

Aus der Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie  
der Medizinischen Fakultät der Charité - Universitätsmedizin Berlin

DISSERTATION

Veränderungen von Schmerzempathie und Risikoverhalten durch Videospiele

zur Erlangung des akademischen Grades

Doctor medicinae (Dr. med.)

vorgelegt der Medizinischen Fakultät

Charité - Universitätsmedizin Berlin

von

Charlotte Witt

aus Rostock

Datum der Promotion: 23.06.2019

Gutachter: 1.

2.

3.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Abstrakt</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Abstract</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Einleitung</b>	<b>5</b>
3.1	Videospiele . . . . .	5
3.1.1	Potenzial und Klassifikation von Videospielen . . . . .	5
3.1.2	Grand Theft Auto V und Die Sims 4 . . . . .	6
3.2	Psychologie und Videospiele . . . . .	8
3.2.1	Risikoverhalten . . . . .	8
3.2.2	Schmerzempathie . . . . .	9
3.3	Neuronale Korrelate von Videospielen . . . . .	10
3.3.1	Risikoverhalten . . . . .	10
3.3.2	Schmerzempathie . . . . .	11
3.4	Abgeleitete Fragestellungen . . . . .	12
<b>4</b>	<b>Material und Methoden</b>	<b>14</b>
4.1	Studienüberblick . . . . .	14
4.1.1	Rekrutierung der Probanden . . . . .	14
4.1.2	Ablauf . . . . .	15
4.1.3	Teilnehmer . . . . .	16
4.2	Bildgebung . . . . .	17
4.2.1	Protokoll der T1-MPRAGES . . . . .	17
4.2.2	FreeSurfer-Analysen . . . . .	17
4.3	Fragebogen und behaviorale Maße . . . . .	19
4.3.1	Dispositional Flow Scale (DFS-2) . . . . .	19
4.3.2	Videoclips (FZV) . . . . .	19
4.3.3	Balloon Analogue Risk Task (BART) . . . . .	20
4.4	Statistik . . . . .	22
<b>5</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>24</b>
5.1	Bildgebung . . . . .	24

5.1.1	Kortikale Ergebnisse . . . . .	24
5.1.2	Subkortikale Ergebnisse . . . . .	26
5.2	Fragebogen und behaviorale Maße . . . . .	26
5.2.1	Dispositional Flow Scale (DFS-2) . . . . .	26
5.2.2	Fragebogen zu den Videos (FZV) . . . . .	27
5.2.3	Balloon Analogue Risk Task (BART) . . . . .	28
5.3	Korrelationen mit der Bildgebung . . . . .	29
5.3.1	Kortikal: rechts-posteriore Insula und links superiorer Gyrus . . . . .	30
5.3.2	Subkortikal: Accumbensareal . . . . .	30
<b>6</b>	<b>Diskussion</b>	<b>32</b>
6.1	Risikoverhalten . . . . .	32
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>37</b>
<b>8</b>	<b>Eidesstattliche Versicherung</b>	<b>i</b>
<b>9</b>	<b>Lebenslauf</b>	<b>ii</b>
<b>10</b>	<b>Danksagung</b>	<b>iv</b>

# 1 Abstrakt

Videospiele sind heutzutage eine der beliebtesten Freizeitaktivitäten. In dieser Studie soll der Effekt zweier Videospiele (Grand Theft Auto V, Die Sims 4) auf Schmerzempathie, Risikoverhalten und volumetrische Hirnmasse untersucht werden. Zudem wurde eine Kontrollgruppe mituntersucht. Die Action-Spieler zeigten weniger Empathie beim zweiten Messzeitpunkt, während alle Gruppen riskanteres Verhalten gezeigt haben. In der Kontrollgruppe war Schmerzempathie positiv korreliert zu Volumenänderungen im posterioren insulären Kortex. Volumenveränderungen im Accumbensareal korrelierten positiv mit risikoreicher Verhalten für die Sims-Spieler. Die Ergebnisse sind nur teilweise hypothesenkonform und bedürfen weitere Untersuchungen.

## **2 Abstract**

Videogaming is nowadays one of the most popular free time activities. It is intensively studied for subjects as cognitive improvements, physical fitness, and emotions. In this study we investigate the effect of an action videogame (Grand Theft Auto V) and of a simulation game (The Sims 4) on empathy for pain, risk-taking behavior and volumetric brain measures. Furthermore a control group was considered. The action-game participants showed a lower empathy for pain after training on the videogame. All groups acted riskier on the Balloon Analogue Risk Task at the end of the intervention time. In the control group change of empathy for pain was associated with change in posterior insular volume. In the simulation-game group, increase in risky behavior was associated with volume gains in the accumbal area. Brain measures were associated to behavioral changes, while we observed unexpected group differences that remain partially unclear and should be further studied.

## **3 Einleitung**

„As U. S. Senator Joseph Lieberman (1998) stated recently, these games ... are part of a toxic culture of violence that is enveloping our children, that is helping to desensitize them and blur the lines between right and wrong, and encouraging some of the most vulnerable of them to commit violence.“ [1]

Im Juni 2016 findet Pubmed 4523 Ergebnisse bei einer Suche nach dem Stichwort “video game”, welche von Befürchtungen bezüglich des negativen Potentials der Spiele inspiriert wurden. Die Videospieellandschaft hat sich in den letzten Jahren stark diversifiziert, die Zielgruppe besteht nicht mehr nur aus jungen Männern und es kann dank der handlichen Technologien jederzeit und von fast jedermann auf sie zugegriffen werden.

### **3.1 Videospiele**

In den 1980er Jahren hielten einfach konstruierte Videospiele wie “Pacman” und “Super Mario” Einzug in die Unterhaltungsindustrie [2]. Heute bieten dagegen die computergestützte schnelle Prozessierung des Spielgeschehens, die grafische Oberfläche, die Konzeptualisierung der Plots, Realitätsnähe und auch die Bedienelemente dem Spieler eine multisensuelle Erfahrung.

#### **3.1.1 Potenzial und Klassifikation von Videospiele**

Die USA stellen bei Videospiele mit einem Jahresabsatz 2015 von etwa 23.5 Milliarden US-Dollar den weltweit größten Markt dar (Entertainment Software Association, ESA). Am meisten Geld wurde in Video-Shooter- und Action-PC-Spiele investiert [3]. Für Weiterentwicklungen der Spiele sorgen Studiengänge an etwa 10% der amerikanischen Universitäten [4, Abruf 13.06.2016]. Der deutsche Markt ist 2015 mit einem Jahresumsatz von 1.4 Milliarden Euro, 30.000 Beschäftigten und 147 Studiengängen ebenso stark etabliert [5–7]. 33.9 Millionen Deutsche (56%) zwischen 6 und 64 Jahren spielten 2015 durchschnittlich 8.2 Stunden pro Woche Videospiele, wobei sich nur 1/3 der 45- bis 64-Jährigen als Spieler bezeichnen [8].

In jener Altersgruppe werden Videospiele zum spielerischen Erhalt und Training von Kognition [9], Fitness und sozialer Aktivität benutzt [10,11]. Lernspiele gibt es auch für die jüngsten Spieler. In Bildungs- und Fitnessspielen können Kinder neben ihren mentalen Fertigkeiten Ernährungswissen und körperliche Bewegung verbessern. Psychiatrische Videospiele-Therapien können die Impulskontrolle und emotionale Regulation verbessern, z.B. bei Essstörungen und Glücksspiel-

sucht [12, 13]. Ärzten ermöglicht das Laparoskopie-Training mit Videospielen durch Verbesserung visuo-spatialer und motorischer Fertigkeiten, geschickter Patienten operieren zu können [14].

Videospiele können gemäß der Pan European Game Information (PEGI, [15])

- Abenteuer
- Action-Abenteuer
- Logik- und Denkspiele
- Plattformspele / Jump'n'Run
- Rennspiele
- Rollenspiele
- Schießspiele / Shooter
- Simulationsspiele
- Sportsimulationen
- Strategiespiele
- Tanz- und Musikspiele
- Vielspieler-Spiele sein.

### **3.1.2 Grand Theft Auto V und Die Sims 4**

Grand Theft Auto V (GTA, Rockstar Games, Take2 Interactive Software Europe Ltd, 2014) ist laut Einteilung der Pan European Game Information (PEGI) dem Genre "Action" zuzuordnen, währenddessen Die Sims 4 (SIMS, Maxis, EA Swiss Sarl, 2014) ein "Simulation"-Spiel mit sozialen Ambitionen ist. Beide Spiele benutzen menschliche Avatare.

GTA V spielt in der fiktiven Stadt Los Santos, welche von der kalifornischen Stadt Los Angeles inspiriert ist. Bei GTA V sind verschiedene Charaktere auf bestimmte Missionen spezialisiert, können jedoch nicht angepasst werden. Der Spieler bzw. der ausgewählte Avatar muss Aufträge zu Kleinkriminalität, organisierter Bandenkriminalität und Auftragsmorden annehmen, um virtuelle GTA-Dollar zu verdienen. Um bei einer Mission zu punkten, muss der Charakter die Probleme bei

Spielerfolg zunehmend strategisch und zeitoptimiert lösen. Extraanreize stellen Details im Spielverlauf dar, wie zu fahrende Stunts oder die Entdeckung von in der Stadt versteckten Trophäen. In GTA V wird körperliche und Waffengewalt protegiert. Durch die Wahl der Perspektive zwischen erster und dritter Person kann der Eindruck der Beteiligung des Spielers moderiert werden.

Das Zitat eines Spieletesters zum strategischen Vorgehen „I have just spent a half-hour planning the perfect heist. I’m going in smart, knocking out the guards and the staff behind the delicate jewellery counters of the store with a carefully placed smoke bomb, and smashing into each cabinet with the butt of a semi-automatic rifle before making my escape on a nearby getaway bike. I’m reducing my cut so I can hire the best hacker to disable the security system, and a skilled gunman to handle crowd control. And yet, despite my best efforts [...] it all goes wrong. I should be driving down a dank sewer tunnel, sneaking my way under the city to freedom. Instead, I’m here, moving down wave after wave of police on the city streets and for the first time while playing a Grand Theft Auto game, I feel immensely guilty about it.“ [16]

In Sims 4 ist es das Ziel, eine virtuelle Lebensgemeinschaft zu schaffen. Dabei werden die einzelnen Avatare vom Spieler zunächst nach dem Baukastenprinzip (Haarfarbe, Gesichtsform, Persönlichkeit) kreierte. So wird eine Identifikation des Spielers mit den Sims begünstigt. Jeder Avatar, ein Sim, hat individuelle und sich entwickelnde kognitive, emotionale und motivationale Attribute, welche durch Anwählen der Spielperson angezeigt werden. Nur unter der Berücksichtigung dieser kann eine zufriedene Gemeinschaft aufgebaut werden. Der Spielerfolg ist daher nicht von der empathischen Wahrnehmung eines Spielers abhängig, sondern ob er den Wünschen seiner Sims in der Gemeinschaft gerecht wird.

Der Gewaltgehalt bei GTA V summiert sich auf aus verbaler Vulgärsprache, extremer Gewalt und Eliminierung von ernannten Gegnern, Polizisten und unbeteiligten Zivilpersonen [15]. Das Gewaltniveau in SIMS übersteigt dagegen nur selten das von sporadischer häuslicher Gewalt.

Beide Spiele gehören z.B. in den USA zu den 6 beliebtesten PC- und Videospiele 2015 [3] und waren bereits Gegenstand von Forschungsarbeiten [17].

## **3.2 Psychologie und Videospiele**

Videospiele werden in den Zusammenhang mit Kognitionen, Verhalten und Emotionen gebracht. Dabei sind die abhängigen Effekte genauso vielfältig wie die Genres von Videospielen. In der hier präsentierten Studie sollen die Effekte auf Risikoverhalten und Schmerzempathie untersucht werden. Es folgt eine Darstellung relevanter bisher vorliegender Forschungsergebnisse zu dieser Frage.

### **3.2.1 Risikoverhalten**

Die Szenarien in Action-, Renn- und Schießspielen verlangen des öfteren riskante Manöver, für die jedoch im Maximalfall ein virtueller Lebensbalken geopfert werden muss. Fraglich für die Gesellschaft und individuelle Schicksale ist dabei, ob Realität und virtuelle Welt für Spieler getrennt bleiben oder ob sich Verhaltensweisen und Kognitionen durch die Spiele etablieren.

Einige Studien haben sich verkehrsassoziiertem Risikoverhalten gewidmet, welches auch bei GTA in Form von rücksichtslosem Fahren mit Spielpunkten belohnt wird. Fischer et al. [18, 19] untersuchten Kurzzeiteffekte von Autorennspielen und neutralen Spielen auf riskantes Verhalten in einer Verkehrssimulation mit potentiellen Unfallkonstellationen. Rennspiele ließen Probanden mehr Risiken in der Simulation eingehen. Bei einem Vergleich von Spielern und Zuschauern [19] konnte nur bei den Spielern eine Zunahme des Risikoverhaltens nachgewiesen werden. Die Zuschauer teilten, vielleicht dank Blutdruckanstieg und Teilnahme, immerhin die Präsenz von riskantem Verhalten und Emotionen nach der Spielzeit. Die Transferleistung ist hier allerdings offensichtlich und fraglich in ihrem zeitlichen Bestand.

