria Gerling u. a. „Effects of Balancing for Physical Abilities on Player Performance, Experience and Self-esteem in Exergames“. In: *Proceedings of the 32Nd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*. CHI '14. Toronto, Ontario, Canada: ACM, 2014, S. 2201–2210. ISBN: 978-1-4503-2473-1. DOI: 10.1145/2556288.2556963. URL: <http://doi.acm.org/10.1145/2556288.2556963>.
- [8] Benjamin Knoerlein, Gábor Székely und Matthias Harders. „Visuo-haptic Collaborative Augmented Reality Ping-pong“. In: *Proceedings of the International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology*. ACE '07. Salzburg, Austria: ACM, 2007, S. 91–94. ISBN: 978-1-59593-640-0. DOI: 10.1145/1255047.1255065. URL: <http://doi.acm.org/10.1145/1255047.1255065>.
- [9] Techniker Krankenkasse. *TK-Studie zum Bewegungsverhalten der Menschen in Deutschland*. 2013. URL: https://www.tk.de/centaurus/servlet/contentblob/568892/Datei/113810/TK_Studienband_zur_Bewegungsumfrage.pdf.
- [10] Florian (“Floyd”) Mueller u. a. „Design Space of Networked Exertion Games Demonstrated by a Three-way Physical Game Based on Table Tennis“. In: *Comput. Entertain.* 6.3 (Nov. 2008), 36:1–36:31. ISSN: 1544-3574. DOI: 10.1145/1394021.1394029. URL: <http://doi.acm.org/10.1145/1394021.1394029>.
- [11] *PingPong++*. 2011. URL: <http://portfolio.xiaosquared.com/PingPong>.

- [12] Julia Müller UsabilityBlog. *Das Geheimnis attraktiver Produkte – und wie man Attraktivität messen kann*. 2010. URL: <http://www.usabilityblog.de/2010/02/das-geheimnis-attraktiver-produkte-und-wie-man-attraktivitat-messen-kann/>.
- [13] Anthony Whitehead u. a. „Exergame Effectiveness: What the Numbers Can Tell Us“. In: *Proceedings of the 5th ACM SIGGRAPH Symposium on Video Games*. Sandbox '10. Los Angeles, California: ACM, 2010, S. 55–62. ISBN: 978-1-4503-0097-1. DOI: 10.1145/1836135.1836144. URL: <http://doi.acm.org/10.1145/1836135.1836144>.
- [14] Wikipedia. *Piezoelektrizität*. 2015. URL: <https://de.wikipedia.org/wiki/Piezoelektrizit%C3%A4t>.
- [15] Charles Woodward u. a. „CamBall: Augmented Networked Table Tennis Played with Real Rackets“. In: *Proceedings of the 2004 ACM SIGCHI International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology*. ACE '04. Singapore: ACM, 2004, S. 275–276. ISBN: 1-58113-882-2. DOI: 10.1145/1067343.1067380. URL: <http://doi.acm.org/10.1145/1067343.1067380>.
- [16] Xiao Xiao u. a. „PingPong++: Community Customization in Games and Entertainment“. In: *Proceedings of the 8th International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology*. ACE '11. Lisbon, Portugal: ACM, 2011, 24:1–24:6. ISBN: 978-1-4503-0827-4. DOI: 10.1145/2071423.2071453. URL: <http://doi.acm.org/10.1145/2071423.2071453>.

8 Anhang

Willkommensschreiben der Studie

Studie „Digital Tabletennis“

Herzlich Willkommen,

vielen Dank, dass Sie sich dazu bereit erklärt haben, an der Studie „Digital Tabletennis“ teilzunehmen. Bevor wir mit der Studie beginnen möchte ich ihnen kurz erklären, um was es bei der Studie geht und welche Rolle Sie dabei spielen.

Im Rahmen meines Bachelorprojekts habe ich eine digitale Tischtennisplatte entwickelt, die die Motivation, eine Sportart (in diesem Fall Tischtennis) zu betreiben steigern soll. Aus diesem Grund werden Sie heute Tischtennis spielen. Sie werden 5 Sätze mit den üblichen Tischtennisregeln spielen und 5 Sätze bei denen die üblichen Regeln um weitere Spielelemente, die ich ihnen davor erklären werde, erweitert wurden. Ein Satz gilt als gewonnen, wenn ein Spieler 11 Punkte erspielt hat und mit mindestens 2 Punkten Abstand führt. Bei dieser Studie werden nicht Ihre Fähigkeiten im Tischtennis getestet. Es geht um die Bewertung der Anwendung.

