

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

Dissertation

**Die Insula und das Belohnungssystem:
Schnittstellen von Spielmotivation, Belohnungsverarbeitung
und kognitiven Fähigkeiten**

zur Erlangung des akademischen Grades
Doctor medicinae (Dr.med.)

vorgelegt der Medizinischen Fakultät
Charité – Universitätsmedizin Berlin

von
David Marten Steiniger
aus
Finstertal

Datum der Promotion: 09.09.2016

Inhaltsverzeichnis

ABSTRACT	4
ABSTRAKT	5
I. EINLEITUNG	7
I.1. VIDEOSPIELE UND SPIELMOTIVATION	7
I.2. AUFBAU UND ROLLE DER INSULA INNERHALB DES BELOHNUNGSSYSTEMS	9
I.3. DIE INSULA ALS SCHNITTSTELLE VON MOTIVATION, ZIELORIENTIERTEM VERHALTEN, RISIKOVERARBEITUNG UND EMOTION.....	12
I.4. EINFLUSS VON BELOHNUNG UND MOTIVATION AUF KOGNITIVE FÄHIGKEITEN.....	14
I.5. ABGELEITETE ARBEITSHYPOTHESEN.....	16
II. MATERIAL UND METHODEN	18
II.1. STUDIENKONZEPT	18
II.2. PROBANDEN.....	18
II.3. TRAININGSPHASE UND VIDEOSPIELAUFBAU.....	21
II.4. SPIELAFFINITÄT	23
II.5. FUNKTIONELLE MAGNETRESONANZTOMOGRAPHIE	24
II.5.1. <i>Physikalische Grundlagen der Magnetresonanztomographie</i>	24
II.5.2. <i>BOLD-Effekt</i>	27
II.5.3. <i>Scanning Prozedere</i>	27
II.6. SLOT MACHINE TASK	28
II.7. DATENANALYSE	30
II.7.1. <i>Bildverarbeitung</i>	30
II.7.2. <i>Statistische Analyse</i>	30
II.8. NEUROPSYCHOLOGISCHE TESTUNGEN.....	32
II.8.1. <i>Mental Rotation Test</i>	32
II.8.2. <i>BIS-4 Weg Test</i>	33
II.8.3. <i>BIS-4 Zahlensymbol Test</i>	34
II.8.4. <i>Guilford-Zimmerman Orientierungstest</i>	35
II.8.5. <i>Purdue Pegboard Test</i>	36
III. ERGEBNISSE	37
III.1. HYPOTHESE I: BETEILIGUNG DES INSELLAPPENS AN DER VERARBEITUNG VON GEWINNANTIZIPATION	37
III.2. HYPOTHESE II: PRÄDIKTIVER WERT DER INSULAAKTIVITÄT FÜR DIE AFFINITÄT GEGENÜBER VIDEOSPIELKONSUM	39
III.3. HYPOTHESE III: EINFLUSS VON VIDEOSPIELKONSUM AUF DIE VERARBEITUNG VON GEWINNANTIZIPATION IN DER INSULA	42

III.4. HYPOTHESE IV: TRANSFEREFFEKTE DURCH VIDEOSPIELKONSUM IN ABHÄNGIGKEIT VON SPIELAFFINITÄT	43
IV. DISKUSSION.....	46
IV.1. BETEILIGUNG DES INSELLAPPENS AN DER VERARBEITUNG VON GEWINNANTIZIPATION	46
IV.2. PRÄDIKTIVER WERT DER INSULAAKTIVITÄT FÜR DIE AFFINITÄT GEGENÜBER VIDEOSPIELKONSUM	52
IV.3. EINFLUSS VON VIDEOSPIELKONSUM AUF DIE VERARBEITUNG VON GEWINNANTIZIPATION IN DER INSULA	56
IV.4. TRANSFEREFFEKTE DURCH VIDEOSPIELKONSUM IN ABHÄNGIGKEIT VON SPIELAFFINITÄT.....	59
IV.5. LIMITATIONEN.....	64
IV.6. AUSBLICK	66
V. ZUSAMMENFASSUNG.....	68
VI. LITERATURVERZEICHNISS	70
VII. EIDESSTATTLICHE VERSICHERUNG	88
VIII. LEBENS LAUF.....	89
IX. DANKSAGUNG.....	90
X. ANHANG	91

Abstract

BACKGROUND: Behavioral science and brain research are investigating not only the enhancement of cognitive capabilities due to motivation but also the negative parts of videogame consumption, which are reflected in the high number of pathological gamblers. Thereby the influence of gains and motivation within videogames on the human reward system is considered as certain. Despite that, it stays unclear whether the individual reaction to reward is a precondition for a distinct attraction towards videogames or playing videogames alters the response to such a stimulus. To examine the Influence of videogames upon the reward system and cognition we aimed at the insular lobe, which combines processing of reward anticipation, interception and emotion and also influences cognitive processes.

METHODICS: Fifty non-gamers absolved neuropsychological testing as well as functional magnetic resonance imaging before (TP1) and after (TP2) an intervention period. Twenty-five participants were randomly assigned to a videogame training group and underwent a training of thirty minutes per day over the course of eight weeks. In that period the control group played no videogames. Game progress and experience were surveyed by questionnaires on a weekly basis.

RESULTS: Both the training and control group showed enhanced activity of the insula during reward anticipation. While the state of activation was found to be stable in the training group, considerable decreased activation was measured at TP2 in the control group. An interaction between the factors time and group could be found using ANOVA. Moreover, there was a significant correlation between the experienced fun while playing and the activation of the left insula. None of the tested cognitive parameters showed videogame training related enhancements. Furthermore, neither the reaction of the insula towards motivational stimuli, nor the subjective affinity towards playing videogames correlated significantly with changes in cognitive performance after Bonferroni correction.

DISCUSSION: Our study provides evidence for a predictive value of Insula reaction towards reward anticipation for the motivation of playing videogames. Moreover, our results might indicate a preservation of reward responsiveness through videogame training, which could be crucial for future research in gaming motivation. The individual reaction of the insula and the motivation of the participants didn't influence the improvement of cognitive capabilities, which is in line with recent studies investigating transfer effects. This longitudinal study corroborates the crucial role of the insula in motivation and contributes to an understanding of the integration of awareness and anticipation in reward processing.

Abstrakt

HINTERGRUND: Verhaltens- und Hirnforschung diskutieren neben einer Verbesserung kognitiver Fähigkeiten durch motivierende Prozesse die negativen Aspekte des Videospieldkonsums. Diese schlagen sich in den hohen Fallzahlen von Konsumenten nieder, deren Spielmotivation zu einer pathologisch gesteigerten Nutzung führt. Eine Beeinflussung des neuronalen Belohnungssystems durch Belohnungs- und Motivationsmechanismen in Videospiele gilt dabei als gesichert. Ungeklärt bleibt bisher jedoch, ob sich individuelle neuronale Reaktionen auf Belohnungssituationen als Voraussetzung für eine unterschiedlich starke Affinität gegenüber Videospiele darstellen, oder ob sich das Ansprechen auf solche Stimuli als Reaktion auf vermehrten Videospieldkonsum ändert. Um den Einfluss von Videospiele auf das Belohnungssystem und kognitive Fähigkeiten näher zu beleuchten, untersuchten wir gezielt die Insula, in welcher die Verarbeitung von Belohnungsassoziation, Interozeption und Emotionen sowie die Beeinflussung kognitiver Prozesse vereint ist.

METHODIK: Vor (TP1) und nach (TP2) einer Interventionsphase wurde per neuropsychologischer Testbatterie die kognitive Leistungsfähigkeit, sowie per funktioneller Magnetresonanztomographie die Insulaaktivität bei Belohnungsassoziation von fünfzig gegenüber Videospiele naiven Probanden ermittelt. Fünfundzwanzig Probanden wurden randomisiert einer Spielergruppe zugewiesen und absolvierten ein achtwöchiges Videospieldtraining von dreißig Minuten pro Tag. Die Kontrollgruppe nutzte in diesem Zeitraum keinerlei Videospiele. Der Spielverlauf und das subjektive Spielerleben wurden wöchentlich durch standardisierte Fragebögen ermittelt.

ERGEBNISSE: Spieler und Kontrollen zeigten eine signifikant gesteigerte Aktivität beider Insellappen bei Gewinnantizipation. In der Spielergruppe war nach der Interventionsphase eine gleichbleibende Reaktion messbar, in der Kontrollgruppe hingegen eine deutliche Aktivitätsminderung, wobei sich in einer zweifaktoriellen Varianzanalyse eine Interaktion von Zeit und Gruppenzugehörigkeit nachweisen ließ. Zudem konnte eine signifikante Korrelation der TP1 Aktivität der linken Insula bei Gewinnantizipation zum subjektiven Spielspaß nachgewiesen werden. Keiner der durchgeführten kognitiven Tests zeigte eine signifikante Verbesserung durch Videospieldtraining. Das Ansprechen der Insula auf motivationssteigernde Reize sowie die subjektive Spielaffinität zeigten nach Korrektur des Alpha-Fehlers ebenfalls keine signifikante Korrelation zu den Veränderungen innerhalb der kognitiven Fähigkeiten.

DISKUSSION: Nach unserem Wissen konnte erstmals der prädiktive Wert der Insulaaktivität für die Motivation während des Spielens von Videospiele nachgewiesen werden. Weiterhin lassen unsere Ergebnisse eine durch Videospieletraining bedingte Konservierung der Ansprechbarkeit des Belohnungssystems auf motivierende Stimuli vermuten, was als Basis zukünftiger Forschung zu neuronalen Mechanismen von Spielmotivation dienen kann. Das individuelle Ansprechen der Insula sowie die Spielmotivation zeigten keinen Einfluss auf einen Transfer kognitiver Fähigkeiten, was im Einklang mit jüngeren Studien zu Transfereffekten steht. Diese longitudinale Studie stützt die Theorie einer zentralen Rolle der Insula in motivierenden Prozessen in Videospiele und trägt zum Verständnis der Integration von Wahrnehmungsprozessen und Belohnungsassoziation in neuronale Belohnungskreisläufe bei.

I. Einleitung

I.1. Videospiele und Spielmotivation

Längst ist das Unterhaltungsmedium Videospiele ein fester Bestandteil von Gesellschaft und Popkultur geworden und hat seinen Standpunkt gegenüber Printmedien, Film und Radio behauptet. Aktuelle Daten zum Nutzungsverhalten der deutschen Bevölkerung spiegeln die Präsenz von Videospiele in allen Alters- und Bevölkerungsgruppen deutlich wieder: 24,4% der Bevölkerung spielen digital, im ersten Halbjahr des Jahres 2013 erzielte die deutsche Videospieleindustrie eine dreiviertel Milliarde Euro Umsatz, jede fünfte Frau nutzt Videospiele, die zeitlichen Nutzungsvolumina bleiben über einen längeren Zeitraum stabil und darüber hinaus steigt die Nutzungsdauer bei Spielern über 65 Jahren sogar beständig an (Quandt, Breuer, Festl, & Scharkow, 2013). Global gesehen zeigt Deutschland dabei noch einen verhältnismäßig geringen Videospielekonsum. In Europa dominiert Großbritannien, weltweit führen die Vereinigten Staaten und asiatische Länder, von den *Videospiele Nationen* Japan und Südkorea bis hin zu Singapur, die Listen der Marktanteile innerhalb der Videospieleindustrie an (Quandt, Chen, Mäyrä, & Van Looy, 2014).

Überschattet werden diese Erfolgsmeldungen durch immer wieder auftretende Fälle, in denen die reale Welt nicht nur temporär gegen eine fiktionale eingetauscht, sondern zugunsten der letzteren vernachlässigt oder gar verlassen wird. Erhebungen des Bundesministeriums für Gesundheit aus dem Jahr 2011 ergaben, dass in der Gruppe der 14 bis 64 Jährigen in Deutschland ca. 560.000 Menschen (0,7%) als internetabhängig und ca. 2,5 Millionen Menschen (2,6%) als problematische Internetnutzer bezeichnet werden müssen (Rumpf, Meyer, Kreuzer, & John, 2011). Die Begriffe Internetabhängigkeit und (Online-)Computerspielabhängigkeit dürfen sicher nicht unbedacht vermengt werden. Doch zeigen die Ergebnisse empirischer Studien erstaunliche Übereinstimmungen auf der Ebene der neuronalen Verarbeitung von suchtspezifischen Reizen und des Suchtverhaltens zwischen beiden Verhaltenssuchten. Für eine repräsentative, bundesweit angelegte Studie wurden insgesamt 15.168 Schüler und Schülerinnen zu ihrem Videospieleverhalten befragt (Rehbein, 2009). Die Ergebnisse belegen, dass bereits in den Jahren 2007 und 2008 etwa 4,3 Prozent der Mädchen und 15,8 Prozent der Jungen mehr als 4,5 Stunden täglich Computerspiele nutzten. Basierend auf einer an die ICD-10 Klassifikation angelehnten Abhängigkeitsskala schätzten die Autoren drei Prozent der Jungen und 0,3 Prozent der Mädchen als computerspielabhängig und weitere 4,7 Prozent der Jungen und 0,5 Prozent der Mädchen als gefährdet ein. Mittelfristig betrachtet scheint es in Deutschland einen leicht rückläufigen Trend für die

Anzahl aller sogenannten *Vielnutzer* von Videospiele zu geben (Quandt et al., 2013). Innerhalb der Gruppe der Adoleszenten waren in den Jahren von 2011 bis 2013 hingegen steigende Zahlen zu verzeichnen. Eine Datenerhebung bei 11094 niederländischen Schülern zeigte ähnliche Zahlen wie der deutsche Konterpart (Van Rooij, Schoenmakers, Vermulst, Van den Eijnden, & Van de Mheen, 2011). Ungefähr 1,5 Prozent der in der Studie betrachteten Jugendlichen wurde als computerspielabhängig identifiziert. Interessant waren vor allem die von den Autoren untersuchten statistischen Zusammenhänge zwischen Onlineverhalten und Verwendung von Spielinhalten im Internet: Der weitaus größte Anteil der als onlineabhängig eingestuften wies entweder gleichzeitig eine Internetspielsucht auf, oder das Internetverhalten war zumindest maßgeblich vom Videospieldkonsum geprägt.