Hull et al. [17] untersuchten über einen Zeitraum von 4 Jahren und 2 Monaten die Videospieldpräferenzen und reales Risikoverhalten im Straßenverkehr von 2718 jugendlichen Teilnehmern. Der Konsum von Renn- und Gewaltspielen, die regelwidriges Autofahren glorifizieren, prognostizierte bereits vor Erreichen der Fahrtüchtigkeit die reale Verkehrsregelakzeptanz (z.B. alkoholisiertes Fahren). Moderiert wurde der Einfluss der Videospiele durch höhere Sensationslust und Rebellion in der Jugend.

“Wer nicht wagt, der nicht gewinnt!” - Für Entscheidungen bedarf es der kombinierten Abwägung von konstitutionellen und situationsspezifischen Voraussetzungen und des in Aussicht stehenden Gewinns.

Gewinnspielstudien können durch Impulsivität und Risikofreudigkeit eingeschränkte Entscheidungen erfassen. Je risikoreicher das Videospiel ist, desto mehr Risikospiele werden in den Paradigmen

gewagt. Internetspielsucht hat ein noch stärkeres Abhängigkeitspotenzial als Offlinespiele [20] und ist daher für die Untersuchung des pathologischen Spielens geeignet.

Patienten mit Internetspielsucht, welche sich in einer Gewinnaufgabe zwischen sicheren Gewinnen und nicht 100% sicheren Gewinnen mit höheren Summen entscheiden sollten, entschieden sich häufiger für die zweitgenannte Alternative [21].

Pawlikowski und Brand [22] untersuchten pathologisches Spielen an einer deutschen Stichprobe und fanden bei langjährigen Spielern von Word of Warcraft ( $N = 20$ ) signifikante Einschränkungen in informierten Entscheidungssituationen. Das Paradigma war eine Würfelaufgabe, bei der die nächste gewürfelte Augenzahl von den Teilnehmern vorhergesagt werden sollte. Die Probanden wurden über die verschiedenen Wahrscheinlichkeiten der Augenzahl informiert. Die Kontrollprobanden wählten häufiger als die World of Warcraft Spieler die solideren, aber summarisch gewinnbringenderen Alternativen. Das Ergebnis ist ein Indiz für kognitive Ähnlichkeiten in Impulsivität und Entscheidungsfindung zu pathologischer Spiel- oder Substanzmittelsucht.

Bailey et al. [23] verglichen die Impulsivität zweier Vielspielergruppen, wobei die einen Strategiespiele, die anderen Schießspiele (Shooter) präferierten. Die Gruppe, die regulär Strategiespiele spielte, zeigte einen negativen und zur Schießspielgruppe inversen Zusammenhang der wöchentlichen Spielstunden mit Impulsivität: Je mehr Stunden sie wöchentlich Strategiespiele spielten, desto weniger impulsiv bearbeiteten sie eine Zeit-Gewinn-Aufgabe (höhere Gewinne werden nach längerer Zeit, niedrigere früher ausgegeben). Die Bearbeitung von zwei Risikoaufgaben zeigte einen qualitativen Unterschied zwischen Probanden mit und Probanden ohne Symptome pathologischen Spielens. Teilnehmer, die hohe Wochenspielzeiten und Symptome des pathologischen Spielens zeigten, korrigierten trotz Misserfolg nicht ihre Spielstrategie

In der vorliegenden Arbeit sollen keine gefestigten pathologischen Muster erfasst werden, wohl aber der Interventionseffekt eines Risikovideospiels (GTA) und eines neutralen Spiels (SIMS) auf die Risikofreudigkeit in der Balloon Analogue Risk Task (BART) untersucht werden.

### **3.2.2 Schmerzempathie**

Empathie ist die Fähigkeit, Gefühle anderer zu verstehen und ist eine Dimension der emotionalen Kompetenz. Schmerzempathie meint also das Erkennen von gezeigten Schmerzen bzw. angenommener Schmerzen bei Verletzungen anderer Personen.

Craig Anderson konstatiert in seiner Metaanalyse [24], dass gewalthaltige Videospiele durch Desensibilisierung Empathie und prosoziales Verhalten verringern (siehe auch [25]). Auf der an-

deren Seite können prosoziale Spiele Empathie fördern [26] und prosoziales Verhalten begünstigen [25, 27, 28]. Gegen die negativen Annahmen führte Ferguson [29] eine Debatte mit Anderson über Studienauswahlkriterien, Publikationsverzerrungen und Schätzungsfehler des Effekts. Greitemeyer vergleicht in einer Meta-Analyse die gefundenen Effektstärken beider Studiengruppen [28] und kommt zu dem Schluss, dass die angegebenen Effektstärken bei Anderson zum einen signifikant sind ( $r = 0,15$ ) und zum anderen den Effekten von Videospiele auf Empathy entsprechen, die nicht in die Studien von Anderson und Ferguson eingeschlossen wurden. In der vergleichenden Meta-Analyse [28] wurden für experimentelle Studien ähnlich hohe Effekte zwischen prosozialem Verhalten und prosozialen Spielen ( $r = 0,26$ ) wie zwischen unsozialem Verhalten und gewalthaltigen Videospiele ( $r = 0,20$ ) gefunden.

Jackson et al. [30] konnten keinen Zusammenhang von Schmerzempathie und Schmerzsensitivität bei Erwachsenen feststellen. Die Motivation, sich in den anderen hineinzuversetzen, moduliert Schmerzempathie. Werden die Gesichter von Patienten mit angeblich nicht erfolgreicher Therapie gezeigt und die Studienteilnehmer gebeten, sich selbst in der Situation vorzustellen, werden mehr Schmerzen wahrgenommen [31]. In einer Elektromyographiestudie der gleichen Studiengruppe spiegelten die fazialen Erregungsmuster der Probanden die Schmerzdarstellung von Patienten während einer Behandlung stärker wider, wenn sie gebeten wurden, sich selbst anstelle des Patienten vorzustellen, als wenn sie sich in den Patienten hineinversetzen sollten. [32].

Schmerzempathie kann im Laborsetting mit Hilfe von Bildermaterial [30], Videosequenzen [31] oder reell zugefügten Verletzungen (z.B. Stromapplikation [33]) operationalisiert werden, wobei funktionelle Bildgebung (fMRI) und Auskünfte zur wahrgenommenen Schmerzintensität und emotionalen Beschäftigung mit den Verletzungen korreliert werden können.

### **3.3 Neuronale Korrelate von Videospiele**

#### **3.3.1 Risikoverhalten**

Risikoverhalten ist abhängig von der Attraktivität des Gewinns, der Bewertung von Kosten und Nutzen und zumindest im Laborumfeld von einem direkten Feedback. Christopoulos et al. [34] untersuchten Aktivitätsmuster bei einer Risikoaufgabe und fanden mehr Aktivierung des Striatums und des anterioren Cingulum bei risikoreicheren Entscheidungen, wohingegen eine Aktivität des inferioren frontalen Gyrus (IFG) eine Risikomeidung abbildet, z.B. im Sinne des zu aversiven Risikos. Damit kongruent ist der Zusammenhang von einer Minderaktivierung des IFG und Risikoverhalten [21].

In einer funktionellen MRT Untersuchung wurden während der Bearbeitung des BART relevante Areale identifiziert; darunter sind frontale mesolimbische Areale, das ventrale und dorsale Striatum, die anteriore Insula und der dorsolaterale Präfrontalkortex (DLPFC) [35]. Beim BART müssen Ballons aufgepumpt werden, welche jedoch drohen zu explodieren (siehe Abschnitt Material und Methode). Im Vergleich von aktiver Ballonkontrolle und passivem Zuschauen, wurden der DLPFC und mesolimbische Regionen nicht aktiviert. Bei bilateraler transkranieller Hinstimulation des dorsolateralen präfrontalen Kortex konnte ein solideres Verhalten im BART bewirkt werden [36].

Stützende Evidenz für eine zentrale Rolle des Striatum bei Vielspielern ist ebenso bei Kühn et al. [37] zu finden. Eine höheres striatales Volumen und eine stärkere Aktivierung des Striatums bei Spielgewinn konnten in der MRT-Studie mit einer Gambling Task erhoben werden. Ein pathologischer Prozess der Videospielesucht besteht in der striatalen Dopaminausschüttung [38] bei Misserfolg. Bei langfristigem Konsum eines Rauschmittels, z.B Ecstasy, ist das Dopaminsystem nicht mehr durch niedrigschwellige Belohnungsreize, wie z.B. Videospiele, stimulierbar [39]. Der Nucleus accumbens moderierte bei Knutson et al. den Einfluss der Attraktivität und somit der Motivation durch den Gewinn, hier sexuell stimulierende Bilder, auf die Entscheidung in einer kritischen Risikospielsituationen, z.B. in finanziellen Gewinnspielsituationen [40].

### **3.3.2 Schmerzempathie**

Das anteriore Cingulum im Sinne einer affektiven Komponente und die anteriore Insula sind für Schmerzempathie relevante Regionen [30, 33, 41, 42].

Werden dem Partner und der eigenen Person abwechselnd Nervenreizungen zugefügt, können Aktivitätsänderungen in der anterioren Insula und im rostralen cingulären Kortex beobachtet werden [33]. Da beim tatsächlich sensorischen Schmerzerleben zusätzlich die posteriore Insula und der sensorimotorische und sekundäre Motorkortex stimuliert werden, basiert Schmerzempathie nur auf Aktivierung eines Teils des Netzwerks für somatische Schmerzrepräsentation.

Gentile et al. [43] untersuchten mit einer funktionellen MRT regelmäßig Computerspiel spielende, junge Erwachsene, während sie zwei Versionen eines Videospieles spielten. Spieler, die regulär gewaltfreie Spiele spielten, zeigten im Vergleich zu Spielern, die Gewaltspiele gewohnt waren, mehr Aktivität in der Amygdala, der Insula und im medialen Präfrontalkortex. Dieser Zuwachs an Aktivität kann daher auf den unterschiedlichen Spielinhalt und nicht auf Videospiele im Allgemeinen attribuiert werden.

Die moralische Akzeptanz der verfügbaren Spielcharaktere schwächt den Einfluss von z.B. einem kriminellen Bandenführer auf Spieler ab bzw. begünstigt ein neutrales Spiel der Heldenrolle [44].

Cheng et al. [45] ließen ihre Studienteilnehmer Verletzungssituationen andeutende Bilder [41] ansehen, welche alltäglichen Szenarien entsprechen (z.B. eine Messerschneide liegt auf dem Finger). Unter Verwendung von Magnetencephalografie (MEG) konnte indirekt, durch eine stärkere Unterdrückung von 10-Hz-Oszillationen, eine Aktivierung im somatosensorischen Kortex nachgewiesen werden, welche von Cheng et al. als somatische Resonanz gewertet wird. In einer Folgestudie belegte dieselbe Studiengruppe verschiedene Reaktionen bei Männern und Frauen [46]. Die P300 (Positivierung nach 300 ms) in der Ableitung ereigniskorrelierter Potenziale im Elektroenzephalogramm ist bei habituellen Gewaltspiele-Spielern bei der Präsentation von gewalthaltigen Abbildungen vermindert und elongiert. [47] Die Latenz zeigt dabei an, dass die emotional valenten Stimuli schwer zu kategorisieren waren und kann als Indiz für die Desensitisierung gewertet werden.

### **3.4 Abgeleitete Fragestellungen**

Wie im Literaturüberblick gezeigt, scheinen Videospiele verschiedenste kognitive und emotionale Einflüsse auf Spieler zu haben. Der Erforschung hirnmorphologischer Besonderheiten von langjährigen Videospielern wurde dabei in der Sorge um ein pathologisches, öffentliches Verhalten Priorität eingeräumt. Zunehmend nimmt sich die Forschung aber auch des Förderungspotenzials verschiedener Spielarten an. Besondere Bedeutung kommt dabei Videospieldenovizen zu, da Videospiele für sie Neuheitswert haben und somit keine assoziierten Netzwerke reaktiviert werden. Längsschnittliche, randomisiert-kontrollierte Studien sind für die Aufdeckung eines solchen Kausalzusammenhangs unersetzbar. Um die Videospieeffekte hirnmorphologisch reliabel zu erfassen, wurde wie bei Kühn et al. [48] eine Trainingszeit von 2 Monaten für die Videospiele gewählt. Die Teilnehmer der Trainingsgruppen spielen für insgesamt 30 h ein Action-Spiel (GTA) bzw. ein prosoziales Simulationsspiel (SIMS).

Die vorliegende Arbeit widmet sich dem hirnstrukturellen Vergleich zweier Interventionen und einer Kontrollbedingung. Erfasst werden sollen die Konzepte Risikoverhalten und Schmerzempathie.

Folgende literaturgeleiteten Hypothesen sollen untersucht werden:

1. Risikoverhalten

(A) Spieler von Action-Videospielen sind nach der zweimonatigen Spielzeit risikobereiter als Spieler von Simulationsspielen und als Nichtspieler

(B) Der Anstieg des Risikoverhaltens spiegelt sich in Volumenänderungen des Frontalkortex und des Striatums wider

## 2. Schmerzempathie

(A) Spieler von Action-Videospielen geben nach der zweimonatigen Spielzeit weniger Schmerzempathie an als Spieler von Simulationsspielen und als Nichtspieler

(B) Der Abfall der Schmerzempathie spiegelt sich im insulären Kortex und im mesolimbischen System wider.

## 4 Material und Methoden

### 4.1 Studienüberblick

Die Studie wurde vom Ethikrat der Charité-Universitätsklinikum Berlin bewilligt . Es handelt sich um eine randomisiert-kontrollierte Studie.