Sollte es Fragen oder Unklarheiten (zB Tischtennisregeln) geben können Sie sich während des gesamten Ablaufs jederzeit an mich wenden. Ich wünsche Ihnen viel Spaß und möchte mich nochmal für Ihre Teilnahme an der Studie bedanken.

Daniel Fink

Studienablauf

Studienablauf

Beschreibung	Zeit
Begrüßung und Durchlesen des Willkommenschreiben	3 min
Durchlesen und gegeben falls Unterschreiben der Einverständniserklärung (durch beide)	1 min
Ausfüllen des demographischen Fragebogen	5 min
Tischtennis Bedingung 1 (5 Sätze)	15 min
Ausfüllen des NASA TLX und AttrakDiff Fragebogen	5 min
Tischtennis Bedingung 2 (5 Sätze)	15 min
Ausfüllen des NASA TLX und AttrakDiff Fragebogen	5 min
Kurze Befragung (Was ist positiv/negativ/könnte man besser machen)	10 min
Bezahlung und Unterschreiben/Aushändigen der Quittung (durch beide)	1 min

Interviewbogen

Abschlussgespräch

1. Wie viele verschiedene Größen von „Power Ups“ haben Sie erkannt?

2. Haben Sie Elemente als störend empfunden und wenn ja welche?

3. Welche Variante hat Ihnen mehr Spaß gemacht?

3. Was fanden Sie gut?

4. Was fanden Sie schlecht?

5. Was könnte man besser machen?

Ergebnisse der einzelnen Sätze

Ergebnisse der einzelnen Sätze							
Exergaming		Normal		Exergaming		Normal	
Spieler 1	Spieler 2	Spieler 1	Spieler 2	Spieler 1	Spieler 2	Spieler 1	Spieler 2
11	6	11	3	12	14	11	6
11	5	11	6	11	8	11	3
11	1	11	5	11	6	11	3
11	1	11	4	11	7	11	9
11	7	11	1	11	6	11	6
11	8	11	4	6	11	8	11
4	11	11	5	6	11	8	11
7	11	11	4	10	12	10	12
11	4	11	3	7	11	9	11
13	11	11	2	8	11	11	8
11	6	11	7				
11	8	11	2				
11	6	11	2				
11	6	11	4				
11	2	11	4				
11	7	11	4				
11	8	11	2				
11	3	11	9				
11	1	12	10				
11	7	11	6				
11	3	11	2				
11	6	11	4				
11	2	11	1				
11	5	11	2				
11	2	11	6				
12	14	11	6				
11	8	11	6				
11	3	11	7				
11	9	6	11				
11	6	17	15				
8	11	2	11				
5	11	11	8				
10	12	8	11				
5	11	6	11				
10	12	11	9				
11	3	11	1				
11	1	11	0				
11	2	11	1				
11	2	11	4				
11	4	11	3				

Selbstständigkeitserklärung

ERKLÄRUNG:

Ich versichere hiermit, dass ich die anliegende Bachelor-/Masterarbeit mit dem Thema:

Motivation durch Exergames - Mechanismen zur
Spielbalancierung am Beispiel einer digital erweiterten
Tischtennisplatte

selbständig verfasst und keine anderen Hilfsmittel und Quellen als die angegebenen benutzt habe.

Die Stellen, die anderen Werken (einschließlich des Internets und anderer elektronischer Text- und Datensammlungen) dem Wortlaut oder dem Sinn nach entnommen sind, habe ich in jedem einzelnen Fall durch Angabe der Quelle bzw. der Sekundärliteratur als Entlehnung kenntlich gemacht.

Weiterhin versichere ich hiermit, dass die o.g. Arbeit noch nicht anderweitig als Abschlussarbeit einer Bachelor- bzw. Masterprüfung eingereicht wurde. Mir ist ferner bekannt, dass ich bis zum Abschluss des Prüfungsverfahrens die Materialien verfügbar zu halten habe, welche die eigenständige Abfassung der Arbeit belegen können.

Die Arbeit wird nach Abschluss des Prüfungsverfahrens der Bibliothek der Universität Konstanz übergeben und katalogisiert. Damit ist sie durch Einsicht und Ausleihe öffentlich zugänglich. Die erfassten beschreibenden Daten wie z. B. Autor, Titel usw. stehen öffentlich zur Verfügung und können durch Dritte (z. B. Suchmaschinenanbieter oder Datenbankbetreiber) weiterverwendet werden.

Als Urheber/in der anliegenden Arbeit stimme ich diesem Verfahren **zu** / **nicht zu***).

Eine aktuelle Immatrikulationsbescheinigung habe ich beigelegt.



(Unterschrift)

Konstanz, 02.05.2016

(Ort, Datum)

*) Zutreffendes bitte ankreuzen