Dass motivierende Aspekte von Videospiele bei einigen Nutzern bisweilen überproportional verfangen, zeigt sich letztlich nicht nur in oben aufgeführten Zahlen, sondern auch in der lange geforderten Listung des Begriffs *Internet Gaming Disorder* als eigenständige Diagnose in der neuesten Aufstellung psychischer Erkrankungen der American Psychiatric Association (Association, 2013). Was also motiviert den Spieler, die Realität gegen eine fiktionale Welt einzutauschen, in der er zwar gelegentlich seine physischen und materiellen Grenzen durchbrechen kann, die aber oft lineares, repetitives Verhalten verlangt und durch ihre begrenzten Spielräume und Regeln nach anfänglicher Neugierde doch irgendwann mit etwas alltäglichem behaftet bleibt? Die Entstehungsbedingungen von Computerspielmotivation sind innerhalb einer Wechselwirkung von sowohl Merkmalen des Spielers, als auch Merkmalen des genutzten Spiels zu suchen. Auf Seiten des Spielers stellen die Faktoren „spielmotivationale Aspekte, realweltliche Selbstwirksamkeitserfahrungen, Persönlichkeitseigenschaften und zurückliegende Traumatisierungserlebnisse“ (Rehbein, 2009) relevante Belastungsfaktoren dar. Auf Seiten des Videospiele wirken sich vor allem die Vergabe virtueller Belohnungen sowie die konstante Einbettung in eine soziale Spielumgebung auf das motivierende Potential aus.

Wie genau wirken die Mechanismen der Spielmotivation aber auf neuronaler Ebene? Und sollte man diese Vorgänge nicht auch aus einer Perspektive der potentiellen Chancen für das Lernen von Handlungsabläufen und die Verbesserung geistiger Fähigkeiten betrachten, anstatt die positiven Auswirkungen von motivierenden Prozessen zu vernachlässigen? Seit längerem liegen neben den verhaltensspezifischen auch die kognitiven Änderungen in Folge von Spielkonsum im Fokus des öffentlichen und wissenschaftlichen Interesses. Ein häufig diskutierter Umstand ist der potentielle Zuwachs an neuronaler Plastizität und die damit verbundene Leistungssteigerung in Denkprozessen und exekutiven Funktionen durch

Computerspieltraining (Boot, Blakely, & Simons, 2011; Karbach, 2014; Oei & Patterson, 2014). Zur Klärung oben aufgeworfener Fragen und einer Vertiefung des Verständnisses der neuronalen Mechanismen von Spielmotivation, wurde der Fokus dieser Arbeit auf die Insula gerichtet, ein Areal der Großhirnrinde, welches als Schnittstelle zwischen Belohnungssystem, Emotionsverarbeitung und kognitiver Prozessierung angesehen wird.

I.2. Aufbau und Rolle der Insula innerhalb des Belohnungssystems

Verborgen unter den Opercula des Frontal-, Parietal- und Temporallappens, bildet die Insula (im Folgenden wechselnd als Insula oder Insellappen bezeichnet) in der Sylvischen Fissur liegend (Tanriover, Rhoton, Kawashima, Ulm, & Yasuda, 2004) einen Teil des Großhirns (siehe Abbildung 1. = Abb. 1), welcher sich in drei zytoarchitektonisch verschiedenartige Regionen unterteilen lässt: eine agranuläre anteriore, eine granuläre posteriore Zone, sowie eine dysgranuläre Übergangszone (Cauda et al., 2011). Ein zentral gelegener Sulcus, “in which lies the main branch of the middle cerebral artery“ (Cauda et al., 2011), grenzt den anterioren und posterioren Anteil des Insellappens voneinander ab. Unter funktionellen Gesichtspunkten kann die Insula in einen anterioren Anteil, innerhalb dessen in ventroanterior und ein posteroanterior unterschieden wird, sowie einen posterioren Anteil untergliedert werden.

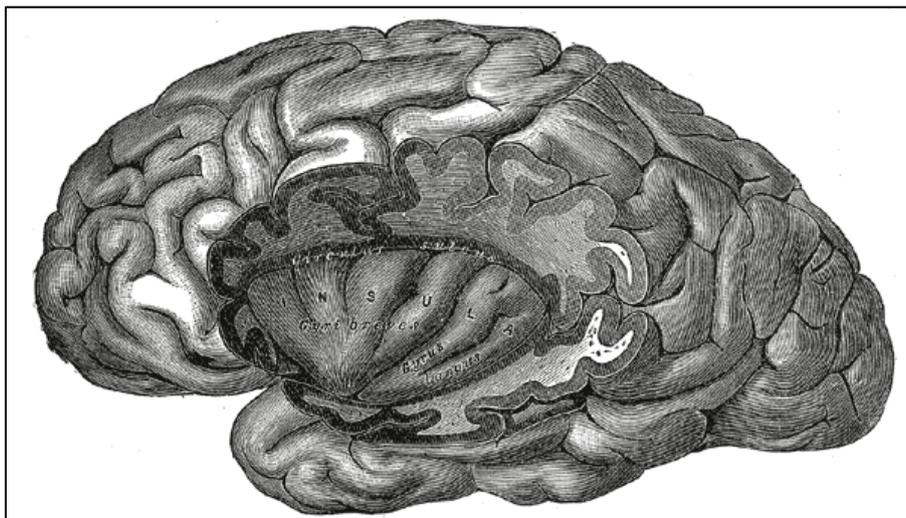


Abb. 1: Die Insula. Seitansicht des linken Insellappens nach Entfernung der Opercula von Frontal-, Parietal- und Temporallappens. Abb. aus (Gray, 1918).

Funktionell verbunden ist der ventroanteriore Part primär mit dem anterioren cingulären Kortex (Chang, Yarkoni, Khaw, & Sanfey, 2013; Deen, Pitskel, & Pelphrey, 2011), der Amygdala, der Area tegmentalis ventralis, dem Sulcus temporalis superior und dem posterolateralen Anteil des orbitofrontalen Kortex (Chang et al., 2013). Der posteroanteriore Part des Insellappens ist funktionell mit dem dorsalen anterioren cingulären Kortex (Chang et al., 2013; Deen et al., 2011) sowie dem dorsolateralen präfrontalen Kortex konnektiert (Chang et al., 2013), der posteriore Anteil mit der supplementär-motorischen Rinde (Chang et al., 2013) und Bereichen des somatosensorischen Kortex (Chang et al., 2013; Deen et al., 2011).

Bei der Prozessierung von Belohnungssituationen partizipiert die Insula an einem Netzwerk, dessen Hauptakteure neben ihr der Thalamus, der anteriore Gyrus Cinguli, der orbitofrontale Kortex, das ventrale Striatum und der Nucleus Accumbens sind (Cho et al., 2013; Liu, Hairston, Schrier, & Fan, 2011), wobei die zuerst genannten Areale das Striatum, den orbitofrontalen Kortex und den Nucleus Accumbens durch Informationsweiterleitung beeinflussen (Cho et al., 2013; Smith, Steinberg, & Chein, 2014a, 2014b).

Über den Umstand, dass die Insula an der Prozessierung von Belohnungs- und Verlustsituationen sowie der Antizipation von Gewinnen und Verlusten beteiligt ist, herrscht seit längerem Konsens (Berridge & Kringelbach, 2015; Liu et al., 2007; Mohr, Biele, & Heekeren, 2010; Naqvi & Bechara, 2009). Während andere Kernareale des neuronalen Belohnungssystems, wie das ventrale Striatum, der anteriore Gyrus Cinguli und der orbitofrontale Kortex, vornehmlich an der Prozessierung beziehungsweise Gewichtung von bereits erlangten Belohnungen beteiligt sind, verarbeiten Nucleus Accumbens und Insula in besonderem Maße Gewinn- und Verlustantizipation (Liu et al., 2011). Der Begriff Antizipation beschreibt hierbei die Erwartung des Eintretens eines Ereignis, beispielsweise das Erlangen eines monetären Gewinnes, das für wahrscheinlich erachtet wird. Antizipation ist von der direkten Bedürfnisbefriedigung beim wirklichen Eintritt eines solchen Gewinns abzugrenzen. Der Insula obliegt damit nicht nur die Wahrnehmung von sowohl positiven als auch negativen Belohnungsreizen, sondern auch deren Erwartung, die Einordnung der daraus bezogenen Informationen in ein antizipationsbasiertes und belohnungsbedingtes Lernsystem und eine Weiterleitung der Informationen an oben genannte Belohnungsareale, die eine Einordnung und Gewichtung der auf diese Weise prozessierten Informationen vornehmen (Liu et al., 2011; Menon & Uddin, 2010; Smith et al., 2014b; Van Leijenhorst et al., 2010).

Die Rolle der Insula für die Verarbeitung von belohnenden oder belohnungsassoziierten Stimuli in Videospielsituationen und eine sich daraus ergebende gesteigerte Spielmotivation

wurde lange unterschätzt. Auf eine entscheidende Rolle in der Motivationsgeneration in Spielen deuten aktuelle Ergebnisse hin, die eine positive Korrelation von Insulaaktivität und subjektivem Ansprechen auf das Weiterspielen zeigen (L. Clark, Lawrence, Astley-Jones, & Gray, 2009; Van Leijenhorst et al., 2010). In den genannten Studien wurde eine Aktivierung der anterioren Insula bei sowohl monetären Gewinnen als auch bei deren bloßer Erwartung nachgewiesen. Die Autoren diskutieren die Möglichkeit, dass schon durch potentielle Erfolge das Verlangen weiterzuspielen gefördert wird, was wiederum in der Aktivität des Insellappens zum Ausdruck kommt.

Seit einigen Jahren steht die Beteiligung des Insellappens bei der Generation und Aufrechterhaltung der neuronalen Komponenten von Substanzsüchten im Fokus der Forschung. Hierbei wurde das Areal als ein wichtiges Zentrum sowohl für die Suchtanfälligkeit, als auch für das Verlangen nach diversen Pharmaka beziehungsweise Drogen dargestellt. Ihr werden genauer eine Rolle "in (1) incentive motivational processes that drive addictive behavior, (2) control processes that moderate or inhibit addictive behavior, and (3) interoceptive processes that represent bodily states associated with drug use" (Naqvi, Gaznick, Tranel, & Bechara, 2014) zugeschrieben. Vor allem für Nikotinsucht (Forget, Pushparaj, & Le Foll, 2010; Naqvi, Rudrauf, Damasio, & Bechara, 2007) und Amphetaminabhängigkeit (Contreras et al., 2012; Contreras, Ceric, & Torrealba, 2007) wurde im Tiermodell die Einflussnahme des Insellappens auf komplexe motivierende Abläufe nachgewiesen.

Die Mechanismen von Substanz- und Verhaltenssüchten dürfen nicht unbedacht gleichgesetzt werden. Doch konnte ein ähnliches neuronales Aktivitätsmuster bei der Konfrontation von Probanden mit suchtspezifischen Schlüsselreizen, sowie ein ähnliches Verhalten in neuropsychologischen Tests bei Patienten mit Spiel- und Substanzsucht nachgewiesen werden (Cavedini, Riboldi, Keller, D'Annunzi, & Bellodi, 2002). In einer funktionellen Magnetresonanztomographie (fMRT) Studie zeigte die Insula, neben anderen Arealen des Belohnungssystems, nach exzessivem Videospieldkonsum der Probanden eine gesteigerte Reaktion auf einen spielspezifischen Stimulus. Bei Drogensüchtigen, die ebenfalls einen suchtspezifischen Reiz vermittelt bekamen, reagierten vergleichbare Hirnareale mit gesteigerter Aktivität (Han et al., 2011). Funktionelle Übereinstimmungen auf Ebene des frontostriatalen Netzwerks konnten auch bei Nikotinabhängigen und Spielsüchtigen beobachtet werden (de Ruiter et al., 2009). Verschiedene Studien konnten zudem vergleichbare strukturelle Besonderheiten durch die Magnetresonanztomographie (MRT) bei Internet- und Substanzabhängigen nachweisen (Hong et al., 2013; Weng et al., 2013; Zhou et

al., 2011). Die bisher vorgestellten Ergebnisse geben Anlass zu der Annahme, dass für die Entstehung und Aufrechterhaltung von Motivation bei Substanzsüchten wichtige Areale auch für die Generation von Spiel- und damit auch Videospielesucht, in Betracht zu ziehen sind.

I.3. Die Insula als Schnittstelle von Motivation, zielorientiertem Verhalten, Risikoverarbeitung und Emotion

Ob die Aktivität des Belohnungssystems bei gewinnversprechenden Stimuli einen prädiktiven Wert gegenüber motivierenden Faktoren in einem Spielprozess hat, bleibt bisher weitestgehend ungeklärt. Emotionale und motivierende Faktoren spielen bei neuronalen Verarbeitungsprozessen im Kontext von belohnungs- und risikoassoziertem Verhalten eine entscheidende Rolle. Videospiele sind in der Lage, eine große Bandbreite an Emotionen in Nutzern hervorzurufen. Dabei stehen ihnen, neben dem von den klassischen Medien Film und Buch verwendeten *Eintauchen* in eine Alternativwelt, umfangreiche Mechanismen zur Verfügung. Durch *Trial und Error*, Belohnungen und Verluste innerhalb des Spielgeschehens sowie eine Weiterentwicklung des, mit dem Spielgefühl unumgänglich verknüpften, Avatars (Spielcharakter), die zudem von den eigenen Entscheidungen und Neigungen abhängt, könnte es gelingen, anhaltenden Spielspaß zu generieren und das Belohnungssystem über einen konstanten Zeitraum zu stimulieren.