#### 4.1.1 Rekrutierung der Probanden

Die Studienannonce wurde sowohl auf einem lokalen Kleinanzeigenportal geschaltet als auch über die E-Mail-Verteiler der drei Berliner Universitäten versendet. Es wurde nach Interessenten mit wenig und viel Erfahrung im Computerspielen gesucht. Kontaktiert wurden hingegen nur diejenigen Interessenten, welche sich selber als Videospieldenken bezeichnen oder niemals mehr als 2 Stunden täglich über mehrere Wochen spielten und in den letzten sechs Monaten nicht regelmäßig Computer-, Konsolen- oder Handy-Spiele gespielt hatten, z.B. nur bei sozialen Anlässen. Telefonisch erfolgte die Abklärung von Einschluss- und Ausschlusskriterien:

- Zielalter 18-45 Jahre
- MRT-Tauglichkeit (Ausschluss: Klaustrophobie, implantierte, nicht entfernbare, ferromagnetische oder kopfnaher Metallobjekte und Implantate, Operationen an Kopf oder Herz, Schwangerschaft, Tinnitus)
- keine akuten Achse-I-Störungen, erfasst mit dem mini-SKID (kurzes strukturiertes, klinisches Interview, [49])
- keine neuro-vaskulären Vorerkrankungen

Ein Teilnehmer gab, an Rheuma erkrankt zu sein. Ein weiterer Teilnehmer hatte Diabetes mellitus Typ 1.

Folgende nicht aktuelle, aber in der Vergangenheit attestierte Diagnosen ergaben sich gemäß dem mini-SKID (Prävalenzen in Klammern):

- Depression (2)
- Agoraphobie / Panikstörung (1)
- Soziale Phobie (1)

- Generalisierte Angststörung (2)
- Psychose (1)
- Drogenkonsum (1)
- Suizidalität (1)
- Posttraumatische Belastungsstörung (1)

Die Zuordnung zu einer der Studiengruppen erfolgte randomisiert. Es ergaben sich keine finanziellen Vorteile durch die Zuordnung zu den verschiedenen Experimentalbedingungen. Die Studiengruppen sind:

1. GTA, Experimentalgruppe, die Teilnehmer spielten “Grand Theft Auto V”
2. SIMS, aktive Kontrollgruppe, die Teilnehmer spielten “Die Sims 4”
3. NON, passive Kontrollgruppe, die Teilnehmer wurden um die Beibehaltung ihres üblichen Medienkonsums gebeten.

Das schriftliche Einverständnis zur Studienteilnahme und Datenverarbeitung gaben die Probanden bei der ersten MRT-Sitzung.

#### **4.1.2 Ablauf**

Es wurden zu drei Messzeitpunkten (A, B und C) im Abstand von jeweils 8,5 Wochen (Median 61 Tage;  $\chi^2 = 0,5984$ ;  $p = 0,74$ ) ein MRT gemessen und innerhalb von 2 bis 5 Tagen nach der MRT eine Sitzung für kognitive Tests und Fragebogenbeantwortung durchgeführt. Gegenstand dieser Arbeit sind die Zeitpunkte A und B.

Zum Zeitpunkt A wurden die Teilnehmer der Trainingsgruppen (GTA und SIMS) in der Handhabung der Playstation 4 (Sony Interactive Entertainment, 2013) unterrichtet und es wurde das entsprechende Videospiel demonstriert. Die Geräte und Spiele wurden den Teilnehmern für das häusliche Training bereitgestellt, wobei täglich eine halbe Stunde über einen Zeitraum von 8 Wochen gespielt werden sollte. In wöchentlichen Abständen schickten die Teilnehmer Spielprotokolle, aus welchen die Gesamtspielzeit errechnet wurde. Die GTA (Mittelwert 2201 h) und SIMS

**Tabelle 1:** Deskriptive Merkmale der Stichprobe

	<u>GTA</u> (N=26)	<u>SIMS</u> (N=24)	<u>NON</u> (N=29)
Geschlecht (M/F) <sup>1</sup>	12/14	12/12	16/13
Alter Mittelwert (SD) <sup>2</sup>	27 (6,17)	26,46 (6,65)	30,7 (8,41)
Bildungsjahre Median (SD) <sup>3</sup>	16,5 (2,98)	16,35 (2,83)	16,71 (3,33)
Rechtshändigkeit (L/R/F) <sup>4</sup>	2/21/3	1/20/3	0/23/6
Gesamtspielstunden Mittelwert (SD) <sup>5</sup>	2201 (997)	1849 (516)	
<sup>1</sup> $\chi^2 = 0,45$ ; df = 2; p = 0,80.	<sup>4</sup> $\chi^2 = 2,039$ ; df = 2; p = 0,36.		
<sup>2</sup> $\chi^2 = 3,95$ ; df = 2; p = 0,14.	<sup>5</sup> U = 267; Z = -0,87; p = 0,38.		
<sup>3</sup> $\chi^2 = 1,10$ ; df = 2; p = 0,58.			
M/F = Männer/Frauen, L/R/F = Links/Rechts/Fehlend, SD = Standardabweichung.			

Probanden (Mittelwert 1849 h) kamen auf ähnlich viele Gesamtstunden Spielzeit (Mann-Whitney-U 267; p = 0,382).

#### 4.1.3 Teilnehmer

Es wurden initial 91 Probanden rekrutiert.

Es konnten Daten zu den Zeitpunkten A und B von 79 Probanden (GTA 26, SIMS 24, NON 29) analysiert werden, nachdem 8 Probanden aus persönlichen Gründen die Studienteilnahme abbrachen, 1 Proband die MRT-Sitzung B wegen Unwohlsein abbrach, 1 MRT-Sitzung aufgrund technischer Probleme nicht beendet werden konnte, 1 Datensatz durch zu starke Bewegungsartefakte unnutzbar wurde und 1 Proband wegen grober neuroanatomischer Auffälligkeiten ausgeschlossen wurde. Die drei Studiengruppen unterscheiden sich nicht hinsichtlich der Geschlechterverteilung ( $\chi^2 = 0,452$ ; df = 2; p = 0,798), den summierten Bildungsjahren (Median 16,75 Jahre; Median-test  $\chi^2 = 1,103$ ; df = 2; p = 0,576) und dem Anteil von Rechtshändern ( $\chi^2 = 2,039$ ; N = 67, df = 2; p = 0,361). Es fehlten von 12 Probanden die Angabe zur Händigkeit.

Die Kontrollgruppe ist mit durchschnittlichen 30,7 Jahren nicht signifikant älter als die Teilnehmer in den Trainingsgruppen (Mittelwert GTA 27,0; Mittelwert SIMS 26,5 Jahre). Für die statistische Prüfung des Altersunterschiedes wurde der Kruskal-Wallis-Test ( $\chi^2 = 3,946$ ; df = 2, p = 0,139) herangezogen, da keine Varianzhomogenität und keine Normalverteilung der Residuen vorlag. Die genauen demografischen Angaben sind in Tabelle 1 ausgewiesen.

## 4.2 Bildgebung

### 4.2.1 Protokoll der T1-MPRAGES

Die strukturellen T1-gewichteten Magnetresonanztomografien wurden an einem Siemens Tim Trio 3 Tesla Kernspintomographen (Erlangen, Germany) gemessen. Eine betriebstypische 8-Kanal-Kopfspule wurde für alle 3D MPRAGE (Magnetization Prepared Rapid Gradient Echo)-Messungen verwendet, welchen folgende Parameter übergeben wurden: TR = 2500ms, TE = 4,7ms, TI = 1100ms, Drehwinkel =  $7^\circ$ , Bandbreite = 140 Hz/pixel, Matrix  $256 \times 256 \times 256$  und  $1 \times 1 \times 1$ mm Voxelgröße. Die Sequenz zeichnet sich durch schnelle Pulse und  $180^\circ$  Drehungen des Magnetfeldes aus. Während der neuneinhalb-minütigen Messung wurden die

### 4.2.2 FreeSurfer-Analysen

Analysiert wurden die strukturellen Daten mit dem querschnittlichen und longitudinalen Standardprotokoll von FreeSurfer [50]. Die Schritte lassen sich grob in Vorverarbeitung, subkortikale Volumenextraktion, intraindividuelle Mittelung beider T1-Aufnahmen und Vergleich der einzelnen Messungen mit dem gemittelten Hirn unterteilen.

Die Vorverarbeitung der konvertierten Nifti-T1-Dateien [51] beinhaltete folgende Prozessierungen:

- Bewegungskorrektur und Mittelungen
- lineare und non-lineare Registrierung zum GCA Atlas ( $1\text{mm} \times 1\text{mm} \times 1\text{mm}$  Raum)
- Transformierung auf den Talairach Atlas
- wiederholte Intensitätsnormalisierung, welche durch Feldinhomogenitäten der MRT-Kopfspulen entstehen (Ausgabe: norm.mgz)
- Trennung des Hirngewebe von Meningen und Kalotte; Trennung der kortikalen von der subkortikalen Masse; Trennung der grauen von der weißen Substanz
- subkortikale Segmentierung und Volumenberechnung
- Inflation der Kortexschicht, welche in kleinste geometrische Einheiten unterteilt wurde, zu einem Kugelmodell

- Lineare und non-lineare Registrierung auf das Kugelmodell eines Standardhirns (fsaverage) mit einer Glättung von Signalartefakten (smoothing, mit einer Halbwertsbreite bzw. Full Width Half Maximum von 10)

Die subkortikalen Volumenwerte wurden durch das intrakranielle Gesamtvolumen dividiert, um Verarbeitungsfehler, z.B. bei der Erkennung und Segmentierung der Hirngewebe, zu reduzieren.

Die intraindividuelle Mittelung reduziert die Variabilität und erhöht die Reliabilität der Ergebnisse [50]. Es wurden gemeinsame Voxel in den “brainmask.mgz”-Dateien der Zeitpunkte A und B erkannt und gemittelt (mittels des Medians, “norm\_template.mg”). Es erfolgte eine geringgradigere Registrierung, da nur im Rahmen von Rotation und Translation größere räumliche Differenzen anzunehmen waren. Analog zur Vorverarbeitung wurde das gemittelte Hirn verarbeitet. Abschließend wurden die Original A und B T1-Dateien wiederum vorverarbeitet und auf die Datei “norm\_template.mgz” referenziert. Herangezogen wurde zur Mittelung wieder der Median. Es erfolgte keine Mittelung über andere Probanden. Das finale Maß war die kortikale Volumenänderung pro Tag relativ zum mittleren Volumens jedes Probanden (symmetrized percent change, SPC).

$$SPC = \frac{\left( \frac{\text{Volumen B} - \text{Volumen A}}{\text{Tage}} \right)}{\text{mittleres Volumen (A, B)}}$$

Kontrastiert wurden alle drei Gruppen ohne Kovariaten in einem F-Test anhand der auf das Standardhirn “fsaverage” registrierten prozentualen Volumenänderung pro Tag. Die verschiedenen Cluster wurden mit Hilfe einer Monte Carlo Simulation [52] mit 10.000 Iterationen auf dem Signifikanzniveau 0,05 für multiples Testen korrigiert. Die individuellen gemittelten SPC Werte in den so ermittelten Clustern wurden für die weiteren statistischen Analysen in SPSS verwendet (siehe Abschnitt “Statistik”).

Zusammenfassend wurden für die subkortikalen Strukturen Volumenwerte der zwei Messungen ausgelesen und am intrakraniellen Volumen relativiert, währenddessen die kortikalen Analysen Volumenänderungswerte auf die zwischen A und B vergangene Zeit berechneten. Die subkortikalen Volumenwerte einzelner Zielregionen wurden ausgelesen und erst in SPSS analysiert, wohingegen die kortikalen Volumenänderungen in Clustern durch voxelbasierte Analysen der gesamten Kortexfläche als relevant erkannt wurden.

## **4.3 Fragebogen und behaviorale Maße**

### **4.3.1 Dispositional Flow Scale (DFS-2)**

Die Teilnehmer sollten sich nicht im Flow beim Videospiele Spielen unterscheiden, da unterschiedliche Trainingseffekte in Abhängigkeit vom Flow, z.B. für Wahrnehmung von Gewalt, Ziel- anstatt Aktionspermanenz und Aggressionsbildung, erwartet werden könnten [53].

Flow bedeutet im Rahmen dieser Studie "Videospieldrausch", wobei der Teilnehmer hoch fokussiert spielen kann, kaum ablenkbar ist und im Spielgeschehen aufgeht [54]. Ein gängiger Fragebogen ist diesbezüglich die revidierte Dispositional Flow Scale (DFS-2) von Jackson et al. [55]. Die DFS-2 wurde für Anwendungen in der Sportpsychologie entwickelt und fand bereits häufiger in Videospieldstudien Anwendung [53,56]. Es sind 36 Fragen zum Flow-Erlebnis zusammengestellt, welche auf 9 Faktoren zurückgehen: Balance, Fusionierung, Ziele, Feedback, Konzentration, Kontrolle, Bewusstsein, Zeit und Autotelie [55]. Die Zustimmung der Teilnehmer zu den Flow-Aussagen wird auf einer 5-Punkte-Likert-Skala erfasst, die den Bereich von "Trifft gar nicht zu" bis "Trifft vollkommen zu" aufspannen. Alle 36 Fragen werden aufsummiert. Es wird hier der Summenwert aller Fragen betrachtet, um die Ähnlichkeit der Trainingsgruppen zu Beginn und nach dem Videospieldtraining (GTA, SIMS) zu erfassen.

### **4.3.2 Videoclips (FZV)**

Die Teilnehmer sahen nach der T1-Messung wiederholt für ca. 9 Minuten 10 eigens produzierte Videos im MRT Scanner, welche Schmerzempathie operationalisieren sollen.

Die Clips zeigen Verletzungen durch eine reale Person (im Unterarmfokus) an einer nachgebildeten Kunsthand. Es wird zunächst der verletzende Gegenstand vorgestellt und dann die Verletzung mit realistischen Konsequenzen wie Bewegung der Hand, Rötung und lokaler Blutung gezeigt. Die stumpfen Verletzungen wurden verursacht durch: eine Zange, einen Hammer, Sandpapier, ein Bügeleisen. Offene Verletzungen wurden verursacht durch: eine Bohrmaschine, einen Nagel, eine Zange zur Fingernagelextraktion, ein Küchenmesser, ein scharfkantiges Papier, ein Papierklammerer. Abbildung 1. zeigt Bildschirmfotos des Bohrmaschinen- und des Bügeleisenclips.

Nach Ende des MRT-Messprotokolls wurden die Teilnehmer gebeten, einen Fragebogen (Fragebogen zu den Videosequenzen, FZV) auszufüllen, in welchem sie angeben sollten, wie sehr sie sich bei der ersten Präsentation der Videos emotional beansprucht gefühlt hatten. Die 9-Punkte-Likert-Antwortskala spannte den Bereich zwischen "überhaupt nicht" und "äußerst stark" und

**Abbildung 1:** Videoausschnitte der Verletzungen durch ein Bügeleisen und durch eine Bohrmaschine



wurde als Mittelwert weiter analysiert.

#### 4.3.3 Balloon Analogue Risk Task (BART)

Die Balloon Analogue Risk Task (BART) wird zur Erfassung von Risikoverhalten verwendet und wird moderiert durch Impulsivität, Sensationshungrigkeit und Verhaltenskontrolle. Lejuez et al. [57] prüften die externe Validität der BART anhand von Substanzmittelmissbrauch und Einstellungen zu Glücksspielen. Eine Test-Retest-Reliabilität von  $r = 0,77$  für die adjustierte Aufpuste-Klick-Anzahl über 14 Tage wurde durch White und Kollege ermittelt [58, 59].

Den Teilnehmern werden sukzessive 30 Luftballons präsentiert, welche sie durch Mausklicks um jeweils  $1^\circ$  aufpumpen können. Jeder Klick wird mit 1 Cent honoriert, sodass sich der Gesamtgewinn jedes Ballons proportional zur gewagten Klickzahl verhält. Die Ballons können nach Mausklick Nummer 1 bis maximal nach 128 Klicks explodieren. Die Wahrscheinlichkeit des Misserfolgs verhält sich konkav zur Anzahl der Klicks; im Beispiel  $\frac{1}{128}, \frac{1}{127}, \frac{1}{126}, \dots$ . Explodiert ein Ballon, verliert der Teilnehmer alle temporären Gewinne des gespielten Ballons.

Für die statistischen Analysen wurden die durchschnittliche Anzahl der Aufpump-Klicks der nicht explodierten, sondern eingesammelten Ballons verwendet [57, 58]. Andere Parameter werden zur Beschreibung des Spielverhaltens berichtet, aber aufgrund fehlender teststatistischer Kennwerte nicht für die Korrelationen zu hirnmorphologischen Korrelationen verwendet. Die Entscheidungsfindung wurde von Rao et al. [35] in einer funktionellen MRT Untersuchung während des Spiels im dorsolateralen Präfrontalkortex (DLPFC) lokalisiert. Daneben waren je nach Explosion oder Bestehen des Ballons das Striatum, die anteriore Insula, der DLPFC und das anteriore Cingulum

beteiligt.

## 4.4 Statistik

Die statistischen Analysen wurden in SPSS 21.0.0.1 durchgeführt. Die Häufigkeiten von Geschlecht und Händigkeit wurden mit dem  $\chi^2$ -Test auf Verteilungsunterschiede geprüft. Der Levene-Test und der Shapiro-Wilk-Test (SW) wurden zur Prüfung der Varianzhomogenität bzw. der Normalverteilung herangezogen. Wurde eins der beiden Kriterien für parametrische Tests nicht erfüllt, wurden folgende Tests verwendet:

- Mann-Whitney-Test (MW) für 2 unabhängige Messreihen (z.B. für den Gruppenvergleich der Playstationstunden)
- Wilcoxon-Text für 2 verbundene Messreihen (z.B. Mittelwertvergleich A und B innerhalb einer Gruppe)
- Kruskal-Wallis-Test (KW) Varianzanalyse (z.B. Vergleich von Differenzen in A und B einer Messvariable (BdiffA), um Interaktionseffekte zu ermitteln).

Als parametrische Tests dienten

- verbundene und unverbundene t-Tests
- univariate Varianzanalysen (ANOVA).

Waren die Voraussetzungen für einen parametrischen Test nicht erfüllt und sollte ein Interaktionseffekt Zeit (Messung A zu Messung B)  $\times$  Gruppe (GTA, SIMS, NON) analysiert werden, wurden die Messwertpaare voneinander subtrahiert (BdiffA) und weiter mit einfachen Varianzanalysen betrachtet (ANOVA oder KW). Die kortikalen Volumenveränderungen des T1-Scan bilden bereits einen Interaktionseffekt ab, da die aus dem longitudinal-Protokoll von FreeSurfer gewonnenen Daten eine Veränderung über die Zeit beschreiben.

Gruppenüberspannende Korrelationen mit dem Alter wurden mit Spearman's Rho ( $\rho$ ) und Korrelation mit dem Geschlecht in Punkt-biseralen Korrelationsanalysen ( $r_{PB}$ ) festgestellt. Bei relevantem Einfluss wurden Alter oder Geschlecht aus der Zielvariable auspartialisiert, um bivariate Korrelationen (nach Spearman oder Pearson) innerhalb der drei Gruppen zu bestimmen und zu vergleichen. Die Korrelationsänderung der hirneigenen und kognitiven Variablen zum Zeitpunkt A wurden jenen zum Zeitpunkt B gegenüber gestellt und mittels des Fisher's - Z - Test auf

Signifikanz untersucht. Es wurde für sämtliche Analysen ein zweiseitiges  $\alpha$ -Fehler-Niveau von  $p = 0,05$  angesetzt.

## 5 Ergebnisse

Im Ergebnissteil soll eine Abbildung der verschiedenen Parameter in isolierter und dann in kombinierter Art, in Form von Korrelationen, erfolgen. In den drei Studiengruppen unterschieden sich die Variablen und Differenzmaße nicht in ihren Varianzen; festgestellt durch den Levene-Test.

### 5.1 Bildgebung

#### 5.1.1 Kortikale Ergebnisse

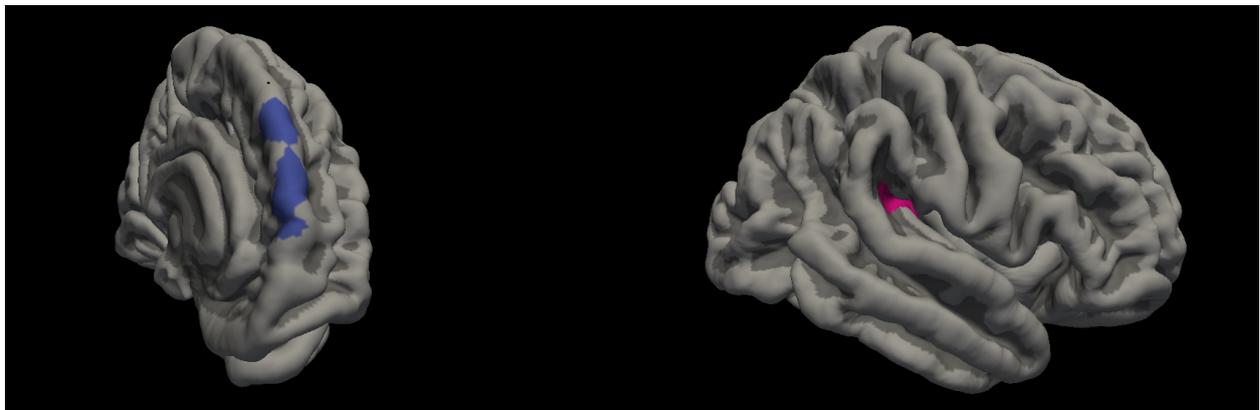
Der Gruppenvergleich in der prozentualen Volumenänderung pro Tag zwischen der Messung A und B ergaben nach Monte Carlo Korrektur zwei signifikante Cluster. Das Areal des linken Präfrontalkortex (SPC-LF, Koordinaten des Montreal Neurological Institute(MNI) X/Y/Z: 33,5/-24,7/20,2) und der Cluster in der rechten Insula (SPC-RI, MNI X/Y/Z: -7/50/39,1) sind in der Tabelle 2 beschrieben. Der Desikan-Killany Atlas wurde zur anatomischen Benennung herangezogen [60]. Die Abbildung 2 zeigt das fsaverage Standardhirn mit den Clustern. Es wurden keine weiteren Cluster gefunden.

**Tabelle 2:** Cluster mit signifikanten kortikalen Volumenänderungen zwischen den Gruppen (Interaktion Zeit X Gruppe)

<u>Lokalisation</u>	<u>Max</u> <sup>1</sup>	<u>Size</u> (mm <sup>2</sup> )	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>	Z <sup>2</sup>	p
Insula (R)	42230	415.05	33.5	-24.7	20.2	0.00798
Superiorfrontal (L)	77133	325.23	-7	50	39.1	0.03823

<sup>1</sup> Vertexnummer des Maximum.  
<sup>2</sup> Koordinaten des Montreal Neurological Institute.

**Abbildung 2:** Darstellung der Cluster signifikanter kortikaler Volumenveränderungen im Gruppenvergleich; Monte Carlo korrigiert auf einem Signifikanzniveau von  $p = 0,01$

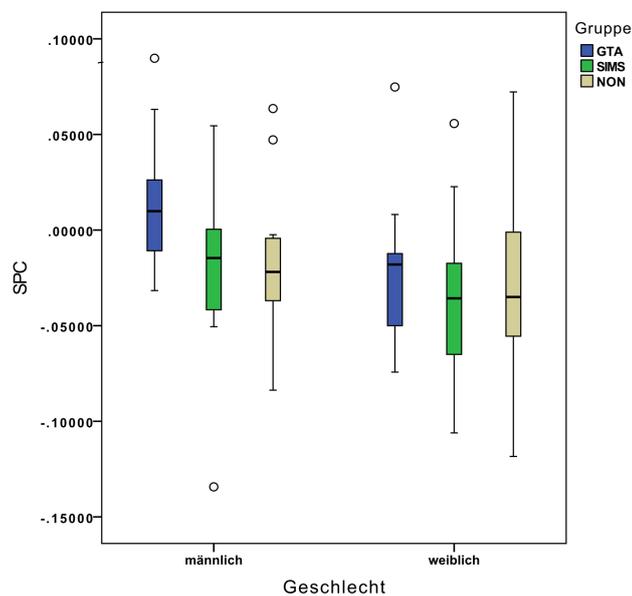


In den SPSS-Analysen der Cluster wurden keine Gruppenunterschiede in SPC-RH und SPC-LF gefunden (SPC-RI  $F(2, 76) = 2,0$ ;  $p = 0,14$ ; SPC-LF  $F(2, 76) = 1,14$ ;  $p = 0,32$ ).

Höhere Volumenveränderungen im SPC-RI waren mit dem männlichen Geschlecht assoziiert, während geringere mit dem weiblichen Geschlecht korrelierten ( $r(79) = -0,26$ ,  $p = 0,02$ ).

Auf Grund des festgestellten Geschlechterzusammenhangs wurden die Mittelwerteunterschiede für die Geschlechter getrennt betrachtet. Für die Frauen können keine Unterschiede in SPC-LF und SPC-RI berichtet werden. In SPC-RI unterschieden sich die männlichen Teilnehmer ( $F(2, 37) = 3,17$ ;  $p = 0,05$ ) zwischen den Gruppen. Die Männer der Trainingsgruppe GTA ( $M = 0,015$ ;  $SD = 0,03$ ) zeigten tendenziell höhere Volumenveränderungen im Vergleich zur Kontrollgruppe ( $M = -0,02$ ;  $SD = 0,04$ ; Post-Hoc Test nach Gabriel  $p = 0,08$ ). Das Boxplot in Abbildung 3 zeigt die Werteunterschiede.

**Abbildung 3:** Box-Plot der mittleren Volumenveränderungen der rechten Insula im Gruppenvergleich nach Geschlecht; Männer  $F(2, 37) = 3,17$ ;  $p = 0,05$ ; SPC = mittlere Volumenveränderung in der rechten Insula



### 5.1.2 Subkortikale Ergebnisse

Die extrahierten subkortikalen Volumenwerte des linken Accumbensareals, nicht aber des rechten Accumbensareals, entwickelten sich zwischen den Gruppen anders von Messzeitpunkt A zu Zeitpunkt B. Weitere subkortikale Volumina unterschieden sich nicht zwischen den Gruppen.

Zu Messzeitpunkt A und B differierten die Gruppen nicht, jedoch war die Interaktion Zeit X Gruppe signifikant ( $F(2, 76) = 4,44$ ;  $p = 0,01$ ). In Post-Hoc Tests nach Gabriel zeigten sich in der SIMS Gruppe höhere Zuwächse zwischen Messung A und B als bei den Kontrollprobanden ( $p = 0,02$ ), jedoch nur tendenziell im Vergleich zu GTA ( $p = 0,053$ ). Abbildung 4 zeigt die verschiedenen Entwicklungen.