Der weit gefasste Begriff Spielmotivation lässt sich, wie eingangs beschrieben, in verschiedene Kategorien gliedern. Hierbei sind in der Motivationstheorie vor allem drei unterschiedliche Aspekte vorrangig (Ryan, Rigby, & Przybylski, 2006; Yee, 2006). Erstens, extrinsische Reize, bedingt durch Struktur, Dynamik und Inhalt des Spiels. Zweitens, der individuelle intrinsische Antrieb. Drittens, die Prägung der Umwelt des Spielers durch Zeitgeist, gesellschaftliche Akzeptanz und Normauslegung. Neben belohnenden Spielsituationen und Belohnungsassoziation stellen auch Risikosituationen extrinsische Reize dar, welche, abhängig von der jeweiligen intrinsischen Risikobereitschaft und den Erfahrungen des Spielers, eine motivierende Vertiefung des Spielerlebens bedingen (Smith et al., 2014b; Xue, Lu, Levin, & Bechara, 2010). Risikoverhalten beziehungsweise die Reaktion auf Risiko behaftete Situationen, ein in Videospiele fortwährend auftretender Schlüsselreiz, wird hauptsächlich und konsequent in der Insula verarbeitet (Mohr et al., 2010; Smith et al., 2014b). Die Insula evaluiert belohnungsassoziierte Situationen nicht nur unter Berücksichtigung des individuellen Risikos, sondern setzt diese zudem in einen emotionalen Kontext (Liu et al., 2011). Die Rolle der Insula als zentrales Areal für die Bewertung von

emotional gefärbtem und sozial kontextuiertem Verhalten wurde vielfach beschrieben. So zeigten fMRT Studien verstärkte neuronale Aktivierung im Bereich der Insula bei impliziertem unfairen Verhalten bzw. Normverletzungen in den Modellsituation von sogenannten *Ultimatum* und *Diktator Spielen* (Rilling, King-Casas, & Sanfey, 2008; Zheng et al., 2014). Gesondert wurde der Einfluss vorher implementierter Gefühlszustände, die in der Insula verarbeitet werden, auf das Entscheidungsverhalten betrachtet (Harle, Chang, van 't Wout, & Sanfey, 2012). Weiterhin wurde signifikant erhöhte Insulaaktivität bei einem Setting im fMRT nachgewiesen, das egalitäre emotionale Präferenzen hervorruft und auf diese Weise die Kooperationsbereitschaft der Probanden darstellt (Dawes et al., 2012). Der Insellappen ist ebenso maßgeblich an der Generation und Verarbeitung von emotionalem Schmerz im sozialen Kontext beteiligt. Dies zeigten Studien, die mittels *Diktator Spiel* sozialen Ausschluss beziehungsweise unsozial gefärbtes Verhalten bezüglich der reaktiven Insulaaktivität im fMRT betrachteten. Signifikante Aktivität wurde bei Belohnung bzw. Bestrafung von sozialen bzw. unsozialen Verhaltensweisen gemessen (Cristofori et al., 2013; Moor et al., 2012). Im Gegensatz dazu wurde keine signifikante Beteiligung der Insula bei einfachen Regelverletzungen außerhalb des sozialen Kontextes beobachtet (Cristofori et al., 2013). Die anteriore Insula scheint zudem heterogene Stimuli aus den Bereichen Emotionen und Belohnungssituationen gegeneinander abzugleichen und zueinander in Beziehung zu setzen (Cristofori, Harquel, Isnard, Mauguier, & Sirigu, 2015). Es konnte weiterhin belegt werden, dass das Belohnungssystem, insbesondere in Form von Insula und Striatum, entscheidend an der Generation von Motivation und Freude im Rahmen maternaler und romantischer Liebe involviert ist (Bartels & Zeki, 2004). Interessanterweise scheint die posteriore Insula eher an der Verarbeitung simpler, sensorimotorischer Reize der sexuellen Begierde beteiligt, wohingegen die anterioren Anteile stärker mit der komplexen Emotion Liebe assoziiert ist, ganz nach bereits beschriebenem postero-anterioren Informationsfluss innerhalb der Insula (Cacioppo, Bianchi-Demicheli, Frum, Pfaus, & Lewis, 2012). Alle genannten Studien beschreiben den Insellappen als einen Knotenpunkt für die Bewertung von emotionsgefärbten sozialen Verhalten, Empathie und belohnenden Situationen im Rahmen zwischenmenschlicher Zuneigung. Interessanterweise lassen sich die dabei untersuchten Gefühle nicht durch rein zwischenmenschliche Interaktion, sondern durch die Simulation dieser hervorrufen. Die in den fMRT Studien eingesetzten Stimuli, durch welche die Gefühle hervorgerufen werden, sind dabei virtueller Natur, vom simplen Vorzeigen von Bildern oder Abspielen von Videosequenzen bis hin zu komplexen Modellsituationen in Form von Spielen. Ebenso wie Gewinne, Gewinnantizipation und Risikomomente durch rein virtuelle Szenarien

vermittelt werden, können auch Emotionen auf virtuellem Weg hervorgerufen werden. Videospiele sind durch geschickten Einsatz dieser Komponenten in der Lage, Spielmotivation und Spielfreude zu generieren. Da die Insula eine Schnittstelle zwischen Belohnungs-, Risiko- und Emotionsverarbeitung darstellt und zudem in die Prozessierung zielorientierten Verhaltens involviert ist, wurde innerhalb dieser Studie für ein umfassendes Verständnis der neuronalen Mechanismen von (Video-) Spielmotivation die Rolle des Insellappens in den Fokus gesetzt.

I.4. Einfluss von Belohnung und Motivation auf kognitive Fähigkeiten

Wird eine Fähigkeit von einer spezifisch trainierten Aufgabe auf eine verwandte Situation übertragen, die zuvor nicht eingeübt wurde, spricht man von einem Transfereffekt. Eine solche Art des Lernens konnte sowohl bei Kindern und Adoleszenten, als auch bei Postadoleszenten bis ins hohe Alter nachgewiesen werden (Karbach, 2014; Karbach & Unger, 2014). Es existieren verschiedene Erklärungsansätze für die Funktionsweise von Transfereffekten, wobei grundsätzlich ein *allgemeiner* Transfer der Fähigkeit Informationen aufzunehmen, zu verarbeiten und adäquat auf diese zu reagieren, von einem *spezifischen* Transfer einzelner Aspekte dieses Verarbeitungsweges unterschieden wird. Eine kürzlich veröffentlichte Zusammenschau bisheriger Forschung gibt Anlass zu der Annahme, dass komplexe, dreidimensionale Videospiele keinen *allgemeinen* Transfereffekt bewirken. Bei einem solchen würde theoretisch die allgemeine Fähigkeit trainiert, statistische Informationen zu sammeln und auf deren Basis eine bessere Auswahl an zukünftigen Aktionen zu treffen, was zu einer gesteigerten Performance in verschiedensten perzeptuellen Aufgaben führte (Oei & Patterson, 2014). Wahrscheinlicher ist, dass *spezifische* Fähigkeiten, wie Kontrasterkennung (R. Li, Polat, Makous, & Bavelier, 2009), Aufmerksamkeitsteilung (Green & Bavelier, 2006; Oei & Patterson, 2013), visuelle Objektdetektion (Wu & Spence, 2013), Bewegungskennung im peripheren Gesichtsfeld (Buckley, Codina, Bhardwaj, & Pascalis, 2010; Green & Bavelier, 2003), das Erkennen visueller Veränderungen (Vallett, Lamb, & Annetta, 2013) und räumliche Orientierung (Feng, Spence, & Pratt, 2007; Sanchez, 2012; Uttal, Miller, & Newcombe, 2013) separat transferiert werden. Dabei ist der Transfereffekt umso stärker, je mehr Überschneidungen die geprüfte Aufgabe und die Übung haben, durch welche eine Fertigkeit trainiert wird (Oei & Patterson, 2014). Es wird angenommen, dass auch exekutive Funktionen, also kognitive Prozesse, welche Einfluss auf Handlungssteuerung und Informationsverarbeitung ausüben, über aufgabenspezifische Transfereffekte trainiert

werden können (Karbach & Unger, 2014). Ein Beispiel stellt das sogenannte *Task-Switching* dar. Hiermit wird die Fähigkeit der schnellstmöglichen Aufmerksamkeitsverschiebung zwischen verschiedenen Zielen beschrieben. Es konnte gezeigt werden, dass das Training von Action Videospielen (Action Game) über 15 Stunden (Strobach, Frensch, & Schubert, 2012) und über 50 Stunden (Green, Sugarman, Medford, Klobusicky, & Bavelier, 2012) bei Videospiel naiven Probanden zu einer Steigerung der Performance der Aufmerksamkeitsverschiebung führte. Interessanterweise konnten diese Effekte nicht für Kontrollen nachgewiesen werden, die nicht dem Action Game Genre zuzuordnende Spiele konsumierten (Tetris, Die Sims).

Insgesamt ist die Erforschung der Auswirkungen von Videospieldkonsum auf kognitive Prozesse in den letzten Dekaden stark vorangetrieben worden. Bereits zu den Anfängen der Videospield-Ära beschäftigte man sich mit der Verbesserung von visuo-motorischen Reaktionen durch Videospieldtraining. Die damaligen Ergebnisse brachten hervor, dass Vielspielern innerhalb von Tests, die Hand-Auge-Reaktionszeit prüfen und der von uns verwendeten Purdue Pegboard Aufgabe gleichen, gegenüber Nichtspielern signifikant besser abschnitten (Griffith, Voloschin, Gibb, & Bailey, 1983). Allerdings konnte von den Autoren kein Zusammenhang zwischen der Testperformance und der Videospieldtrainingsdauer ermittelt werden. Heute beschreiben diverse Publikationen den Einfluss von Videospielen auf Zu- oder Abnahme von Volumen in spezifischen Hirnregionen (Kühn et al., 2011; Weng et al., 2013; Weng et al., 2012; Yuan et al., 2013), eine veränderte Reaktivität auf Schlüsselreize (Crockford, Goodyear, Edwards, Quickfall, & el-Guebaly, 2005a; Thalemann, Wolfling, & Grusser, 2007) oder gesteigerte präfrontale Aktivität beim Lösen visuo-motorischer Aufgaben (Granek, Gorbet, & Sergio, 2010). Es wurde eine positive Assoziation regionaler Massenunterschiede verschiedener Hirnregionen mit Spielfortschritten in einem komplexen Strategiespiel beschrieben (Basak, Voss, Erickson, Boot, & Kramer, 2011). Dies steht laut den Autoren stellvertretend für den Erfolg bei komplexen kognitiven Echtzeit Aufgaben im Sinne eines Transfers. Für einen der auch in dieser Studie verwendeten Tests, die Mental Rotation Aufgabe, konnte ein signifikanter Trainingseffekt durch 10 stündiges Training eines Action Games festgestellt werden (Feng et al., 2007). fMRT Daten von Action Game Spielern zeigten bei aufmerksamkeitsfordernden Prozessen veränderte fronto-parietale Aktivität, was als verbessertes Filterverhalten bezüglich relevanter oder irrelevanter Informationen interpretiert wurde (Bavelier, Achtman, Mani, & Focker, 2012). Ein von Bailey, West, & Anderson (2010) beschriebener negativer Einfluss häufigen Videospieldens auf proaktive kognitive Fähigkeiten von Probanden verdeutlicht allerdings die Heterogenität der derzeitigen

Meinungslage, obwohl sich reaktive Prozesse nicht negativ verändert zeigen.

Trotz der umfassenden Datenlage stecken die Bemühungen Transfereffekte und deren neuronale Mechanismen in Gänze zu verstehen noch in den Kinderschuhen. Einen bisher ungenügend beachteten Punkt stellen vor allem auf solche Effekte einflussnehmende Faktoren innerhalb der betrachteten Spiele dar. Gefühle und Motivation werden seit längerem mit einer positiven Assoziation zu Kognition in Verbindung gebracht, was auf die bis heute viel diskutierte broaden-and-build-Theorie zurückgeht (Fredrickson, 2001). Durch eine gesteigerte Motivation und eine positive Erwartungshaltung wird die kognitive Flexibilität bestärkt und die Ausbildung neuartiger Denk- und Verhaltensmuster sowie effizienter Problemlösungsstrategien gefördert (Fitzpatrick & Stalikas, 2008). Interessanterweise stellt die Insula einen Knotenpunkt dar, der nicht nur selbst an der Prozessierung von Motivatoren teilhat, sondern von dem zugleich Efferenzen zu höheren kognitiven Bearbeitungskreisläufen führen, vor allem zum Striatalen Netzwerk und zum Präfrontalen Kortex (Smith et al., 2014b). Der Einfluss von innerhalb des Inselappens verarbeiteten Informationen auf oben beschriebene Prozesse kann somit nicht ausgeschlossen werden und soll durch die Erkenntnisse dieser Studie näher beleuchtet werden. Ausgehend vom Ansatz eines spezifischen Transfers erscheint es dabei sinnvoll einen Einfluss auf den Transfer jener Fähigkeiten zu prüfen, die innerhalb des in dieser Studie verwendeten Videospieles konstant abgerufen und somit trainiert werden (Oei & Patterson, 2014). Jump'n Run Titel gehören einer Sub-Kategorie der Action Games an, bei der es auf eine schnellstmögliche Detektion von Zielen, die Verarbeitungsgeschwindigkeit neuer Stimuli und eine darauf basierende, umgehende motorische Reaktion ankommt. Zudem wird durch das komplexe, dreidimensionale Level Design und die Bewegungsanforderungen des Spielcharakters in besonderem Maße die räumliche Orientierung trainiert. Eine Verbesserung der Hand-Auge-Koordination hingegen ist durch die regelmäßige Arbeit an der Spielkonsole selbst zu erwarten.

I.5. Abgeleitete Arbeitshypothesen

Obwohl die Insula eine zentrale Stellung in der Verknüpfung von Belohnungsreizen und Belohnungserwartung mit einem emotionalen Kontext, Entscheidungsfindung und der Verarbeitung von Risikosituationen inne hat, wird sie bei den Bemühungen das Phänomen Videospielemotivation zu verstehen bisher weitgehend vernachlässigt. Dabei ist es jedoch hoch wahrscheinlich, dass sich die für jeden Einzelnen unterschiedlich hohe Affinität gegenüber

motivierenden Reizen, die durch Videospiele vermittelt werden, in der Aktivität des Insellappens bei Gewinnantizipation widerspiegelt. Diese prospektive Studie verwendete fMRT-Untersuchungen, Fragebögen und kognitive Tests zur Überprüfung einer vordefinierten Ansprechbarkeit der Insula auf Belohnungsmechanismen, welche sich in gesteigerter Motivation bei der Ausübung von Videospiele widerspiegelt. Die Auswirkungen von Videospielekonsum auf neuronale Prozesse in der Insula wurden im Vergleich zu einer Kontrollgruppe untersucht. Zuletzt wurde der Zusammenhang zwischen dem Ansprechen der Insula auf Belohnungsantizipation und dem Transfer kognitiver Fähigkeiten betrachtet. Im Zusammenhang mit der obig dargestellten Analyse des derzeitigen Forschungsstandes ergaben sich die folgenden Arbeitshypothesen.