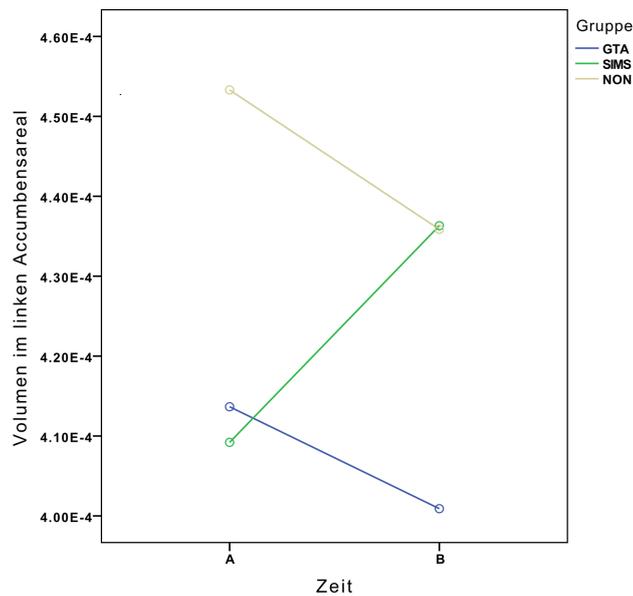
## 5.2 Fragebogen und behaviorale Maße

### 5.2.1 Dispositional Flow Scale (DFS-2)

Der DFS-2 sollte erfassen, ob die Studiengruppen bei Studienstart ähnlich sind und ob die Trainingsgruppen mehr Flow berichten.

Zu Studienbeginn unterschieden sich die Trainingsgruppen und die Kontrollgruppe nicht hinsichtlich ihres Flows, jedoch wiesen die Gruppen nach der Trainingszeit signifikant verschiedene

**Abbildung 4:** Liniendiagramm der mittleren Accumbensvolumina zu Zeitpunkt A und B im Gruppenvergleich;  $F(2, 76) = 4,44$ ;  $p = 0,01$ ;



Werte auf  $(H(2) = 6,64$ ;  $p = 0,04$ ; mittlere Ränge GTA 35,5; SIMS 40,2; NON 24,8). SIMS gaben signifikant mehr Flow an als NON-Probanden (MW  $U = 111,5$ ;  $p = 0,01$ ).

Der Flow-Zuwachs bei SIMS von Zeitpunkt A zu B war signifikant ( $t(14) = -4,26$ ;  $p = 0,001$ ). Im Gruppenvergleich stach weiterhin der Zuwachs von SIMS ( $M = 0,43$ ;  $SD = 0,39$ ) heraus, jedoch war er nur im Vergleich zu NON ( $M = -0,16$ ;  $SD = 0,45$ ,  $F(2, 43) = 5,89$ ;  $p = 0,005$ ; Post Hoc nach Gabriel  $p = 0,006$ ). Abbildung 5 zeigt die Mittelwertunterschiede. Anmerkung: Zu Testsituation A fehlten Datensätzen des DFS-2, da Videospieldenken keine Angaben machen konnten.

Es wurden keine signifikanten Korrelationen mit dem Alter oder Geschlecht gefunden.

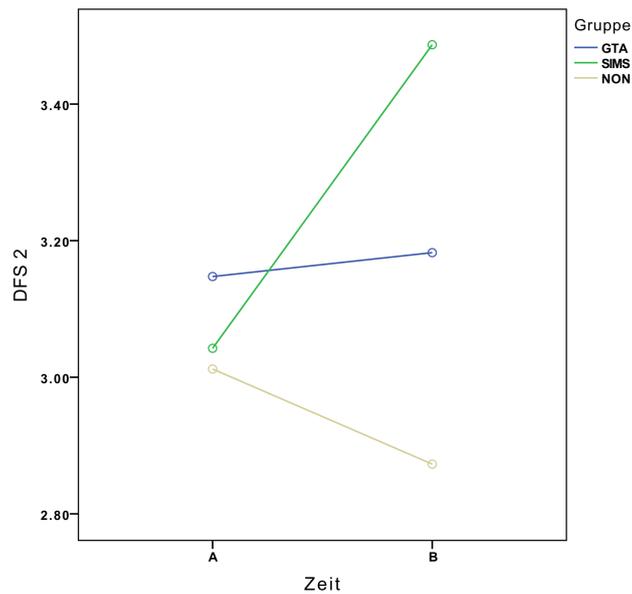
### 5.2.2 Fragebogen zu den Videos (FZV)

Die Werte sind in A und B normalverteilt und korrelieren zu  $r_{PB}(76) = 0,27$  ( $p = 0,02$ ) mit dem weiblichen Geschlecht.

Zu Zeitpunkt A und B gab es keine signifikanten Gruppenunterschiede.

Betrachtet man nur die männlichen Teilnehmer, bestanden beim Posttest Gruppenunterschiede auf einem Signifikanzniveau von  $p = 0,08$  ( $F(2, 36) = 2,71$ ;  $p = 0,08$ ). Im Post-Hoc Test mit Korrektur nach Gabriel war das berichtete emotionale Ansprechen der GTA Männer ( $M = 3,93$ ;  $SD = 1,68$ ) auf die Filmausschnitte tendenziell geringer als die Betroffenheit der männlichen

**Abbildung 5:** Liniendiagramm der mittleren Werte in der DFS-2 zu Zeitpunkt A und B im Gruppenvergleich;  $F(2, 43) = 5,89$ ;  $p = 0,005$ ; DFS = Dispositional Flow Scale 2



Kontrollprobanden ( $M = 5,53$ ;  $SD = 1,63$ ;  $p = 0,08$ , siehe Abbildung 6). Währenddessen gab es keine Gruppenunterschiede zwischen den weiblichen Teilnehmern.

Die Interaktion Gruppe  $\times$  Zeit ist nur mit einer Tendenz von  $p=0,077$  zu beachten ( $F(2, 70) = 2,654$ ;  $p = 0,77$ ).

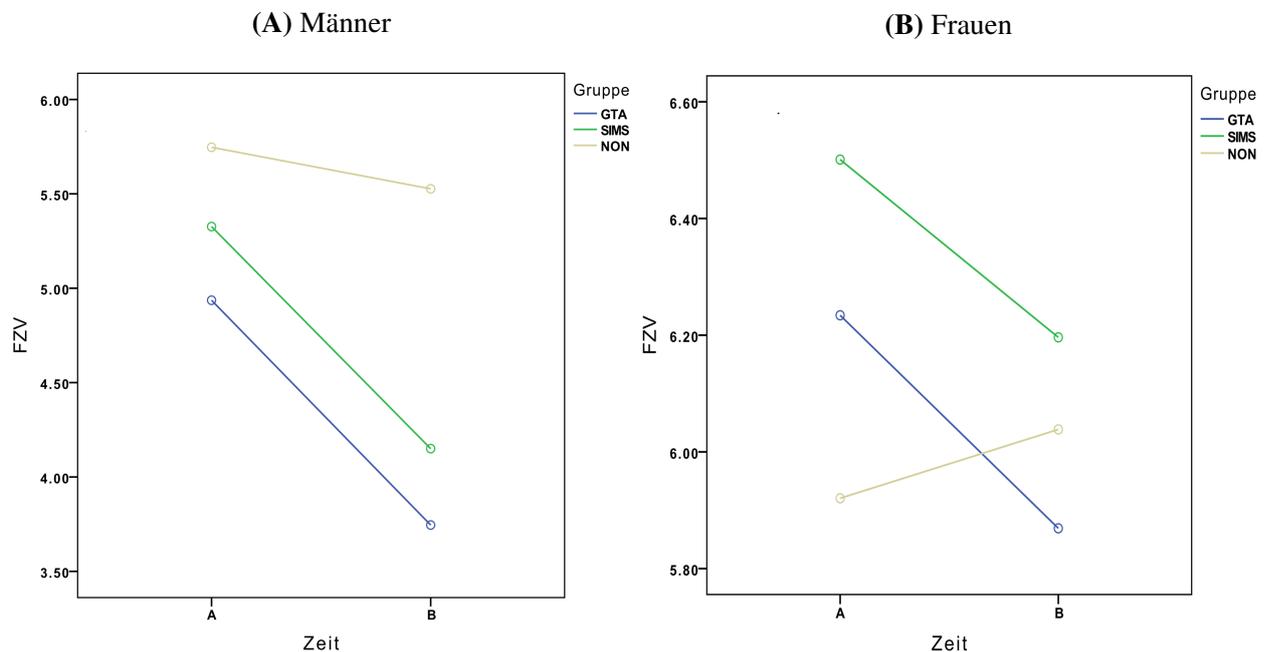
### 5.2.3 Balloon Analogue Risk Task (BART)

Zum Zeitpunkt A galt der Zusammenhang: je jünger die Teilnehmer, desto mehr Ballons explodierten während des Spiels ( $\rho = -0,29$ ;  $p = 0,007$ ).

Es konnten keine signifikanten Gruppenunterschiede zu Zeitpunkt A oder B festgestellt werden. Alle Gruppen pumpten zwischen A und B den Ballon signifikant häufiger auf. Die Kontrollprobanden pumpten zwar die Ballons durchschnittlich häufiger auf, jedoch konnten sie die eingegangenen Risiken nicht wie GTA und SIMS in Gewinne umsetzen. Die deskriptiven Angaben und T-Testwerte der adjustierten Aufpump-Klicks sind in Tabelle 3 aufgeführt.

Es lag kein Interaktionseffekt zwischen der Gruppenzugehörigkeit und den Messblöcken vor.

**Abbildung 6:** Liniendiagramm der mittleren emotionalen Beanspruchung der Szenen verletzender Handlungen nach Geschlecht; Männer  $F(2, 36) = 2,71; p = 0,08$ ; \* T-Test  $p = 0,08$  FZV = Fragebogen zu den Videos



### 5.3 Korrelationen mit der Bildgebung

Aufgrund der Punktbiserialen Korrelation des Geschlechts mit der Volumenänderung in der rechten Insula (SPC-RI  $r_{PB}(79) = -0,26, p = 0,02$ ) und im linken Accumbensareal ( $r_{PB}(79) = 0,36; p = 0,001$ ) wurde der Einfluss des Geschlechts aus den beiden kortikalen Änderungsmaßen (BdiffA) auspartialisiert und mit den so erhaltenen Residuen fortgefahren. Identisch wurde mit dem FZV verfahren. Im Folgenden kann vom ausschließlichen Residualcharakter der Variablen ausgegangen werden.

**Tabelle 3:** Durchschnittliche Aufpump-Klickanzahl in der Balloon Analogue Risk Task (BART)

	<u>A</u>			<u>B</u>		
	N	Mittel	SD	N	Mittel	SD
GTA <sup>1</sup>	26	31,24	13,75	25	39,49	10,86
SIMS <sup>2a</sup>	24	38,2	13,5	24	44,46	14,18
NON <sup>3a</sup>	28	36,24	13,55	27	41,27	14,20

<sup>1</sup>  $t(24) = -4,40; p < 0,001$ . <sup>2</sup> Wilcoxon:  $Z = -2,29; p = 0,02$ . <sup>3</sup>  $t(26) = -2,20; p = 0,04$ .

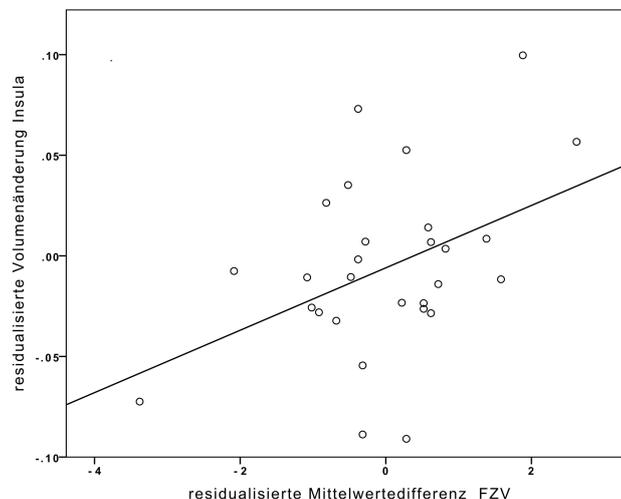
Mittel = Mittelwert, SD = Standardabweichung

### 5.3.1 Kortikal: rechts-posteriore Insula und links superiorer Gyrus

Die Volumenänderung im linken Frontalkortex (SPC-LF) korrelierte nicht signifikant mit dem BART.

Die Gruppen unterschieden sich hinsichtlich des Zusammenhangs der insulären Volumenänderung und Empathie. Eine Zunahme der Schmerzempathie, erfasst durch die emotionale Beanspruchung in den Videosequenzen (FZV), war assoziiert mit einer Volumenzunahme in der rechten Insula (SPC-RI) in der Kontrollgruppe ( $r_p(28) = 0,42$ ;  $p = 0,03$ , Abbildung 7). Für die Trainingsgruppen können hingegen keine signifikanten Zusammenhänge zwischen der Volumenänderung der rechten Insula und der Reduktion der FZV-Werte berichtet werden. Die Korrelation der SIMS-Gruppe ( $r_p(20) = -0,07$ ;  $p = 0,79$ ) war signifikant niedriger als die in der Kontrollgruppe (Fisher-Test  $z = 1,64$ ;  $p = 0,05$ ).