Hypothese I: Die Insula ist bei der Verarbeitung von Gewinnantizipation beteiligt, was sich in der fMRT durch einen positiven Aktivitätskontrast von Gewinn- zu Verlustantizipation darstellt. In dieser Reaktivität zeigen die Gruppen der Spieler und Kontrollen keine signifikanten Unterschiede.

Hypothese II: Die TP1 Aktivität der Insula bei Gewinnantizipation besitzt einen prädiktiven Wert gegenüber der im Trainingszeitraum von acht Wochen subjektiv empfundenen Affinität der Spieler gegenüber dem Videospiele. Es wird davon ausgegangen, dass eine gesteigerte Spielmotivation zu einer verbesserten Leistung innerhalb des Spiels führt, sodass gegenüber dieser Leistung ebenfalls ein prädiktiver Wert nachweisbar ist.

Hypothese III: Die Interventionsphase beeinflusst die Reaktion der Insula auf Gewinnantizipation in Spieler- und Kontrollgruppe unterschiedlich, was sich in einem Vergleich der Aktivität des Areals von TP1 und TP2 widerspiegelt.

Hypothese IV: Eine gesteigerte Spielmotivation wirkt sich positiv auf einen durch Videospieletraining verursachten Transfer kognitiver Fähigkeiten aus. Dies wird in einer positiven Korrelation vom Abschneiden in einer neuropsychologischen Testbatterie zu sowohl subjektiver Affinität zum Videospiele als auch zur Insulareaktivität auf Gewinnantizipation ersichtlich.

II. Material und Methoden

II.1. Studienkonzept

Das Grundkonzept der Studie bestand darin, gegenüber Videospiele naiven Probanden über einen Zeitraum von acht Wochen ein dreidimensionales Videospiele konsumieren zu lassen. Die Studie wurde durch die Ethikkommission der Charité, Universitätsmedizin Berlin bewilligt. Vor der Interventionsphase durchliefen alle Probanden eine Reihe von neuropsychologischen Tests sowie eine, die Slot Machine Aufgabe (SLM-Task) beinhaltende, fMRT. Zudem waren Fragebögen zur Einschätzung von Stimmungslage, Suchtverhalten und Lebensumständen zu bearbeiten. Anschließend folgte für die Gruppe der Spieler eine zweimonatige Phase des Videospieles (Spielephase). Eine gleich große Gruppe von Kontrollen durfte in diesem Zeitraum keinerlei Computerspiele oder Spiele beinhaltende Smart-Phone Applikationen nutzen. Spieler wie auch Kontrollen durchliefen einen zweiten Zyklus aus Tests, fMRT und Fragebögen nach acht Wochen.

II.2. Probanden

Die Rekrutierung der Probanden erfolgte über den Universitätsverteiler (Charité, Universitätsmedizin Berlin) sowie die Schaltung von Online-Anzeigen. In einem initialen Interview wurde potentiellen Teilnehmern der Studienablauf detailliert erläutert. Anschließend wurden ein Mini International Neuropsychiatric Interview (M.I.N.I.) (Sheehan et al., 1998) durchgeführt und Fragen zu Familien- und Medikamentenanamnese gestellt. Psychiatrisch oder neurologisch auffällige Personen, insbesondere solche mit positiver Medikamentenanamnese oder neuropsychiatrisch erkrankten Blutsverwandten ersten Grades, konnten auf diese Weise frühzeitig ermittelt und ausgeschlossen werden. Ebenso führten Substanzmissbrauch, sonstige Suchterkrankungen und übermäßiger Alkoholkonsum zum vorzeitigen Studienausschluss. Essentielle Bedingung zur Studienteilnahme war eine größtmögliche Unerfahrenheit gegenüber Videospiele. Über eigens entwickelte Fragebögen wurde zeitnah zur ersten fMRT ein genaues Bild über das Videospieleverhalten der Probanden hinsichtlich Dauer und Art der von ihnen konsumierten Spiele erstellt. Der Beobachtungsfokus lag hierbei auf den letzten sechs Jahren. Der verwendete Begriff *Videospiel* umfasst sowohl Computer- und Konsolenspiele im klassischen Sinne, als auch weit verbreitete Spiel-Applikationen für Smartphones oder Spiele im Rahmen von Browser-Inhalten. Weiterhin wurden gezielt psychologische Verhaltensmuster abgefragt, die Hinweise

auf eine gesteigerte Affinität gegenüber Videospielen oder gegenüber Videospielesucht entsprechendem Verhalten gegeben hätten. Neben Fragen zur Videospieleanamnese waren zum Messzeitpunkt TP1 ausführliche Fragebögen zu Alkohol- und Drogenkonsum, Sozialverhalten und psychiatrischen Auffälligkeiten zu bearbeiten. Diese dienten der Verifizierung von im initialen Telefoninterview erfragten Einschlusskriterien.

Es ist bekannt, dass neuronale Korrelate der Verarbeitung von Belohnungsantizipation durch entwicklungspezifische Unterschiede beeinflusst werden (Lorenz et al., 2014). Um fMRT relevante Abweichungen innerhalb verschiedener Altersstufen zu minimieren, wurde die Altersspanne der Probanden auf 18 bis 40 Jahre eingegrenzt. Weiterhin galten Rechtshändigkeit sowie verhandlungssichere deutsche Sprachkenntnisse als Einschlusskriterien. Auf diese Weise konnten zu einem Bias in fMRT und neuropsychologischen Testungen führende Faktoren ausgeschlossen werden. Für die Teilnahme an einer MRT-basierten Studie erforderliche gesundheitliche Kriterien wurden erfragt. Das Einverständnis zur Teilnahme an einer zweizeitigen fMRT ohne Kontrastmittel Verabreichung wurde von allen Probanden gegeben. In einer Zusammenschau der in Tab.2 aufgeführten Kriterien wurde eine Einschätzung der Tauglichkeit zur Studienteilnahme getroffen. Nach der Bildung geschlechterspezifischer Gruppen erfolgte die Zuteilung zu Spiele- oder Kontrollgruppe randomisiert.

Variablen des Probandenkollektivs	Spieler	Kontrollen	t-Wert	d.f.	p-Wert
Teilnehmer (weiblich/männlich)	25 (18/7)	25 (18/7)	-	48	1
Alter Mittelwert (SD); Min.-Max.	23,8 (3,95); 18-36	23,4 (3,75); 19-33	-0,16	42	0,72
Videospielzeit in Stunden/Monat; in den letzten 12 Monaten (SD)	0,37 (0,96)	1,03 (2,6)	-1,2	48	0,24
Alkoholkonsum in Tagen/Monat (SD)	3,46 (2,28)	1,03 (3,06)	-0,44	43	0,66

Tab. 1: Statistische Beschreibung des Probandenkollektivs. SD = Standarddifferenz, Min. = minimales Alter, Max. = maximales Alter, d.f. = degrees of freedom.

Eine Beschreibung des nach oben genannten Kriterien ermittelten Probandenkollektivs kann Tab. 1 entnommen werden. Keine der dort dargestellten Variablen zeigte in einem T-Test für unverbundene Stichproben einen signifikanten Gruppenunterschied. Es ist darauf hinzuweisen, dass eine komplette Naivität gegenüber Videospielen seitens männlicher Personen unter 40 Jahren in der durch unsere Rekrutierungsmaßnahmen angesprochenen Kohorte äußerst selten war.

Einschlusskriterien	Bedingungen
Videospielanamnese	kein aktiver Videospieldkonsum innerhalb der letzten 6 Jahre, ausgenommen zweidimensionale Smartphone Applikationen ohne Fokus auf konstantem Spielfortschritt: maximal 2 Tage/Woche mit weniger als 1h Spielzeit/Tag, weiterhin ausgenommen Multiplayer Spiele im Rahmen sozialer Veranstaltungen (Beispiel: FIFA, Singstar), maximal 2 Tage/Monat; keine passive Auseinandersetzung mit Videospieldinhalten > 2h/Woche (Beispiel: Youtube Let's Plays); im Zeitraum vor 6 Jahren maximal 2 Tage/Woche Konsum mit weniger als 2h Spielzeit/Tag; kein Besitz eigener Videospieldkonsolen
Spielverhalten	Selbsteinschätzung auf Skala von 0 (nie/gar nicht) bis 4 (immer/stark) bezüglich Spielverhalten (inklusive nicht virtueller Spiele) für Parameter: gedankliche Beschäftigung, Selbstwerterhöhung oder -erniedrigung durch Spielen, Zunahme von Spieldauer, Abnahme der Fähigkeit das Spiel zu beenden; durchschnittliches Verlangen; Problembewältigung durch Spiele; Realitätsverlust durch Spielkonsum; Einschränkungen des realen Lebens durch Spielverhalten: Ausschluss bei einem Summierten Score > 0.
Mini International Neuropsychiatric Interview	Keine Diagnose
Psychologische und medizinische Anamnese	Ausschluss bisheriger psychiatrischer oder psychologischer Therapie; Ausschluss psychomotorisch bedingter chronischer körperlicher Probleme oder Schmerzen; Ausschluss neurologisch relevanter Geburtskomplikationen; Ausschluss genetisch bedingter; psychiatrischer oder MRT relevanter Erkrankungen innerhalb Verwandtschaft 1. Grades (Substanzabusus, Depression, Bipolare Störung, Suizidversuche, Schizophrenie, Demenz, Phobien, Zwangsstörungen, Essstörungen, geistige Behinderung; Migräne; Epilepsie, Morbus Parkinson)
Medikamenten-anamnese	Ausschluss bei stattgehabter Einnahme von Antidepressiva, Sedativa, sonstige Psychopharmaka
Alkoholkonsum	Unterschreitung der Harmloskeitsgrenze - maximale über die Woche gemittelte Trinkmenge von 16g/Tag (w) bzw. 24g/Tag (m); maximal drei Trinktage/Woche
Suchtanamnese: sonstige Drogen	keinerlei Konsum von THC innerhalb der letzten 6 Monate; kein stattgehabter Konsum sonstiger bewusstseinsweiternder Substanzen; Nicotin Konsum galt nicht als Ausschlusskriterium
Sprachkenntnisse	Verhandlungssicheres Deutsch
Händigkeit	Rechtshändigkeit
Probandenalter	18 Jahre bis 40 Jahre
MRT/Gesundheitliche Konstitution	keinerlei Vorerkrankungen oder stattgehabte Operationen an Herz, Leber, Niere, Hirn und Schilddrüse; keine systemische Erkrankung; keine Hörschädigung oder Klaustrophobie; keinerlei implantierte metallische Gegenstände; kein Herzschrittmacher; keine Eisenverbindungen enthaltende Tätowierungen; Ausschluss einer Schwangerschaft

Tab.2: Einschlusskriterien der Probandenrekrutierung

II.3. Trainingsphase und Videospelaufbau

Die Spielgruppe erhielt eine einheitliche Präsentation zum Spiel *Super Mario 64 DS* und zur Handheld-Konsole *Nintendo Dualscreen XXL* (Nintendo DS). Spiel und Konsole wurden den Probanden für den Zeitraum der Spielephase zur Verfügung gestellt. Innerhalb dieses Zeitraums musste eine Mindestspielzeit von 30 Minuten täglich absolviert werden, je nach Belieben durfte aber länger gespielt werden. Das kompakte Design der Konsole und deren Versorgung über einen aufladbaren Akku sollten eine bestmögliche Integration des Videospieles in den Alltag ermöglichen.

Super Mario 64 DS ist ein dreidimensionales Jump'n Run Adventure (Plattformer), bei dem der Spieler aus einer 3rd Person Ansicht einen Spielcharakter steuert. Die Spielwelt wird also durch einen Blick über die Schulter des Charakters wahrgenommen. Neben dieser Ansicht steht ein zweiter Bildschirm zur Verfügung, welcher zur besseren räumlichen Orientierung eine Karte der aktuellen Spiellandschaft in Vogelperspektive zeigt. Der untere Konsolen-Bildschirm kann gleichzeitig als Touchscreen verwendet werden. Um möglichst homogene Ausgangsbedingungen zu schaffen, durften allerdings ausschließlich die konventionelle Steuerung (Steuerkreuz und Tasten) benutzt werden (siehe Abb. 2).

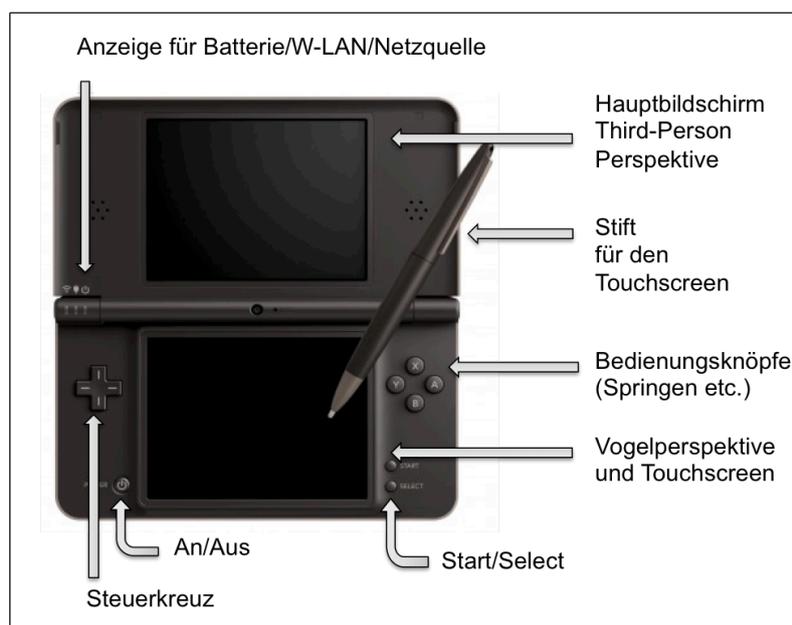


Abb. 2: Nintendo DS XL Konsole. Darstellung der Komponenten und Bedienungsmöglichkeiten. Abb. von (Gamespot, 2011), überarbeitet.

Neben räumlichen Navigationsfähigkeiten verlangt das von uns ausgewählte Videospiel Geschicklichkeit sowie ein gutes zeitliches Einschätzungsvermögen beim absolvieren diverser Parcours-Situationen und beim Bekämpfen virtueller Gegner (siehe Abb. 3).

Der Spieler steuert hierbei den ihn innerhalb der Spielwelt repräsentierenden Avatar durch Befehle wie Springen, Laufen, Schlagen, Treten, Tragen, Schwimmen, Lesen, Aufstampfen und andere, teilweise characterspezifische Aktionen. Aus diesen Aktionsmöglichkeiten leitet sich die Klassifizierung als *Jump'n Run Adventure* ab. Mit fortschreitendem Spielverlauf werden mehr und mehr dieser Fähigkeiten freigeschaltet. Der Proband muss Spielsituationen eigenständig analysieren und erkennen, wann er eine Aufgabe durch welche Abfolge an Fähigkeiten lösen kann.

Die Spielwelt besteht aus einem zentralen Knotenpunkt, von dem aus der Spieler in unterschiedliche Levels beziehungsweise Sub-Areale gelangt. Diese Levels unterscheiden sich in Punkten wie grafisches Design, Gegner-Typus und notwendigem Einsatz von Fähigkeiten stark voneinander. Das Level-Design zeichnet sich durch seine komplexe, meist mehrstöckige Architektur aus. In die Spielwelt ist weiterhin eine Art Währungssystem, bestehend aus Münzen und Sternen, integriert (siehe Abb. 3). Ziel des Spiels ist es eine Hohe Anzahl von Sternen zu sammeln, um so auf weitere Spielebenen zurückgreifen zu können und die Fähigkeiten der Spielfigur(en) zu entwickeln. Oft kann dies nur durch das Lösen von Rätseln, den Kampf gegen virtuelle Widersacher oder das Auffinden geheimer Spielorte vollbracht werden. Die Maximalanzahl an Sternen beträgt 150. Das Erlangen eines Sternes stellt eine größere Belohnungssituation im Spielverlauf dar. Kleinere Belohnungssituationen ergeben sich beim Sammeln von in den Levels platzierten Münzen. Einhundert Stück von diesen können später in einen Stern umgewandelt werden. Einen zusätzlichen Belohnungsreiz stellt das Freischalten von neuen Charakteren dar. Diese beherrschen neben den Standardaktionen zusätzliche Spezialfähigkeiten, mit deren Hilfe im Laufe der Zeit schwer erreichbare Sterne erobert werden können. Verlustsituationen entstehen durch virtuelle Tode des Avatars, zB. beim Herunterfallen von einer Klippe oder im Kampf mit einem Gegner. Hierbei geht der in einem Sub-Areal erlangte Spielfortschritt verloren und der Spieler muss vom Beginn des Levels aus eine neue Mission antreten. Das Scheitern an einem der zahlreichen Rätsel innerhalb des Spiels kann ebenso als Verlust-Stimulus betrachtet werden.

Die Auswahl des Spiels erfolgte aufgrund seiner hohen Potenz bezüglich der Identifikation mit der Spielfigur sowie der Fülle an geistig und geschicklich fordernden Spielmomenten. Das Spiel eignet sich gut für den Einstieg naiver Probanden und spricht männliche wie weibliche Probanden gleichermaßen an. Vor allem aber in der konstanten Entwicklung der Spielwelt auf Basis selbst erarbeiteter Erfolge sahen wir die optimale Voraussetzung für eine anhaltende Stimulierung des neuronalen Belohnungssystems. Hilfe bei schwierigen Spielpassagen oder zu hoher Frustration konnte zu jeder Zeit bei den Studienleitern per E-

Mail oder Telefonanruf eingeholt werden. Die Hilfestellungen wurden allerdings auf ein Minimum beschränkt, um die individuelle Auseinandersetzung mit Hindernissen und Rätseln zu fördern. Den Probanden wurde ein 20€ Gutschein eines Online-Versandportals in Aussicht gestellt, wenn die Mindestspielzeit über acht Wochen eingehalten würde. Zusätzlich wurden die drei besten Spieler mit einem weiteren Gutschein über 20€ belohnt, was den Probanden ebenfalls im Vorfeld mitgeteilt wurde. Die Kontrollgruppe durchlief wie die Spielergruppe eine Messreihe aus fMRT, neuropsychologischen Testungen und psychosozialen Fragebögen. Anschließend durften über acht Wochen keine Videospiele genutzt werden. Danach erfolgte bei ihnen ebenfalls eine Wiederholung oben beschriebener Tests. Allen Probanden wurde am Ende der Studie eine Aufwandsentschädigung von 100€ ausgezahlt.

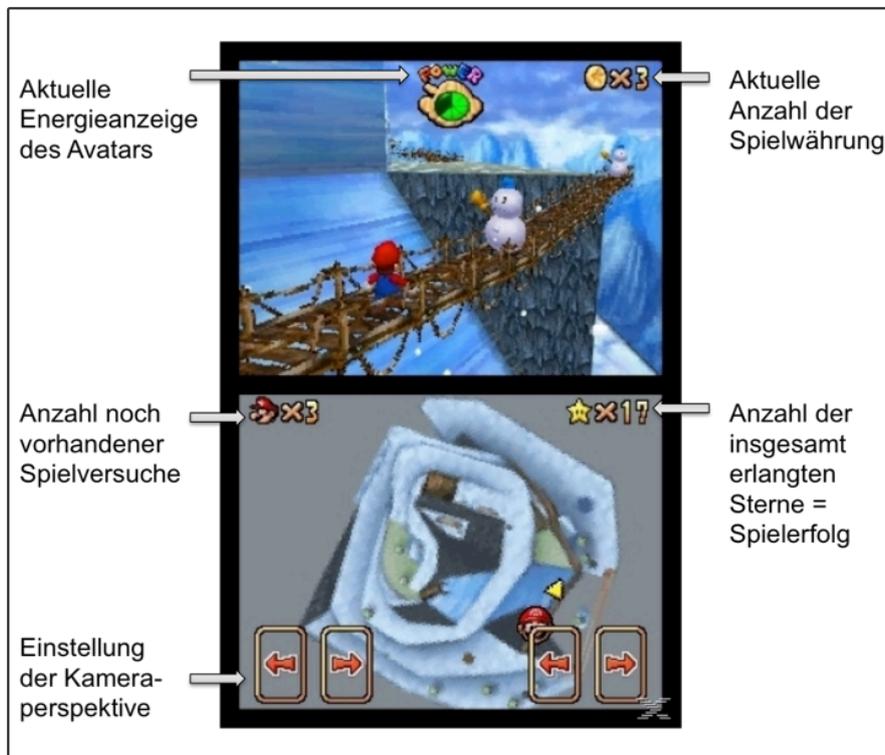


Abb. 3: Beispielsituation aus dem Spiel Super Mario 64 DS. Oberer Bildschirm: Der Hauptcharakter (Super Mario) steht während eines Balance-Aktes einem Widersacher gegenüber. Unterer Bildschirm: Eine Vogelperspektive auf die aktuelle Spiellandschaft ermöglicht eine bessere Orientierung. Abb.: überarbeiteter Screenshot.

II.4. Spielaffinität

In einem wöchentlichen Fragebogen wurden von den Probanden Angaben zu Spielspaß, Frustration, Verlangen und Fortschritt gemacht. Die subjektiven Parameter wurden von eins (sehr wenig) bis sieben (sehr stark) skaliert bewertet, der Erfolg wurde an der Anzahl der

gesammelten Sterne gemessen. Zusätzlich war die Spielzeit innerhalb der jeweiligen Woche in Stunden anzugeben. In Prosa konnte auf diesem Wege auch über Frustration oder Schwierigkeiten bei einzelnen Spielsituationen und Rätseln berichtet werden.

Die Bedeutung der subjektiv abgefragten Parameter wurde im Vorfeld definiert. Unter *Spaß* sollten die positiven Gefühle der Probanden zusammengefasst werden, die unmittelbar während der Spielsituationen wahrgenommen wurden, zum Beispiel beim Erlangen eines Sternes oder bei einem Sieg über einen virtuellen Gegner. Gewinnstimuli, wie das Auffinden von geheimen Arealen oder das Lösen von Rätseln, gingen ebenfalls in diesen Parameter ein. Über die Variable *Frustration* konnten die Probanden ihre Gefühle bei Verlustsituationen ausdrücken. Hierbei sollten unmittelbare Verluste betrachtet werden, wie zum Beispiel der virtuelle Tod des Avatars und der Verlust von Spielfortschritten durch einen Fehlschlag in einer Spielsituation. Aber auch längerfristige Stagnation, beispielsweise bei nicht lösbaaren Rätseln oder nicht schlagbaren Gegnern, sollten in diesem Parameter Ausdruck finden. Der Parameter *Verlangen* sollte angeben, wie stark die Beschäftigung mit Spielinhalten außerhalb der Spielsituation ausfiel. Ebenso sollte eine Vernachlässigung von Pflichten zugunsten des Spielens oder ein möglicher Interessenverlust gegenüber anderen Aktivitäten und Hobbys mit in die Betrachtung einbezogen werden.

Der Zusammenschluss aus oben genannten subjektiven Parametern und dem objektiven Spielerfolg bildet die Affinität (im Folgenden als *Spielaffinität* bezeichnet) des einzelnen Probanden gegenüber dem Videospiel ab. Falls innerhalb der Spielephase Videospiele außer Super Mario 64 gespielt wurden, sollten diese inklusive der damit verbrachten Spielzeit angegeben werden. Die ausgefüllten Word Dateien wurden abschließend zur Auswertung per Email an die Studienbetreuer gesandt. Zur Verifizierung des Spielfortschritts wurden die Daten der Konsolen nach Ablauf von acht Wochen ausgelesen und mit den Erfolgs-Angaben der wöchentlichen Fragebögen abgeglichen.

II.5. Funktionelle Magnetresonanztomographie

II.5.1. Physikalische Grundlagen der Magnetresonanztomographie

Die Magnetresonanztomographie (MRT) ermöglicht eine nichtinvasive Darstellung von Hirngewebe in hoher räumlicher Auflösung. Da die MRT eine Kombination von Magnetfeld und Hochfrequenzimpulsen (HF-Impulse) zur Anregung von Wasserstoffprotonen nutzt, spiegeln ihre Bilder nicht wie bei Röntgen und Computertomographie die allgemeine Gewebedichte, sondern die Protonendichte im Gewebe wieder. Es lassen sich Signale

detektieren, die durch das physikalische Verhalten der Protonen von Wasserstoffatomen bedingt werden.

Die Eigendrehung der Atomkerne ist eine Grundeigenschaft der Elementarteilchen, jedes Element hat dabei eine typische Frequenz, die nicht abgebremst oder beschleunigt werden kann. Durch die ungerade Protonenanzahl innerhalb des Atoms entsteht ein von null abweichender Drehimpuls um die eigene Längsachse (Kernspin) (Schneider, 2013), S.62-63). Die Längsachsen der einzelnen Atomkerne unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Anordnung im Raum zufällig. In Kombination von Spin und der eigenen elektrischen Ladung entsteht für jeden Atomkern ein eigenes magnetisches Moment. Da die Längsachsen der Protonen allerdings in der Gesamtheit ungerichtet vorliegen, wohnen dem Gewebe in der Summe keine magnetischen Eigenschaften inne. Ein Magnetresonanztomograph ist durch das ihm eigene Magnetfeld dazu in der Lage, die Längsachsen von Protonen innerhalb jeden Gewebes zu beeinflussen. Sie richten sich in dabei entweder parallel oder anti-parallel zur Achse des externen Magnetfeldes aus. Dieser Prozess beschreibt die so genannte Longitudinalmagnetisierung. Durch energetisch günstigere Bedingungen kommt der parallele Zustand dabei etwas häufiger vor als der antiparallele. Diese so genannte Boltz-Mann-Verteilung entspricht einem Verhältnis 1.000.007:1.000.000 bei einer Feldstärke von 1 Tesla (Pabst, 2013). Da sich die beiden Zustände gegenseitig negieren, erzeugen nur überschüssige parallel ausgerichtete Protonen ein nach außen wirksames Magnetfeld.

Innerhalb des Magnetfeldes liegen die Protonen nie komplett auf den Feldlinien ausgerichtet, sondern präzedieren innerhalb einer Kreisbewegung um die Hauptmagnetfeldachse (z-Achse). Als Präzession wird eine Richtungsänderung bezeichnet, welche die Rotationsachse eines rotierenden Körpers ausführt, wenn eine äußere Kraft ein Drehmoment senkrecht zu dieser Achse ausübt. Die Frequenz der Kreisbewegung wird als Präzessionsfrequenz oder Lamorfrequenz bezeichnet. Sie ist proportional zur Stärke des Magnetfeldes. Innerhalb einer MRT werden der Lamorfrequenz HF-Impulse in das magnetische Feld appliziert um die Gesamtvektoren der Protonen um 90° zu kippen. Dies führt zu einer Abnahme der Longitudinalmagnetisierung entlang der Hauptmagnetfeldachse. Durch den HF-Impuls werden die Protonen zusätzlich auf ihrer Präzessionsbahn synchronisiert und befinden sich anschließend in der gleichen Phase der Präzessionsbewegung (Schneider, 2013), S.63-64). Sind zwei Vektoren gleicher Frequenz und gleicher Stärke phasengleich, kommt es zu einem Verstärkungseffekt der Magnetisierung entlang der Transversalebene. Die Protonen fallen beim Erlöschen des HF-Impulses wieder in ihren vorherigen Zustand zurück, was als Relaxation bezeichnet wird (Schneider, 2013), S.64). Das Zurückkippen in den

ursprünglichen longitudinalen und damit in einen niedrigeren energetischen Zustand, stellt die TP1-Relaxation dar. Die TP1- Relaxation beschreibt vereinfacht gesagt, wie schnell das Gewebe wieder erregt werden kann. Die TP1-Zeitkonstante gibt dabei den Zeitpunkt an, zu dem 63 % der ursprünglichen Longitudinalmagnetisierung wiederhergestellt sind (Pabst, 2013).