**Abbildung 7:** Streudiagramm der SPC-RI in Abhängigkeit von FZV der Kontrollgruppe;  $r_p(28) = 0,42$ ;  $p = 0,03$ ; SPC-RI und FZV sind bereinigt um den Einfluss des Geschlechts; SPC-RI = anteilige Volumenänderung der rechten Insula; FZV = Fragebogen zu den Videos



### 5.3.2 Subkortikal: Accumbensareal

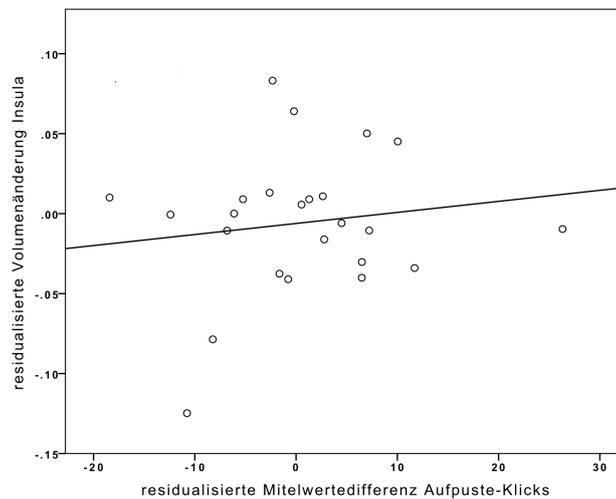
Im Accumbensareal waren zwei Korrelationen zu BART-Scores signifikant.

In der Gesamtstichprobe war eine Zunahme im Accumbensvolumen (A zu B) assoziiert mit einer Zunahme der Aufpuste-Klicks in der BART ( $r_p(76) = 0,28$ ;  $p = 0,02$ ). Dieser Zusammenhang wird durch die in SIMS signifikante Korrelation von  $r_p(24) = 0,47$  ( $p = 0,02$ ), siehe

Abbildung 8) der Differenz der Aufpuste-Klicks und der accumbalen Volumenveränderung gefördert, siehe Abbildung 8). Diese Korrelation ist von den Korrelationen in NON und GTA nicht signifikant verschieden (Fisher's Z-Test  $z = -1,64$ ;  $p = 0,05$ ).

Sowohl GTA als auch die Kontrollen zeigten keine signifikanten Zusammenhänge zwischen der Änderung der Klicks und der des Accumbensvolumens.

**Abbildung 8:** Streudiagramm der Volumendifferenz des Accumbens in Abhängigkeit von der BART der SIMS-Spieler; Aufpusteklicks  $r(24) = 0,47$ ;  $p = 0,02$ ; Accumbensvolumendifferenz ist bereinigt um die Varianz des Geschlechts; BART = Balloon Analogue Risk Task;



## 6 Diskussion

Anhand der genannten Hypothesen soll eine Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse erfolgen.

### 6.1 Risikoverhalten

**Spieler von Action-Videospielen sind nach der zweimonatigen Spielzeit risikobereiter als Spieler von Simulationsspielen und als Nichtspieler** Die GTA-Spieler zeigten tatsächlich am Ende der Untersuchungen verglichen zum ersten Messzeitpunkt ein risikoreicheres Verhalten, jedoch war dieses Muster auch bei SIMS und NON zu beobachten. Es gab keinen Interaktionseffekt zwischen Gruppe und Zeit, der die GTA-Spieler von der aktiven und der passiven Kontrollgruppe abheben würde.

Der Zuwachs wird daher als ein plausibler Effekt der Messwiederholung angesehen: Beim ersten Messzeitpunkt konnten die Explosionswahrscheinlichkeiten bereits ausgelotet werden, sodass die Spieler bei Messung B nur ein relativ risikoreicheres Verhalten zeigten, da auch ein Erfolg bei höheren Aufpuste-Klicks erwartet werden konnte.

Bei White et al. [58] war der Messreihenunterschied über einen kürzeren Zeitraum von 14 Tagen nicht signifikant.

Der qualitative Sprung im Risikoverhalten zwischen Vielspielern ohne und Vielspielern mit pathologischen Symptomen konnte hier nicht nachvollzogen werden [23]. Dieser war derart, dass Vielspieler mit Symptomen pathologischen Spielens, keine Verhaltenskorrektur der nicht erfolgreichen Spielstrategie taten. Bei der hier vorliegenden Studie wurde kein pathologisches Spielen erreicht, da die wöchentliche Spielzeit von 3,5 – 4 h nicht überschritten wurde.

Risikoärmeres Verhalten konnte von Lauriola et al. [61] mit höheren Neurotizismuswerten assoziiert werden, wohingegen Offenheit als Persönlichkeitsdimension in einem positiven Zusammenhang mit Risikoverhalten steht. Es ist daher anzunehmen, dass die progressivere Spielart aller Studiengruppen in der BART durch die Spielerfahrung und Risikosondierung bei Zeitpunkt A begünstigt wurde.

**Der Anstieg des Risikoverhaltens spiegelt sich in Volumenänderungen des Frontalkortex und des Striatums wider** Zum linken superioren frontalen Gyrus können in der vorliegenden Studie keine signifikanten Ergebnisse berichtet werden. Ausschließlich SIMS-Spieler zeigten eine bedeutsame Assoziation der Zunahme der adjustierten Aufpump-Klicks mit dem Volumen des Ac-

cumbensareals, jedoch unterschieden sich diese nicht signifikant im Gruppenvergleich von den Korrelationen in GTA und in der Kontrollgruppe.

Der Pool vorliegender Literatur beschreibt die Rolle des Striatums und des striatalen Dopaminsystems für Belohnungsreize und Suchterkrankungen. Der Artikel von Weinstein et al. [62] gibt einen aktuellen Überblick über Erkenntnisse der Bildgebung.

Erickson et al. [63] konnten beweisen, dass das striatale Basisvolumen den Effekt einer räumlich-visuellen Intervention moderiert. Kühn et al [37] fanden höhere ventro-striatale Volumina bei Vielspielern verglichen mit Wenigspielern. Vor dem Hintergrund der Studienergebnisse von Erickson [63] interpretieren Kühn et al. die Korrelation dahingehend, dass Personen, die höhere striatale Volumina haben, auch eher Videospiele spielen, weil diese als positive Reize erlebt werden. In der vorliegenden Studie bestanden keine Gruppenunterschiede bei Messzeitpunkt A im Accumbensvolumen, da die Probanden als Videospielnovizen mit der Annahme nicht konstitutioneller Unterschiede aufgrund von Videospielderfahrung rekrutiert wurden.

In einer fMRT-Studie von Rao et al. [35] wurde der Kontrast der Rolle des Spielers und der Rolle des Zuschauers bei der Bearbeitung der BART erfasst. Mesolimbische und frontale Areale, darunter das Striatum und die Insula, waren nicht in der passiven Zuschauerbedingung aktiv, weshalb die Autoren diesen Arealen "Agency" (Handlungswirksamkeit) zuweisen. Der rechte DLPFC war in Entscheidungssituationen aktiviert. Die "Agency"-Eigenschaften würden theoretisch in beiden Videospielkonzepten Entsprechungen finden. Jedoch kann unter Berücksichtigung motivationeller Einflüsse (wie dem Flow Konzept) die Wirksamkeitskomponente v.a. bei GTA nicht sicher angenommen werden, da das Bedienen des Spiels zunächst schwer erscheint.

Es werden in der Literatur folgende Areale für Craving besprochen: DLPFC, anteriores Cingulum, inferiorer Parietalkortex [64]. Matsuda et al. fanden bei infrarot-Spektroskopie-Untersuchungen ein reduziertes oxyHB-Signal (oxygeniertes Hämoglobin) bei Schulkindern wie auch bei Erwachsenen [65] auf gewalthaltige Darstellungen. Unter Verwendung von Tract-Based-Spatial-Statistic [66] zur Verarbeitung von Diffusionsaufnahmen wurde global eine reduzierte fraktionelle Anisotropie festgestellt.

Studien zu den biologischen Grundlagen der Dopaminsystemänderung zufolge waren bei exzessiven Videospielern das Taq1A1-Allel des Dopaminrezeptors D2 und ein Einzelnukleotid-Polymorphismus im Gen der Catechol-O-Methyltransferase (COMT), mit der Konsequenz einer Aminosäureänderung von Val zu Met, häufiger beobachtbar. Das Taq1A1-Allel korrelierte mit hö-

herer Belohnungsabhängigkeit [62,67]. Eine weitere Grundlage stellt der nicotinerge Acetylcholin Rezeptor da, der bei der Aktivierung durch Acetylcholin aus den striatalen Interneuronen präsynaptisch die Dopaminausschüttung moduliert bzw. bewirkt [68]. Bei einer Auswahl dieser Flexibilität bzw. Desensibilisierung können keine hohen Dopaminpeaks erreicht werden, welche jedoch den Belohnungswert bei Verhaltensabhängigkeiten ausmachen.

Eine fMRT-Studie maß Flow beim Spielen eines Action-Spiels und fand folgende Flow-kongruente Areale: Motorkortex, Thalamus und Paleocerebellum [69]. Die hier untersuchten SIMS-Teilnehmer gaben signifikant mehr Flow-Erleben (DFS-2) nach der Trainingszeit an. Flow bezeichnet das völlig Aufgehen in einer Aufgabe, hohe Konzentration und Nichtablenkbarkeit. Flow könnte bei den SIMS Probanden daher ein Moderator für die Wirkung des Videospieles auf den Accumbens gewesen sein. GTA-Probanden gaben nach zweimonatigem Spielen keine signifikant größeren Werte an, sodass sie keine Belohnung beim Spielen empfunden haben.

### **Spieler von Action-Videospielen geben nach der zweimonatigen Spielzeit weniger Schmerzempathie an als Spieler von Simulationsspielen und als Nichtspieler**

Die Hypothese kann angenommen werden, da die GTA-Spieler signifikant weniger Schmerzempathie beim Fragebogen zu den Videos angaben. Dieses Ergebnis entspricht der mehrheitlichen Forschungsmeinung [24,47,70]. Auch die SIMS-Probanden waren weniger schmerzempathisch bei Zeitpunkt B, was hingegen primär nicht angenommen worden war. Von einem Gewöhnungseffekt kann hier nicht ausgegangen werden, da sich die Schmerzempathie der Kontrollprobanden nicht verändert hat. Der Grund für die Abnahme im FZV der SIMS-Probanden ist nicht bekannt.

### **Der Abfall der Schmerzempathie spiegelt sich im insulären Kortex und im mesolimbischen System wider**

Ausschließlich für die Kontrollgruppe ist der Zusammenhang von Volumenänderung in der rechten Insula und der angegebenen Schmerzempathie signifikant. Der Zusammenhang für die Trainingsgruppen war hingegen aufgehoben, womit die Hypothese verworfen werden muss. Eine wichtige Notiz ist, dass die anteriore und posteriore Insula verschiedene Funktionen der Schmerzwahrnehmung bedienen. Der hier berichtete Cluster befindet sich in der mittleren bis posterioren Insula (siehe Ergebnisse).

Singer et al. [33] haben eine fMRT-Studie zu Schmerzempathie bei Paaren durchgeführt. Methodisch ist so eine hohe Empathiemotivation gewährleistet. Sie unterscheidet die affektive Komponente und die somatische Schmerzkomponente. Letztere beansprucht die posteriore Insula, den somatosensorischen Kortex II, den sensorimotorischen Kortex und den kaudalen Teil des ante-

rioren, cingulären Kortex. Im Gegensatz dazu ist Schmerzempathie mit der anterioren Insula und dem rostralen Teil des anterioren Cingulum assoziiert. Beide Areale wurden jedoch nicht in der kortikalen Analyse gefunden.

Gentile et al. [43] verglichen zwei Spielergruppen, welche mit mindestens 10 wöchentlichen Spielstunden zu den Vielspielern zu zählen sind. Das im fMRT gespielte Shooter-Spiel verminderte die Aktivität im dorsomedialen und ventromedialen Präfrontalkortex und im anterioren Cingulum.

Es gibt eine Netzwerkannahme, die eine Verbindung zwischen der posterioren und anteriorer Insula annimmt [71]. Angenommen wird, dass somatosensorische Reize in die posteriore Insula projiziert werden und dann in der mittleren und anteriorer Insula mit mesolimbischen Inhalten integriert werden. Die Aktivierung der anterioren Insula entspricht subjektiven Körperwahrnehmungen [33].

Jackson et al. [41] konnten zeigen, dass die Schmerzempathie bei der Imagination der eigenen Person anstelle der abgebildeten Person stärker ausfällt. Bei GTA wird konsequent zwischen den Opfern und den Tätern unterschieden, wohingegen bei SIMS kurzweilige Kontakte mit allen Avataren typisch sind. Eine somatische Wahrnehmung kann in keiner der drei Gruppen die Volumenveränderung im mittleren bis posterioren Insulaareal begründen.

Durch kognitive Prozesse kann Schmerzempathie reguliert, was in einer Studie mit Chirurgen [72] und einer Studie mit Akupunkteuren [73] bewiesen wurde. Die Unterdrückung wird in beiden Studien durch den Präfrontalkortex moderiert.