Die Dephasierung der Protonen, das heißt das Verlassen der Phasengleichheit nach Beendigung des HF-Impulses, wird als T2-Relaxation bezeichnet. Hierbei kommt es zu einem Abfall der Transversalmagnetisierung. Die T2-Zeit gibt dabei den Zeitpunkt an, zu dem 37 % der ursprünglichen Transversalmagnetisierung wiederhergestellt sind (Pabst, 2013). Die bei TP1- und T2-Relaxation unabhängig voneinander freigesetzten Energien werden durch einen Magnetresonanztomographen detektiert und zur Bilderzeugung genutzt. Das empfangene Signal ist abhängig von der Protonendichte, vom Magnetfeld (B_0) des Tomographen, von der T1-Relaxationzeit und der T2-Relaxationzeit (Pabst, 2013). In Flüssigkeiten ist die Bewegungsphase der Protonen durch eine hohe Bewegungsfreiheit länger synchronisiert als in nicht-flüssigem Gewebe. Dies führt zu einer längeren T2-Zeit, was in T2-gewichteten Bildern ein stärkeres Signal bedingt und so innerhalb der Bildgebung zu einer hellen Darstellung führt. Je länger die Zeit zwischen den HF-Impulsen ist, in der sich die Protonen wieder am Magnetfeld ausrichten können, umso größer ist die Längsmagnetisierung der Protonen und umso stärker wird das T1-Signal bei erneuter Anregung. In Geweben mit hohem Fett- oder Proteinanteilen wird in der T1-Wichtung auf diese Weise ein starkes Signal erzielt. Flüssigkeiten hingegen stellen sich in dieser Wichtung dunkel dar. Da durch den Hochfrequenz-Impuls grundsätzlich alle Protonen im zu untersuchenden Gewebe angeregt werden, muss sich für eine exakte Ortslokalisierung der ausgesendeten Signale mehrerer Gradienten bedient werden. Dies geschieht in z-Richtung durch Schichtselektion (Festlegung von Schichtdicke und Position), in x-Richtung durch Frequenzkodierung und in y-Richtung durch Phasenkodierung (Ortsbestimmung). Die technische Realisation erfolgt mittels Gradientenspulen, welche das Hauptmagnetfeld überlagern. Durch die so entstehende Matrix mit spezifischer Frequenz- und Phasenverschiebung für jeden einzelnen Punkt innerhalb des Gewebes, kann durch unterschiedlich hohe Lamorfrequenzen (der HF-Impulse) ein einzelnes Areal detektiert werden, in dem die spezifischen Resonanzbedingungen dieser Frequenz erfüllt sind (Pabst, 2013).

II.5.2. BOLD-Effekt

Das BOLD-Signal in der fMRT-Messung beschreibt die Menge an Desoxyhaemoglobin pro Volumeneinheit (Voxel) zum Zeitpunkt der Schichtakquisition (Schneider, 2013), S.77).

Da die Aktivierung von Hirngewebe eine lokale Stoffwechselerhöhung bedingt, reagiert das betroffene Areal auf den anfallenden Mehrbedarf an Sauerstoff und Glukose durch neurovaskuläre Kopplung, also in Form von Durchblutungssteigerung. Da die Nervenzellen den anflutenden Sauerstoff nicht in Gänze verbrauchen können, kommt es auf diese Weise zu einer relativen Konzentrationserhöhung von oxygeniertem gegenüber desoxygeniertem Hämoglobin. Genauer steigt der relative Anteil von Desoxyhämoglobin bis ca. zwei Sekunden nach Beginn der neuronalen Aktivität im Sinne eines Verbrauchs durch Nervenzellen. Danach nimmt durch die einsetzende Blutflusssteigerung der Anteil an Oxyhämoglobin zu. Desoxyhämoglobin verhält sich im Gegensatz zu Oxyhämoglobin paramagnetisch, das heißt es führt zu einer Inhomogenisierung des umgebenden Magnetfeldes. Aus der sich an die anfängliche Verbrauchsphase anschließende Blutflusserhöhung und somit Rehomogenisierung resultiert eine Dephasierung der Protonenspins im betroffenen Gewebe. Es kommt zu einer Veränderung der effektiven transversalen Relaxationszeit der Wasserstoff-Kernspins, welche ihr Maximum etwa 5 – 8 Sekunden nach Applikation eines geeigneten Stimulus erreicht (Aguirre, Zarahn, & D'Esposito, 1998). Dies führt zu einer detektierbaren Signaländerung in der MRT, dem sogenannten BOLD (blood oxygen level dependent) Effekt (Schneider, 2013), S.77-78).

II.5.3. Scanning Prozedere

Für die Datenakquisition des fMRT (T2*-gewichtete echoplanar images (EPI) zur Untersuchung des BOLD-Kontrasts) wurde ein Siemens TIM Trio 3T (Erlangen, Germany) verwendet. Hierbei wurde eine 12-kanalige Standardkopfspule (36 axiale Schichten; 3 mm Schichtdicke; Voxelgröße = 3 x 3 x 3,6mm; time to repetition (TR) = 2s; time to echo (TE) = 30ms; field of view (FoV) = 216 x 216; Flip-Winkel = 80°; Matrixgröße = 64 x 64 {axiale Orientierung}) benutzt. In der gleichen Sitzung wurden zusätzlich T1-gewichtete strukturelle Bilder zum anatomischen Abgleich mit einer auf dem ADNI-Protokoll basierenden Gradienten-Echo-Sequenz (176 sagittale Schichten; Voxelgröße = 1 x 1 x 1mm; TR = 2500ms; TE = 4.77ms; inversion time = 1100ms, FoV = 256 x 256 x 176, Flip-Winkel = 7°; Matrixgröße = 256 x 256; axiale 3D Sequenz) erstellt. Während des Scans durchliefen die Probanden die SLM-Task, welche mittels MRT-geeigneten, digitalen Brillen (VisuaStim)

visualisiert und per Knopfdruck der rechten Hand absolviert wurde.

II.6. Slot Machine Task

Sowohl die Spiele- als auch die Kontrollgruppe absolvierte die SLM-Task bevor und nachdem die Spiele- bzw. Kontrollphase stattgefunden hatte. Der während einer fMRT-Messung zum Einsatz kommende Test wurde unter Verwendung des Programms Presentation Software (Version 14.9, Neurobehavioral Systems Inc., Albany, CA, USA) programmiert. Wie bei herkömmlichen, umgangssprachlich als *Einarmiger Bandit* bezeichneten, Spielsystemen, beinhaltete die SLM-Task drei nebeneinander stehende Räder, auf denen unterschiedliche Gruppen von Früchten abgebildet waren (Frucht X und Y). Zu den Messzeitpunkten TP1 und TP2 wurden jedem Probanden ein unterschiedliches Früchtepaar (entweder Melonen (X) und Bananen (Y) oder Kirschen (X) und Zitronen (Y)) gezeigt. Die Verteilung erfolgte für beide Gruppen ausgeglichen in abwechselnder Reihenfolge, bestimmt durch den Zeitpunkt der Datenerhebung.

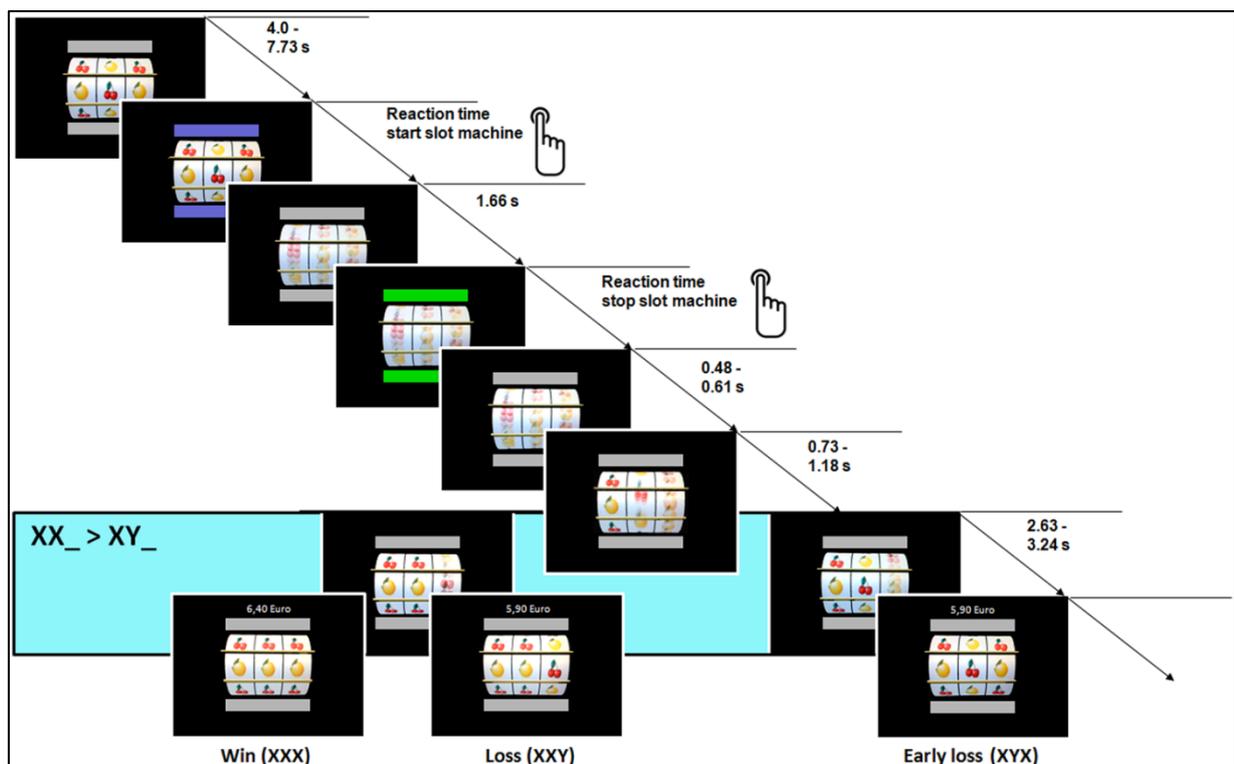


Abb. 4: Aufbau der SLM-Task. Die fMRT Analyse bezieht sich auf den Zeitpunkt, zu dem das zweite Rad arretiert, das dritte Rad jedoch noch rotierte. Eine Übereinstimmung der beiden bereits feststehenden Früchte ($XX_$) stellte einen gewinnantizipierenden Stimulus dar, ein Unterschied ($XY_$) hingegen eine Verlustantizipation. Abb. aus (Lorenz, Gleich, Gallinat, & Kühn, 2015).

Vor Beginn des Versuchs wurden die Probanden instruiert 60 Durchläufe zu absolvieren und

dabei so oft wie möglich drei Früchte in einer Reihe zu erlangen. Informationen zur Gewinnverteilung und dem Gewicht von Zufall oder Geschicklichkeit wurden komplett vorenthalten.

Die Kommandos für das Starten und Stoppen der Aufgabe wurden durch unterschiedlich gefärbte Balken über und unter den Rädern visualisiert. Graue Balken standen für einen inaktiven Status, während dessen die Probanden keinen Einfluss auf die SLM-Task hatten. Wenn die Balken blau wurden, symbolisierte dies den Start der Aufgabe. Die Probanden konnten nun die Räder durch Knopfdruck der rechten Hand zum rotieren bringen, woraufhin wieder ein inaktiver Status (graue Balken) dargestellt wurde. Die Räder rotierten in vertikaler Ausrichtung mit unterschiedlicher Geschwindigkeit, wobei sich das linke Rad am langsamsten und das rechte am schnellsten drehte. 1,66 Sekunden nach dem initialen Knopfdruck war die maximale Rotationsgeschwindigkeit erreicht, woraufhin sich die Balken grün färbten. Durch einen erneuten Knopfdruck konnten die Probanden in dieser Phase die Räder zum anhalten bringen. Nachdem sich die Balken erneut grau färbten, stoppte zuerst das linke Rad nach einer variablen Zeitspanne von 0,48 oder 0,61 Sekunden. Danach stoppte das mittlere Rad nach einer zusätzlichen Zeitspanne von entweder 0,73 oder 1,18 Sekunden.

In der anschließenden Phase rotierte allein das rechte Rad, die beiden anderen Räder zeigten entweder zwei gleiche Früchte (XX_ oder YY_) oder unterschiedliche Früchte (XY_ oder YX_). Nach einer zusätzlichen variablen Zeitspanne von 2,63 oder 3,24 Sekunden endete ein Versuchsdurchgang mit dem Arretieren des letzten Rades und der anschließenden Darstellung des bisher erlangten Gesamtgewinns. Nach einer weiteren Variablen Zeitspanne von 4,00 bis 7,73 Sekunden, die während der SLM-Task exponentiell abnahm, konnte ein erneuter Versuch gestartet werden. Der SLM-Task Ablauf wird in Abb. 4 schematisch dargestellt.

Die SLM-Task suggerierte den Probanden über je 60 Versuchsdurchgänge pro Messzeitpunkt eine zufällige Verteilung von Situationen, in denen entweder ein Gewinn (XXX oder YYY), ein antizipierter Gewinn (XXY oder YYX) oder ein frühzeitig klar gewordener Verlust (XYX, XYY, YXY oder YXX). Den Probanden wurde im Vorfeld mitgeteilt, dass die erspielte Summe zusätzlich zu einem fixen Betrag von 80€ Aufwandsentschädigung ausgezahlt würden, und dass sich das individuelle Abschneiden auf diese Weise auf die ausgezahlte Gesamtsumme auswirken würde. Tatsächlich war die SLM auf eine Verteilung von je 20 Durchläufen pro Szenario programmiert. Gestartet wurde mit einem Guthaben von 6,00€, von dem pro Durchlauf ein Starteinsatz von 0,10€ abgezogen wurde. Bei einer Gewinnsituation (XXX oder YYY) erhielten die Probanden eine 0,50€ betragende Gutschrift, in den beiden anderen Fällen erhielten sie nichts, sodass am Ende der SLM Task ein

feststehender Gesamtgewinn von 10,00€ (6,00€ + {20 Durchläufe x 0,50€ Gewinn} – {60 Durchläufe x 0,10€ Einsatz}) zusammenkam.

II.7. Datenanalyse

II.7.1. Bildverarbeitung

Es erfolgte zur fMRT-Datenanalyse die Konvertierung aller Bilder mittels *MRIConvert* (University of Oregon) von DICOM zu Nifti. Die Daten wurden anschließend mittels *Statistical Parametric Mapping 8* (SPM 8, Wellcome Department of Imaging Neuroscience, London, UK) ausgewertet. Dazu wurde eine Korrektur der EPIs für die Akquisitionszeit der einzelnen Schichten und für Kopfbewegungen vorgenommen. Die Bilder wurden in graue Substanz, weiße Substanz und Liquorflüssigkeit zerlegt und über den Segmentierungsalgorithmus von SPM8 in stereotaktisch normalisierte Standarddarstellungen transformiert. Schließlich wurden die EPIs in 3mm x 3mm x 3mm Voxel-Größe konvertiert und mittels einer dreidimensionalen Gauß'schen Normalverteilung (7 mm Halbwertsbreite) geglättet.

II.7.2. Statistische Analyse

Es wurde ein zweiphasiges Mixed-Effects Modell durchgeführt. Auf der Einzelstatistik-Ebene beinhaltete das Modell die Daten beider fMRT Messungen, was durch Messzeitpunkt abhängige Aufspaltung der Daten in einzelne Regressoren realisiert wurde. Das Modell enthielt für jede Sitzung separate Regressoren für Gewinnantizipation (XX_ und YY_) und Verlustantizipation (XY_ und YX_). Weiterhin gingen folgende, im späteren Verlauf nicht mehr relevante, Regressoren mit in das Modell ein: Gewinn (XXX und YYY), Verlust (XXY und YYX), frühzeitig feststehender Verlust (XYX, XYY, YXY oder YXX), Knopfdruck, Rotation der Walzen sowie die sechs rigiden Parameter für Kopfbewegungen. Die differentiellen Kontraste von Gewinnantizipation gegen Verlustantizipation (XX_ gegen XY_) wurden für die Messzeitpunkte TP1 und TP2 berechnet und für die folgende Gruppenanalyse verwendet. Auf einer Gruppenstatistik-Ebene wurden mit den differentiellen T-Kontrast Bildern eine flexible zweifaktorielle Varianzanalyse mit den Faktoren Gruppe (Spielergruppe gegen Kontrollgruppe) und Messzeitpunkt (TP1 gegen TP2) berechnet.

Da bei dieser Varianzanalyse jeder Voxel einzeln getestet wurde, entstand das Problem des multiplen Testens. Mittels einer Monte Carlo Simulation basierenden Cluster-Größen

Korrektur (AlphaSim, Song et al., 2011) sollten falsch positive Befunde ausgeschlossen werden. Dafür wurden 1000 Monte Carlo Simulationen berechnet. Die Simulationen ergaben, dass eine minimale Cluster Größe von 16 benachbarten Voxeln bei einem statistischen Grenzwert von $p < 0,001$ (unkorrigiert) einer Korrektur für multiple Vergleiche mit einem statistischen Grenzwert von $p < 0,05$ entsprachen.

Auf Grund der a-priori Hypothesen wurden anschließend ROI-Analysen für die Regionen der linken und rechten anterioren Insula ermittelt. Dafür wurden Literatur-basierte regions of interest (ROI) berechnet. Unter Berücksichtigung bereits erbrachter Ergebnisse wurde eine dreidimensionale ROI für Region X und Y geschätzt, welche die funktionelle Aktivität der Insula im Rahmen von Gewinnverarbeitung lokalisierten. Die Vorgaben des Automated Anatomical Labeling Hirnatlas von (Tzourio-Mazoyer et al., 2002) dienten der Erstellung einer anatomischen ROI, welche mit räumlichen Koordinaten von fMRT Studien ähnlichen experimentellen Designs kombiniert wurde, die einen Kontrast der Gewinnantizipationskontrast bei gesunden Probanden untersuchten (Abler, Erk, & Walter, 2007; Abler, Walter, Erk, Kammerer, & Spitzer, 2006; Bjork & Hommer, 2007; Bjork et al., 2004; Bjork, Smith, Chen, & Hommer, 2010; Cooper & Knutson, 2008; De Martino, Kumaran, Holt, & Dolan, 2009; Dichter et al., 2012; Dillon et al., 2008; Dreher, Meyer-Lindenberg, Kohn, & Berman, 2008; Elliott, Friston, & Dolan, 2000; Ernst et al., 2004; Figeo et al., 2011; Galvan, Hare, Voss, Glover, & Casey, 2007; Galvan et al., 2005; Hoogman et al., 2011; Jones, Minati, Harrison, Ward, & Critchley, 2011; Juckel et al., 2006; Kappel et al., 2013; Kirsch et al., 2003; Knutson, Adams, Fong, & Hommer, 2001; Knutson, Bhanji, Cooney, Atlas, & Gotlib, 2008; Knutson et al., 2004; Knutson, Fong, Adams, Varner, & Hommer, 2001; Knutson & Greer, 2008; Knutson, Taylor, Kaufman, Peterson, & Glover, 2005; Knutson & Wimmer, 2007; Kuhnen & Knutson, 2005; Ossewaarde et al., 2011; Samanez-Larkin et al., 2007; Schlagenhaut et al., 2008; Schmack et al., 2008; Spicer et al., 2007; Stoy et al., 2012; Strohle et al., 2008; Wrase, Kahnt, et al., 2007; Wrase, Schlagenhaut, et al., 2007; Xue et al., 2010; Yau et al., 2012; Yu, Mobbs, Seymour, & Calder, 2010).

Die ROIs der linken Insula ($\{x \ y \ z\} = -30, 29, -2$) sowie der rechten Insula ($\{x \ y \ z\} = 33, 29, 1$) wurden, nach folgendem Algorithmus anhand der oben beschriebenen Datengruppe erstellt (Schubert et al., 2008):

Zuerst wurde durch das Erstellen einer dreidimensionalen Gaus'schen Normalverteilung die Wahrscheinlichkeit berechnet, dass ein festgelegter Voxel, der sich innerhalb der anatomischen ROI befindet, in der oben genannten Literatur Aktivität zeigte.

Hierzu wurde folgende Gleichung herangezogen (Turkeltaub, Eden, Jones, & Zeffiro, 2002):

$$G(x, y, z) = \frac{1}{2\pi\sqrt{|Det(C)|}} \exp\left(-\frac{1}{2}\begin{bmatrix} x - \bar{x} & y - \bar{y} & z - \bar{z} \end{bmatrix} C^{-1} \begin{bmatrix} x - \bar{x} \\ y - \bar{y} \\ z - \bar{z} \end{bmatrix}\right)$$

C stellt die kovariante Matrix für die jeweiligen Koordinatengruppen x, y, z der zugrundeliegenden Studie dar, \bar{x} , \bar{y} , und \bar{z} sind die Mittelwerte der Koordinaten x, y und z (Nielsen, 2002). Anschließend wurden die Außengrenzen der finalen ROI durch die Außengrenzen der anatomischen ROI und einen Schwellenwert definiert, der sich aus zwei Standardabweichungen der resultierenden dreidimensionalen Verteilung zusammensetzt. Zuletzt wurde eine binäre Maske angefertigt, die alle Voxel innerhalb dieser Rahmenbedingungen enthielt.

II.8. Neuropsychologische Testungen

II.8.1. Mental Rotation Test

Verwendet wurde zu beiden Messzeitpunkten (TP1 und TP2) eine revidierte Papier-Bleistift-Version (Schönfeld, 2008) des ursprünglichen Mental Rotation Tests von (Peters et al., 1995), basierend auf den Figuren von (Shepard & Metzler, 1971).

Der Test beinhaltete 24 aus Würfeln zusammengesetzte, dreidimensionale Objekte, zu denen je vier Alternativfiguren gehörten. Auf der linken Seite befand sich die Zielfigur, zu der zwei identische, aber auf unterschiedliche Art im Raum angeordnete Figuren (Abbilder) zugeordnet werden sollten. Die beiden anderen Figuren waren verschiedenartige Distraktoren (siehe Abb. 5). Die Probanden wurden instruiert, die Anleitung des Tests ausführlich zu studieren und die vier beigefügten Beispielaufgaben zu lösen. Sie wurden zudem ausdrücklich darauf hingewiesen, dass nur bei richtiger Zuordnung beider Abbilder des Referenzobjektes ein Punkt erzielt wurde. Der Mental Rotation Test enthielt unterschiedliche Objekttypen. Zeigten beide Distraktoren eine gespiegelte Form des Zielobjektes, handelte es sich um ein Typ-I-Objekt. Waren beide Distraktoren auf andere Art konstruierte Figuren, handelte es sich um ein Typ-II-Objekt. Gemischte Objekte bzw. Typ-III-Objekte beinhalteten beide Arten von Distraktoren. Einige Objekte innerhalb des Mental Rotation Tests enthielten zusätzlich Figuren mit Okklusion (mindestens ein Segment der Figur war nicht sichtbar oder die Dreidimensionalität des Objekts war nicht eindeutig erkennbar).

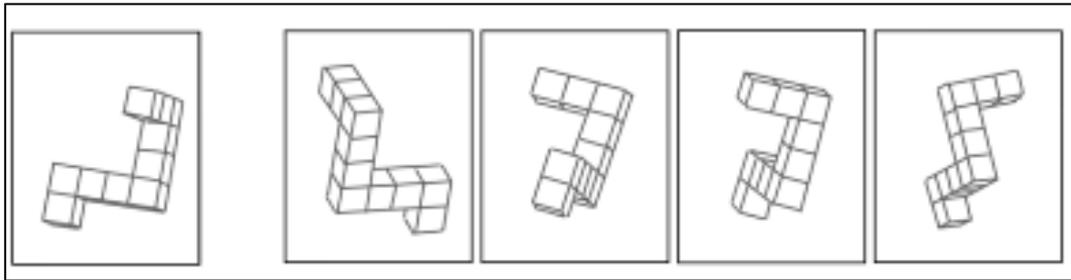


Abb. 5: Item des Mental Rotation Tests. Linke Bildseite: Referenzobjekt, linke Bildseite: zwei zum Referenzobjekt identische Objekte und zwei Täuschungen. Abb. aus (Schönfeld, 2008).

Da sich Testtypen (A) und (B) der Originalvorlage von (Peters et al., 1995) in der Verteilung und Anzahl der Objekt-Typen und Okklusionen nicht spiegelbildlich verhielten (Schönfeld, 2008), wurde ein einheitlicher Testtyp (B) bei allen Probanden verwendet. Dadurch konnte verhindert werden, dass, durch unterschiedliche Lösungsansätze für einzelne Probanden leichter zu lösende Objekt Kategorien (Geiser, Lehmann, & Eid, 2006), nicht unterschiedlich häufig auftraten und so zu Diskrepanzen innerhalb der Testleistungen führten.

II.8.2. BIS-4 Weg Test

Verwendet wurde der Untertest *Wege erinnern* (WE) des Berliner Intelligenzstruktur-Tests (BIS-4 Test), entwickelt von (Jäger, Süß, & Beauducel, 1997). Der BIS-Test basiert auf einer empirisch unterstützten Intelligenztheorie, dem Berliner Intelligenzstrukturmodell, der zufolge Intelligenzleistungen faktorenanalytisch nach zwei Modalitäten gegliedert werden können. Operative Fähigkeiten, wie Bearbeitungsgeschwindigkeit, Merkfähigkeit, Einfallsreichtum und Verarbeitungskapazität, sowie nach inhaltsgebundene Fähigkeiten, wie etwa sprachgebundenes, zahlengebundenes und anschauungsgebundenes Denken, werden geprüft (Krampen, 1998).

Der von uns durchgeführte Weg Test wurde aufgrund seiner Bezugnahme auf die Fähigkeiten Anschauungsgebundenes/Figural Bildhaftes Denken und Merkfähigkeit ausgewählt (Jäger et al., 1997). Den Probanden wurde dabei eine zweidimensionale Karte vorgelegt, auf der ein komplexer Weg mit Start und Zielpunkt aus der Vogelperspektive zu sehen war. Der Weg verlief über Umwege an Hindernissen vorbei und bog mehrfach ab (siehe Abb. 6). Die Probanden hatten 30 Sekunden Zeit sich den Weg zu merken, bevor die Karte durch eine bezüglich Start, Ziel und Hindernissen identische Karte ausgetauscht wurde, auf der noch kein Weg eingezeichnet war. Dieser sollte innerhalb von 30 Sekunden aus dem Gedächtnis nachgezeichnet werden. Mittels einer Schablone wurde entsprechend des Übereinstimmungsgrades eine Punktzahl vergeben. Korrekt nachvollzogene Abbiegungen

Die Probanden wurden angehalten so schnell wie möglich, aber in der vorgegebenen Reihenfolge (rechts nach links, oben nach unten) zu arbeiten und dabei keines der Antwortkästchen auszulassen. Jedes korrekt ausgefüllte Kästchen wurde mit einem Punkt bewertet.

II.8.4. Guilford-Zimmerman Orientierungstest

Verwendet wurde eine gekürzte, deutschsprachige Papier-Bleistift-Version des Guilford-Zimmerman Tests zur räumlichen Orientierung (Guilford & Zimmerman, 1948). Unser gekürzter Test umfasste die ersten 36 Aufgaben des Originaltests (Items 8 bis 43). Er beinhaltet weiterhin die originalen Erklärungen, inklusive den vier Beispiel- und drei Übungsaufgaben. Die Probanden wurden im Vorfeld der Testungen (TP1 und TP2) instruiert, die Anleitung des Tests ausführlich zu studieren und die beigefügten Beispiel- und Übungsaufgaben zu lösen. Den Inhalt stellen Gruppen von paarigen Abbildungen eines Bootes dar. Das Boot wird im ersten Bild in seiner Ausgangsposition dargestellt, im darunter befindlichen Bild hat es seine räumliche Lage und/oder den Winkel gegenüber einem markierten Bezugspunkt geändert. Die Aufgabe der Probanden war es, die Lage-/Rotationsänderung eines jeden Paares in ein aus Punkten und Strichen bestehendes Antwortsystem zu übertragen (siehe Abb. 8). Pro Paar standen fünf Antwortmöglichkeiten zur Wahl, von denen die korrekte identifiziert werden musste.