**Allgemeine Diskussion** Die Selbstbestimmungs-Theorie beschäftigt sich mit Motivationen und Zufriedenheit des eigenen Verhaltens. Eine Überblickstudie von Przybylski [74] zeigte, dass Videospiele, die nach Autonomie und Zufriedenheit verlangen und während des Videospielens diese Bedürfnisse bedient werden, erleben Videospiele als genussvoller und werden wahrscheinlich wieder das Videospiel spielen. Auch psychologische Basisbedürfnisse des Spielers haben einen Einfluss auf das Spielerleben, den Genuss und die Spielzufriedenheit [75]: allgemein psychisch unzufriedene Spieler spielen aus dem Zwang heraus bestimmte psychologische Bedürfnisse zu befriedigen, als das ihnen das Spiel Freude bereiten würde. Die Studien legen nahe, dass eine Kontrolle der basalen psychischen Konstitution über den mini-SKID [49] hinaus, z.B. mit der “Need Satisfaction Scale” nach La Guardia [76] die Erfassung reiner Spieleffekte verbessert hätte.

In der vorliegenden Arbeit wurde versucht, ein möglichst ausgewogenes Verhältnis von Männern und Frauen zu rekrutieren. Lemmens [20] stellte kürzlich einen Geschlechtereffekt bei einer Umfrage in den Niederlanden (N = 2442) fest. Männer gaben summatorisch mehr Wochenspiel-

stunden an und spielten vor allem Shooter- bzw. Actionspiele, währenddessen Frauen Simulationsspiele und Puzzles präferierten. In einer Studie mit Viel- und Wenigspielern [74] wurde herausgefunden, dass gewalthaltige Spiele nicht per se, sondern nur für Spieler mit höherer Grundaggressivität attraktiv sind. Attraktiv sind jedoch personalisierte Avatare für Spieler. Rückwirkend fördert die leichtere Identifikation mit einem Avatar auch dessen Beeinflussung des Spielers [77–79]. Die neurofunktionelle Basis des Spielverlangens wurde bei Kontrolle der wöchentlichen Spielzeit im rechten, medialen Frontalkortex und im rechten parahippocampalen Gyrus gefunden [80].

Zum allgemeinen Einflusspotenzial von Videospiele soll neben der eventueller psychiatrischer Vorbelastungen und einem ansprechenden Design auch das Geschicklichkeits- und Erfahrungsniveau eines Spielers berücksichtigt werden. Decety [72] postuliert, dass Spieler mit besseren Spielfertigkeiten zielorientierter Vorgehen können und sich weniger stark z.B. in die gewaltvolle Eliminierung eines Spielgegners hineinversetzen.

## 7 Zusammenfassung

**Überblick** Die hier vorgestellte Studie erfasste in einem experimentellen Design den Einfluss von zwei Videospiele auf Risikoverhalten und Schmerzempathie von Nicht-Videospielern. Es wurden kortikale und subkortikale hirnstrukturelle Maße zwischen den Gruppen verglichen und mit kognitiv-behavioralen Maßen in Zusammenhang gesetzt.

**Intervention** Die Teilnehmer der Experimentalgruppen spielten täglich für 30 Minuten ein Videospiel. Es wurde das Simulationsspiel “Die Sims 4” oder das Action-Spiel “Grand Theft Auto V” gespielt. Die passive Kontrollgruppe hatte keine Intervention.

**Resultate** Hypothesenkonform verminderte sich die Schmerzempathie der Action-Spieler, wohingegen sich die Werte der SIMS-Gruppe nur marginal veränderten und die Werte der Kontrollgruppe unverändert blieben. Alle Gruppen bearbeiteten die Balloon Analogue Risk Task (BART, [57]) bei der zweiten Sitzung risikofreudiger als bei der ersten Sitzung. Es wird die Hypothese eines differentiellen Effekts des Action-Spiels auf Risikoverhalten abgelehnt. Es wurde eine links frontaler, ein rechts insuläre und ein accumbaler Volumenunterschied zwischen den Gruppen gefunden. Es wurde für die Sims-4-Probanden eine signifikante Korrelation der BART Werte und des Accumbensvolumens aufgedeckt. Außer für die Kontrollgruppe, waren die Korrelation der Trainingsgruppen zwischen Schmerzempathie und posterioren Insulavolumina nicht signifikant.

## Literatur

- [1] S. L. Smith, K. Lachlan, and R. Tamborini, "Popular video games: Quantifying the presentation of violence and its context," *J. Broadcast. Electron. Media*, vol. 47, no. 1, pp. 58–76, 2003.
- [2] F. für Jugend und Sozialarbeit e.V., "Computerspiele Museum history of video games." url: <http://timeline.computerspielemuseum.de/all/>. [Abgerufen am 11.06.2016].
- [3] I. MediaCT, "Essential facts about the computer and video game industry," 2016. Sales report, Demographic and Usage, 13.06.2016.
- [4] E. F. A. the Computer and V. G. Industry, "U.s. colleges and universities offering video game courses & degrees." <http://www.theesa.com/article/u-s-colleges-and-universities-offering-video-game-courses-degrees/>, 2015. [Abgerufen am 13.06.2016].
- [5] N. Game Bundesverband e.V., "Umsatzprognose für 2015: Stabiler markt mit trend zu smartphones und tablets." url: <http://game-bundesverband.de/umsatzprognose-fuer-2015-stabiler-markt-mit-trend-zu-smartphones-und-tablets/>. Der deutsche Gamesmarkt: Nach Platform und Marktsegment, 07.05.2015, [Abgerufen am 18.06.2016].
- [6] B. I. Unterhaltungssoftware. url: <http://www.industriekompass-games.de/>. [Abgerufen am 18.06.2016].
- [7] B. I. Unterhaltungssoftware. url: <http://www.ausbildungskompass-games.de/>. [Abgerufen am 18.06.2016].
- [8] I. MediaCT, "Gametrack digest: Quarter 4 2015," 2012. European Summary Report, 13.06.2016.
- [9] J. A. Anguera, J. Boccanfuso, J. L. Rintoul, O. Al-Hashimi, F. Faraji, J. Janowich, E. Kong, Y. Larraburo, C. Rolle, E. Johnston, *et al.*, "Video game training enhances cognitive control in older adults," *Nature*, vol. 501, no. 7465, pp. 97–101, 2013.
- [10] P. Maillot, A. Perrot, and A. Hartley, "Effects of interactive physical-activity video-game training on physical and cognitive function in older adults.," *Psychol. Aging*, vol. 27, no. 3, p. 589, 2012.

- [11] K.-W. Jäger and R. Weiniger, “Silver gaming-ein zukunfts-trächtiger baustein gegen altersbedingte isolation,” *Ambient Assisted Living-AAL*, 2010.
- [12] A. B. Fagundo, J. J. Santamaría, L. Forcano, C. Giner-Bartolomé, S. Jiménez-Murcia, I. Sánchez, R. Granero, M. Ben-Moussa, N. Magnenat-Thalmann, D. Konstantas, *et al.*, “Video game therapy for emotional regulation and impulsivity control in a series of treated cases with bulimia nervosa,” *Eur. Eat. Disord. Rev.*, vol. 21, no. 6, pp. 493–499, 2013.
- [13] S. Tárrega, L. Castro-Carreras, F. Fernández-Aranda, R. Granero, C. Giner-Bartolomé, N. Aymamí, M. Gómez-Peña, J. J. Santamaría, L. Forcano, T. Steward, *et al.*, “A serious videogame as an additional therapy tool for training emotional regulation and impulsivity control in severe gambling disorder,” *Front. Psychol.*, vol. 6, 2015.
- [14] D. Giannotti, G. Patrizi, G. Di Rocco, A. R. Vestri, C. P. Semproni, L. Fiengo, S. Pontone, G. Palazzini, and A. Redler, “Play to become a surgeon: Impact of nintendo wii training on laparoscopic skills,” *PLoS ONE*, vol. 8, 02 2013.
- [15] P. E. G. Information, “Daten & fakten.” <http://www.pegi.info/de/index/id/51/>. [Abgerufen am 11.06.2016].
- [16] M. Walton and P. Brown. url: <http://www.gamespot.com/reviews/grand-theft-auto-5-ps4-xbox-one-pc-review/1900-6415959/>. [Abgerufen am 17.11.2014].
- [17] J. G. Hull, A. M. Draghici, and J. D. Sargent, “A longitudinal study of risk-glorifying video games and reckless driving.,” *Psychol. Pop. Media Cult.*, vol. 1, no. 4, p. 244, 2012.
- [18] P. Fischer, J. Kubitzki, S. Guter, and D. Frey, “Virtual driving and risk taking: Do racing games increase risk-taking cognitions, affect, and behaviors?,” *J. Exp. Psychol. Appl.*, vol. 13, no. 1, p. 22, 2007.
- [19] P. Fischer, T. Greitemeyer, T. Morton, A. Kastenmüller, T. Postmes, D. Frey, J. Kubitzki, and J. Odenwälder, “The racing-game effect: why do video racing games increase risk-taking inclinations?,” *Pers. Soc. Psychol. Bull.*, 2009.
- [20] J. S. Lemmens and S. J. Hendriks, “Addictive online games: Examining the relationship between game genres and internet gaming disorder,” *Cyberpsychol. Behav. Soc. Netw.*, vol. 19, no. 4, pp. 270–276, 2016.

- [21] X. Lin, H. Zhou, G. Dong, and X. Du, "Impaired risk evaluation in people with internet gaming disorder: fmri evidence from a probability discounting task," *Prog. Neuropsychopharmacol. Biol. Psychiatry*, vol. 56, pp. 142–148, 2015.
- [22] M. Pawlikowski and M. Brand, "Excessive internet gaming and decision making: do excessive world of warcraft players have problems in decision making under risky conditions?," *Psychiatry Res.*, vol. 188, no. 3, pp. 428–433, 2011.
- [23] K. Bailey, R. West, and J. Kuffel, "What would my avatar do? gaming, pathology, and risky decision making," *Front. Psychol.*, vol. 4, 2013.
- [24] C. A. Anderson, A. Shibuya, N. Ihori, E. L. Swing, B. J. Bushman, A. Sakamoto, H. R. Rothstein, and M. Saleem, "Violent video game effects on aggression, empathy, and prosocial behavior in eastern and western countries: a meta-analytic review.," *Psychol. Bull.*, vol. 136, no. 2, p. 151, 2010.
- [25] S. Prot, D. A. Gentile, C. A. Anderson, K. Suzuki, E. Swing, K. M. Lim, Y. Horiuchi, M. Jelic, B. Krahé, W. Liuqing, *et al.*, "Long-term relations among prosocial-media use, empathy, and prosocial behavior," *Psychol. Sci.*, vol. 25, no. 2, pp. 358–368, 2014.
- [26] T. Greitemeyer, S. Osswald, and M. Brauer, "Playing prosocial video games increases empathy and decreases schadenfreude.," *Emotion*, vol. 10, no. 6, p. 796, 2010.
- [27] D. A. Gentile, C. A. Anderson, S. Yukawa, N. Ihori, M. Saleem, L. K. Ming, A. Shibuya, A. K. Liao, A. Khoo, B. J. Bushman, *et al.*, "The effects of prosocial video games on prosocial behaviors: International evidence from correlational, longitudinal, and experimental studies," *Pers. Soc. Psychol. Bull.*, 2009.
- [28] T. Greitemeyer and D. O. Mügge, "Video games do affect social outcomes a meta-analytic review of the effects of violent and prosocial video game play," *Pers. Soc. Psychol. Bull.*, p. 0146167213520459, 2014.
- [29] "Much ado about nothing: the misestimation and overinterpretation of violent video game effects in eastern and western nations: comment on anderson et al.(2010).," *Psychol. Bull.*
- [30] P. L. Jackson, A. N. Meltzoff, and J. Decety, "How do we perceive the pain of others? a window into the neural processes involved in empathy," *Neuroimage*, vol. 24, no. 3, pp. 771–779, 2005.

- [31] C. Lamm, C. D. Batson, and J. Decety, “The neural substrate of human empathy: effects of perspective-taking and cognitive appraisal,” *J. Cogn. Neurosci.*, vol. 19, no. 1, pp. 42–58, 2007.
- [32] C. Lamm, E. Porges, J. Cacioppo, and J. Decety, “Perspective taking is associated with specific facial responses during empathy for pain,” *Brain Res.*, vol. 1227, pp. 153–161, 2008.
- [33] T. Singer, B. Seymour, J. O’doherly, H. Kaube, R. J. Dolan, and C. D. Frith, “Empathy for pain involves the affective but not sensory components of pain,” *Science*, vol. 303, no. 5661, pp. 1157–1162, 2004.
- [34] G. I. Christopoulos, P. N. Tobler, P. Bossaerts, R. J. Dolan, and W. Schultz, “Neural correlates of value, risk, and risk aversion contributing to decision making under risk,” *J. Neurosci.*, vol. 29, no. 40, pp. 12574–12583, 2009.
- [35] H. Rao, M. Korczykowski, J. Pluta, A. Hoang, and J. A. Detre, “Neural correlates of voluntary and involuntary risk taking in the human brain: an fmri study of the balloon analog risk task (bart),” *Neuroimage*, vol. 42, no. 2, pp. 902–910, 2008.
- [36] S. Fecteau, A. Pascual-Leone, D. H. Zald, P. Liguori, H. Théoret, P. S. Boggio, and F. Fregni, “Activation of prefrontal cortex by transcranial direct current stimulation reduces appetite for risk during ambiguous decision making,” *J. Neurosci.*, vol. 27, no. 23, pp. 6212–6218, 2007.
- [37] S. Kühn, A. Romanowski, C. Schilling, R. Lorenz, C. Mörsen, N. Seiferth, T. Banaschewski, A. Barbot, G. Barker, C. Büchel, *et al.*, “The neural basis of video gaming,” *Transl. Psychiatry*, vol. 1, no. 11, p. e53, 2011.
- [38] J. Linnet, E. Peterson, D. Doudet, A. Gjedde, and A. Møller, “Dopamine release in ventral striatum of pathological gamblers losing money,” *Acta Psychiatr. Scand.*, vol. 122, no. 4, pp. 326–333, 2010.
- [39] A. M. Weinstein, “Computer and video game addiction—a comparison between game users and non-game users,” *Am. J. Drug Alcohol Abuse*, vol. 36, no. 5, pp. 268–276, 2010.
- [40] B. Knutson, G. E. Wimmer, C. M. Kuhnen, and P. Winkielman, “Nucleus accumbens activation mediates the influence of reward cues on financial risk taking,” *NeuroReport*, vol. 19, no. 5, pp. 509–513, 2008.

- [41] P. L. Jackson, E. Brunet, A. N. Meltzoff, and J. Decety, "Empathy examined through the neural mechanisms involved in imagining how i feel versus how you feel pain," *Neuropsychologia*, vol. 44, no. 5, pp. 752–761, 2006.
- [42] D. Lloyd, G. Di Pellegrino, and N. Roberts, "Vicarious responses to pain in anterior cingulate cortex: is empathy a multisensory issue?," *Cogn. Affect. Behav. Neurosci.*, vol. 4, no. 2, pp. 270–278, 2004.
- [43] D. A. Gentile, E. L. Swing, C. A. Anderson, D. Rinker, and K. M. Thomas, "Differential neural recruitment during violent video game play in violent-and nonviolent-game players," *Psychol. Pop. Media Cult.*, vol. 5, no. 1, p. 39, 2016.
- [44] C. Happ, A. Melzer, and G. Steffgen, "Superman vs. bad man? the effects of empathy and game character in violent video games," *Cyberpsychol. Behav. Soc. Netw.*, vol. 16, no. 10, pp. 774–778, 2013.
- [45] Y. Cheng, C.-Y. Yang, C.-P. Lin, P.-L. Lee, and J. Decety, "The perception of pain in others suppresses somatosensory oscillations: a magnetoencephalography study," *Neuroimage*, vol. 40, no. 4, pp. 1833–1840, 2008.
- [46] C.-Y. Yang, J. Decety, S. Lee, C. Chen, and Y. Cheng, "Gender differences in the mu rhythm during empathy for pain: an electroencephalographic study," *Brain Res.*, vol. 1251, pp. 176–184, 2009.
- [47] B. D. Bartholow, B. J. Bushman, and M. A. Sestir, "Chronic violent video game exposure and desensitization to violence: Behavioral and event-related brain potential data," *J. Exp. Soc. Psychol.*, vol. 42, no. 4, pp. 532–539, 2006.
- [48] S. Kühn, T. Gleich, R. Lorenz, U. Lindenberger, and J. Gallinat, "Playing super mario induces structural brain plasticity: gray matter changes resulting from training with a commercial video game," *Mol. Psychiatry*, vol. 19, no. 2, pp. 265–271, 2014.
- [49] D. V. Sheehan, Y. Lecrubier, K. H. Sheehan, P. Amorim, J. Janavs, E. Weiller, T. Hergueta, R. Baker, and G. C. Dunbar, "The mini-international neuropsychiatric interview (mini): the development and validation of a structured diagnostic psychiatric interview for dsm-iv and icd-10.," *J. Clin. Psychiatry*, 1997.

- [50] M. Reuter, N. J. Schmansky, H. D. Rosas, and B. Fischl, “Within-subject template estimation for unbiased longitudinal image analysis,” *Neuroimage*, vol. 61, no. 4, pp. 1402–1418, 2012.
- [51] X. Li, P. S. Morgan, J. Ashburner, J. Smith, and C. Rorden, “The first step for neuroimaging data analysis: Dicom to nifti conversion,” *J. Neurosci. Methods*, vol. 264, pp. 47–56, 2016.
- [52] D. J. Hagler, A. P. Saygin, and M. I. Sereno, “Smoothing and cluster thresholding for cortical surface-based group analysis of fmri data,” *Neuroimage*, vol. 33, no. 4, pp. 1093–1103, 2006.
- [53] N. L. Matthews, “Too good to care: The effect of skill on hostility and aggression following violent video game play,” *Comput. Human Behav.*, vol. 48, pp. 219–225, 2015.
- [54] M. Csikszentmihalyi, *Flow: The psychology of optimal experience*. Harper & Row, 1 ed., 1990.
- [55] S. A. Jackson and R. C. Eklund, “Assessing flow in physical activity: the flow state scale-2 and dispositional flow scale-2.,” *J. Sport Exerc. Psycho.*, vol. 24, no. 2, 2002.
- [56] J. Hamari and J. Koivisto, “Measuring flow in gamification: Dispositional flow scale-2,” *Comput. Human Behav.*, vol. 40, pp. 133–143, 2014.
- [57] C. W. Lejuez, J. P. Read, C. W. Kahler, J. B. Richards, S. E. Ramsey, G. L. Stuart, D. R. Strong, and R. A. Brown, “Evaluation of a behavioral measure of taking: the balloon analogue risk task (bart).,” *J. Exp. Psychol. Appl.*, vol. 8, no. 2, p. 75, 2002.
- [58] T. L. White, C. W. Lejuez, and H. de Wit, “Test-retest characteristics of the balloon analogue risk task (bart).,” *Exp. Clin. Psychopharmacol.*, vol. 16, no. 6, p. 565, 2008.
- [59] S. Xu, M. Korczykowski, S. Zhu, and H. Rao, “Assessment of risk-taking and impulsive behaviors: A comparison between three tasks,” *Soc. Behav. Pers.*, vol. 41, no. 3, p. 477, 2013.
- [60] R. S. Desikan, F. Ségonne, B. Fischl, B. T. Quinn, B. C. Dickerson, D. Blacker, R. L. Buckner, A. M. Dale, R. P. Maguire, B. T. Hyman, *et al.*, “An automated labeling system for subdividing the human cerebral cortex on mri scans into gyral based regions of interest,” *Neuroimage*, vol. 31, no. 3, pp. 968–980, 2006.
- [61] M. Lauriola and I. P. Levin, “Personality traits and risky decision-making in a controlled experimental task: An exploratory study,” *Pers. Individ. Dif.*, vol. 31, no. 2, pp. 215–226, 2001.

- [62] A. Weinstein and M. Lejoyeux, “New developments on the neurobiological and pharmacogenetic mechanisms underlying internet and videogame addiction,” *Am. J. Addict.*, vol. 24, no. 2, pp. 117–125, 2015.
- [63] K. I. Erickson, W. R. Boot, C. Basak, M. B. Neider, R. S. Prakash, M. W. Voss, A. M. Graybiel, D. J. Simons, M. Fabiani, G. Gratton, *et al.*, “Striatal volume predicts level of video game skill acquisition,” *Cereb. Cortex*, p. bhp293, 2010.
- [64] Y. Sun, H. Ying, R. M. Seetohul, W. Xuemei, Z. Ya, L. Qian, X. Guoqing, and S. Ye, “Brain fmri study of crave induced by cue pictures in online game addicts (male adolescents),” *Behav. Brain Res.*, vol. 233, no. 2, pp. 563–576, 2012.
- [65] G. Matsuda and K. Hiraki, “Sustained decrease in oxygenated hemoglobin during video games in the dorsal prefrontal cortex: a nirs study of children,” *Neuroimage*, vol. 29, no. 3, pp. 706–711, 2006.
- [66] N. D. Volkow, J. S. Fowler, G.-J. Wang, and J. M. Swanson, “Dopamine in drug abuse and addiction: results from imaging studies and treatment implications,” *Mol. psychiatry*, vol. 9, no. 6, pp. 557–569, 2004.
- [67] M. J. Kreek, D. A. Nielsen, E. R. Butelman, and K. S. LaForge, “Genetic influences on impulsivity, risk taking, stress responsivity and vulnerability to drug abuse and addiction,” *Nat. Neurosci.*, vol. 8, no. 11, pp. 1450–1457, 2005.
- [68] J. L. Koranda, J. J. Cone, D. S. McGehee, M. F. Roitman, J. A. Beeler, and X. Zhuang, “Nicotinic receptors regulate the dynamic range of dopamine release in vivo,” *J. Neurophysiol.*, vol. 111, no. 1, pp. 103–111, 2014.
- [69] M. Klasen, R. Weber, T. T. Kircher, K. A. Mathiak, and K. Mathiak, “Neural contributions to flow experience during video game playing,” *Soc. Cogn. Affect. Neurosci.*, vol. 7, no. 4, pp. 485–495, 2012.
- [70] B. D. Bartholow, M. A. Sestir, and E. B. Davis, “Correlates and consequences of exposure to video game violence: Hostile personality, empathy, and aggressive behavior,” *Pers. Soc. Psychol. Bull.*, vol. 31, no. 11, pp. 1573–1586, 2005.
- [71] A. Craig, “Significance of the insula for the evolution of human awareness of feelings from the body,” *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, vol. 1225, pp. 72–82, 2011.

- [72] J. Decety, C.-Y. Yang, and Y. Cheng, “Physicians down-regulate their pain empathy response: an event-related brain potential study,” *Neuroimage*, vol. 50, no. 4, pp. 1676–1682, 2010.
- [73] Y. Cheng, C.-P. Lin, H.-L. Liu, Y.-Y. Hsu, K.-E. Lim, D. Hung, and J. Decety, “Expertise modulates the perception of pain in others,” *Curr. Biol.*, vol. 17, no. 19, pp. 1708–1713, 2007.
- [74] A. K. Przybylski, C. S. Rigby, and R. M. Ryan, “A motivational model of video game engagement,” *Rev. Gen. Psychol.*, vol. 14, no. 2, p. 154, 2010.
- [75] A. K. Przybylski, N. Weinstein, R. M. Ryan, and C. S. Rigby, “Having to versus wanting to play: Background and consequences of harmonious versus obsessive engagement in video games,” *CyberPsychol. Behav.*, vol. 12, no. 5, pp. 485–492, 2009.
- [76] J. G. La Guardia, R. M. Ryan, C. E. Couchman, and E. L. Deci, “Within-person variation in security of attachment: a self-determination theory perspective on attachment, need fulfillment, and well-being,” *Journal of personality and social psychology*, vol. 79, no. 3, p. 367, 2000.
- [77] J. Hollingdale and T. Greitemeyer, “The changing face of aggression: The effect of personalized avatars in a violent video game on levels of aggressive behavior,” *J. Appl. Soc. Psychol.*, vol. 43, no. 9, pp. 1862–1868, 2013.
- [78] D. D. Li, A. K. Liao, and A. Khoo, “Player–avatar identification in video gaming: Concept and measurement,” *Comput. Human Behav.*, vol. 29, no. 1, pp. 257–263, 2013.
- [79] P. Fischer, A. Kastenmüller, and T. Greitemeyer, “Media violence and the self: The impact of personalized gaming characters in aggressive video games on aggressive behavior,” *J. Exp. Soc. Psychol.*, vol. 46, no. 1, pp. 192–195, 2010.
- [80] D. H. Han, N. Bolo, M. A. Daniels, L. Arenella, I. K. Lyoo, and P. F. Renshaw, “Brain activity and desire for internet video game play,” *Compr. Psychiatry*, vol. 52, no. 1, pp. 88–95, 2011.

## **8 Eidesstattliche Versicherung**

„Ich, Charlotte Witt, versichere an Eides statt durch meine eigenhändige Unterschrift, dass ich die vorgelegte Dissertation mit dem Thema: „Veränderungen von Schmerzempathie und Risikoverhalten durch Videospiele“ selbstständig und ohne nicht offengelegte Hilfe Dritter verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel genutzt habe. Alle Stellen, die wörtlich oder dem Sinne nach auf Publikationen oder Vorträgen anderer Autoren beruhen, sind als solche in korrekter Zitierung (siehe „Uniform Requirements for Manuscripts (URM)“ des ICMJE -[www.icmje.org](http://www.icmje.org)) kenntlich gemacht. Die Abschnitte zu Methodik (insbesondere praktische Arbeiten, Laborbestimmungen, statistische Aufarbeitung) und Resultaten (insbesondere Abbildungen, Graphiken und Tabellen) entsprechen den URM (s.o) und werden von mir verantwortet.

Die Bedeutung dieser eidesstattlichen Versicherung und die strafrechtlichen Folgen einer unwahren eidesstattlichen Versicherung (§156,161 des Strafgesetzbuches) sind mir bekannt und bewusst.“

Berlin, den 30. Juni 2016

Unterschrift

## **9 Lebenslauf**

Mein Lebenslauf wird aus datenschutzrechtlichen Gründen in der elektronischen Version meiner Arbeit nicht veröffentlicht.



## **10 Danksagung**

Mein Dank gilt:

Herrn Univ.-Prof. Dr. med. J. Gallinat für die Überlassung des Themas.

Frau Prof. Dr. rer. nat. S. Kühn für die fachliche Beratung und die interessante Zusammenarbeit im Max-Planck-Institut für Bildungsforschung.

Den Mitarbeitern der IT-Technik des Max-Planck-Instituts für die technische Betreuung des Versuchsaufbaus und der Computertechnik.

Katharina Schmalen für die nette Zusammenarbeit an den Wochenenden.

Giovanni De Gaetano.

Berlin, den 30. Juni 2016

Unterschrift