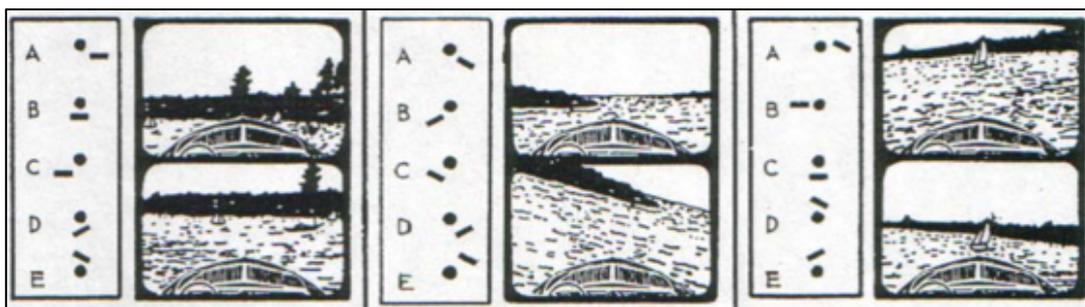


Abb. 8: Übungsaufgaben des Guilford-Zimmerman Tests. Die Antwortmöglichkeiten A bis E symbolisieren die veränderte Bug-Position des Bootes auf der jeweils unteren Abbildung (Strich), gegenüber einem, durch die Spitze des Bootes auf dem oberen Bild dargestellten, Bezugspunkt (Punkt). Korrekte Lösungen von links nach rechts: C, B, E. Abb. aus (Guilford & Zimmerman, 1948), gedruckte Testversion.

Für den Test hatten die Probanden insgesamt 10 Minuten Zeit. Die Auswertung erfolgte unter Anwendung folgender Gleichung: $\text{Ergebnis} = \text{Anzahl Korrekte} - (\text{Anzahl Falsche}/4)$.

Der Guilford-Zimmerman Test prüft nicht nur die räumliche Orientierung der Probanden, sondern verlangt in noch höherem Maße die kognitive Fähigkeit der Objektmanipulation (Kozhevnikov & Hegarty, 2001; Kyritsis & Gulliver, 2009).

II.8.5. Purdue Pegboard Test

Verwendet wurde der klassische Purdue Pegboard Test (Tiffin & Asher, 1948) in der aktuell verfügbaren Ausgabe (Lafayette Instrument Purdue Pegboard, Model #32020). Der Testaufbau umfasste ein Holzbrett mit zwei parallelen, vertikalen Reihen aus 25 untereinander befindlichen Einstanzungen. In diese sollten die Probanden innerhalb von 30 Sekunden so viele Metallzylinder wie möglich von oben nach unten einstecken. Dabei durfte zeitgleich lediglich ein Zylinder in die Hand bzw. zwischen die Finger genommen werden. Die Zylinder waren in drei kreisrunden Mulden auf der Oberseite des Brettes platziert. Nach ausführlicher Instruktion und einem kurzen Training absolvierten alle Probanden insgesamt neun Durchgänge pro Messzeitpunkt: dreimal unter Benutzung ausschließlich der rechten Hand, dreimal mit der linken Hand, dreimal beidhändig. Bei den einhändigen Durchgängen wurden in korrekter Reihenfolge eingesteckte Stifte mit je einem Punkt gewertet. Bei den beidhändigen Durchgängen wurden vollständig ausgefüllte, horizontale Reihen mit einem Punkt gewertet. Mit der rechten Hand durfte dabei nur die Rechte vertikale Reihe, mit der linken Hand nur die linke Reihe bedient werden.

III. Ergebnisse

III.1. Hypothese I:

Beteiligung des Insellappens an der Verarbeitung von Gewinnantizipation

Es galt die Beteiligung der anterioren Insula an der Verarbeitung von gewinnantizipierenden Stimuli zu untersuchen. Dazu wurde die zum Messzeitpunkt TP1 bei Spielern und Kontrollen ermittelte Aktivität des Insellappens bei Gewinnantizipation innerhalb der ROI ausgewertet. Die verwendeten Daten geben die errechnete Differenz von Insulaaktivität bei Gewinnantizipation (xx_) zu Verlustantizipation (xy_) während der SLM-Task wieder. Die Mittelwerte der Aktivitätsmessungen und die Ergebnisse der Tests auf Normalverteilung (Kolmogorow-Smirnow und Shapiro-Wilk) können Tab. 3 entnommen werden.

Deskriptive Statistiken und Tests auf Normalverteilung	Aktivitätsmessung bei Gewinnantizipation [a.u.]			
	Linke anteriore Insula		Rechte anteriore Insula	
	Spieler	Kontrollen	Spieler	Kontrollen
Mittelwert	1,1444	1,3381	1,0002	1,0681
Standardabweichung	1,0241	1,1218	1,2131	1,0205
p: Kolmogorow-Smirnow	0,131	0,2	0,2	0,2
p: des Shapiro-Wilk	0,05	0,593	0,8	0,521

Tab. 3: Mittelwerte der Insulaaktivität (TP1). Anzahl Spieler = 25, Anzahl Kontrollen = 25, p = Signifikanz, a.u. = arbitrary units.

Sowohl die linke als auch die rechte anteriore Insula zeigten zum Messzeitpunkt TP1 bei der Antizipation eines gewinnversprechenden Stimulus einen positiven Kontrast von Gewinn- zu Verlustantizipation. Grafisch wurden dieser in Abb. 9 anhand von fMRT Schnittbildern dargestellt. Die Daten unseres Probandenkollektivs zeigten in beiden Hemisphären eine Normalverteilung (Spieler und Kontrollen: alle p's \geq 0,05 in Kolmogorow-Smirnow und Shapiro-Wilk Tests). Durch einen T-Test für unabhängige Variablen wurde die Annahme der Mittelwertgleichheit für die Aktivität innerhalb der Insula zu Beginn der Studie geprüft. Spieler und Kontrollen zeigten zum Messzeitpunkt TP1 keine signifikante Abweichung im Aktivitätsvergleich bei Gewinnantizipation während der SLM-Task (linke anteriore Insula: $T(48) = -0,638$, $p = 0,527$; rechte anteriore Insula: $T(48) = -0,214$, $p = 0,831$).

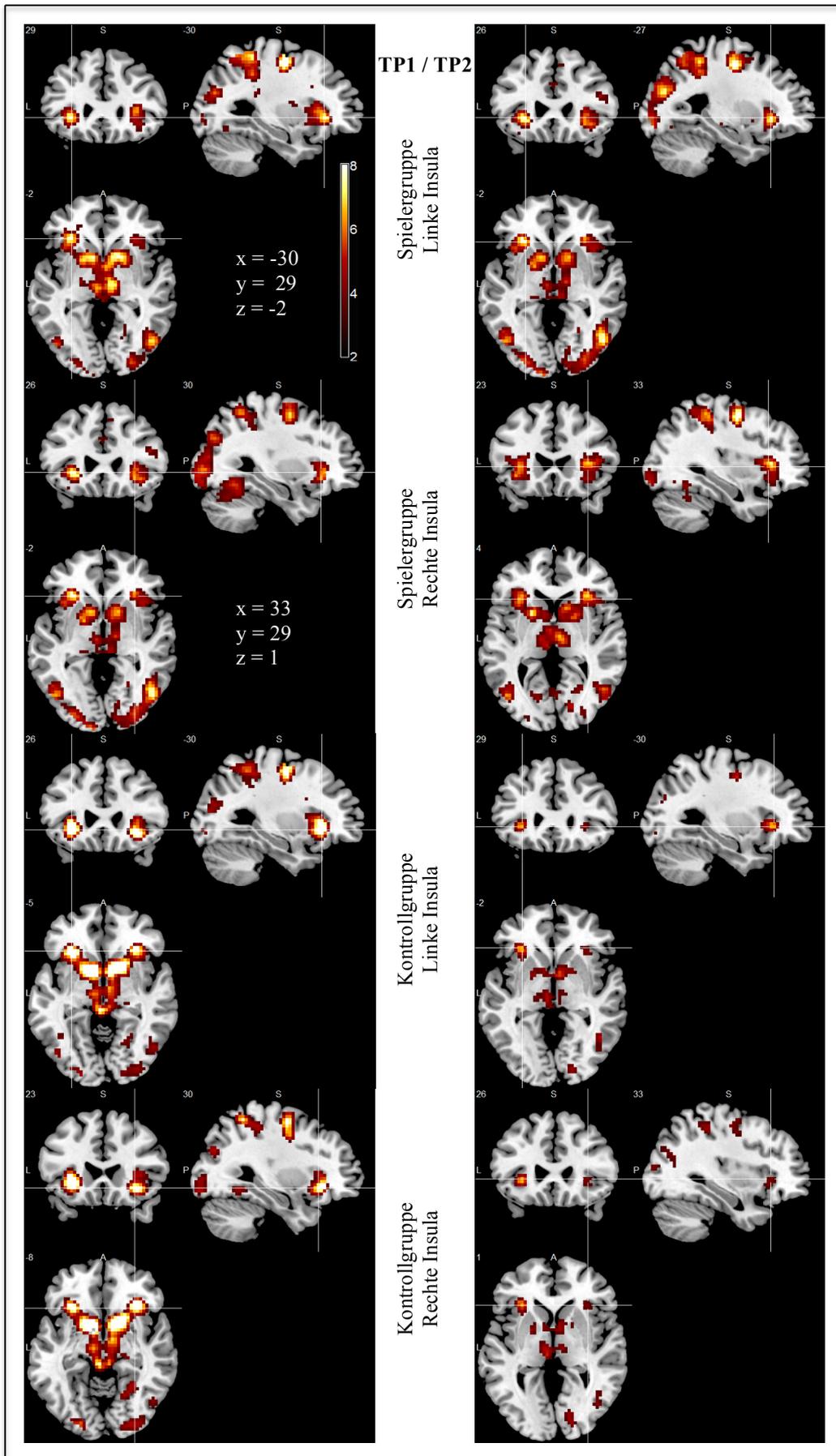


Abb. 9 Kontrast von Gewinnantizipation (XX_{-}) zu Verlustantizipation (XY_{-}) in der SLM-Task (ROI extrahierte Daten). Linke Kolumne: Aktivität vor Interventionsphase (TP1), rechte Kolumne: Aktivität nach Interventionsphase (TP2). Skala in arbitrary units. Grenzwert der Bildverarbeitung (Monte Carlo Korrektur): $p < 0.05$.

Andere Kernareale des Belohnungssystems, die an der Wahrnehmung und Verarbeitung von Gewinnantizipation und Risikokalkulation in gewinnorientierten Situationen beteiligt sind, insbesondere das ventrale Striatum und der Thalamus (Liu et al., 2011; Mohr et al., 2010), zeigten bei unseren Probanden ebenfalls erhöhte Aktivitäten zum Messzeitpunkt TP1 (siehe Tab. A.1 und A.2 des Anhangs).

III.2. Hypothese II:

Prädiktiver Wert der Insulaaktivität für die Affinität gegenüber Videospieldkonsum

Es sollte untersucht werden, inwieweit die Insulaaktivität bei Gewinnantizipation zum Messzeitpunkt TP1 mit subjektiven Parametern, die begleitend zur Spielphase bei den Probanden erhoben wurden, und dem Spielerfolg, in Form von gesammelten Sternen pro Woche Spielzeit, korreliert. Hierzu wurden für die linke und rechte Insula separate Korrelationen nach Pearson berechnet. Die Ergebnisse sind in Tab. 4 dargestellt.

Aktivität bei Gewinnantizipation		Subjektive Affinitätsparameter und Spielerfolg			
		Verlangen	Spaß	Frustration	Erfolg
Linke anteriore Insula	r	-0,185	,596	-0,415	0,238
	p (2-seitig)	0,423	0,004	0,062	0,300
Rechte anteriore Insula	r	-0,219	0,207	-0,256	0,291
	p (2-seitig)	0,340	0,367	0,263	0,200

Tab. 4: Korrelation der Insulaaktivität (TP1) zu subjektiver Spielaffinität und Spielerfolg. N = 21, r = Korrelationskoeffizient, p = Signifikanz. Aussagekräftige Werte wurden hervorgehoben.

Die Ergebnisse zeigten eine signifikante Korrelation der Aktivität der linken Insula bei Gewinnantizipation zum Messzeitpunkt TP1 zum innerhalb der Spielephase subjektiv empfundenen Spielspaß ($r = 0,596$; $p = 0,004$). Ein statistischer Trend konnte für die negative Proportionalität von linker Insulaaktivität zum Frustrationsempfinden der Spieler nachgewiesen werden ($r = -0,415$; $p = 0,062$). Zu dem subjektiven Parameter Spielverlangen sowie zu den innerhalb einer Woche erspielten Sternen konnte hingegen keine relevante Korrelation nachgewiesen werden (alle p 's $\geq 0,300$). Grafisch wurden die Ergebnisse in Abb. 10 dargestellt.

Die fünf betrachteten Variablen (n) innerhalb der separaten Korrelationsrechnungen für den

rechten und linken Insellappen führten zu 10 Korrelationskoeffizienten ($m = \frac{1}{2}n \times \{n - 1\} = 10$). Das nach der Bonferroni Korrektur zu unterschreitende Signifikanzniveau (p_{Bonf}) beträgt somit 0,005 ($p_{\text{Bonf}} = p/m = 0,05/10 = 0,005$). Der subjektive Spielspaß und die Aktivität der linken Insula korrelierten nach Bonferroni Korrektur noch immer signifikant.

Durch einen Mangel an Compliance bei der Übermittlung der wöchentlich einzureichenden Fragebögen, auf denen das subjektive Spielempfinden angegeben wurde, konnten nur 21 der spielenden Probanden mit in die Korrelationsberechnungen einbezogen werden. Bei der Betrachtung der rechten Insula ergaben sich keine statistisch aussagekräftigen Korrelationen (alle p 's $\geq 0,200$).

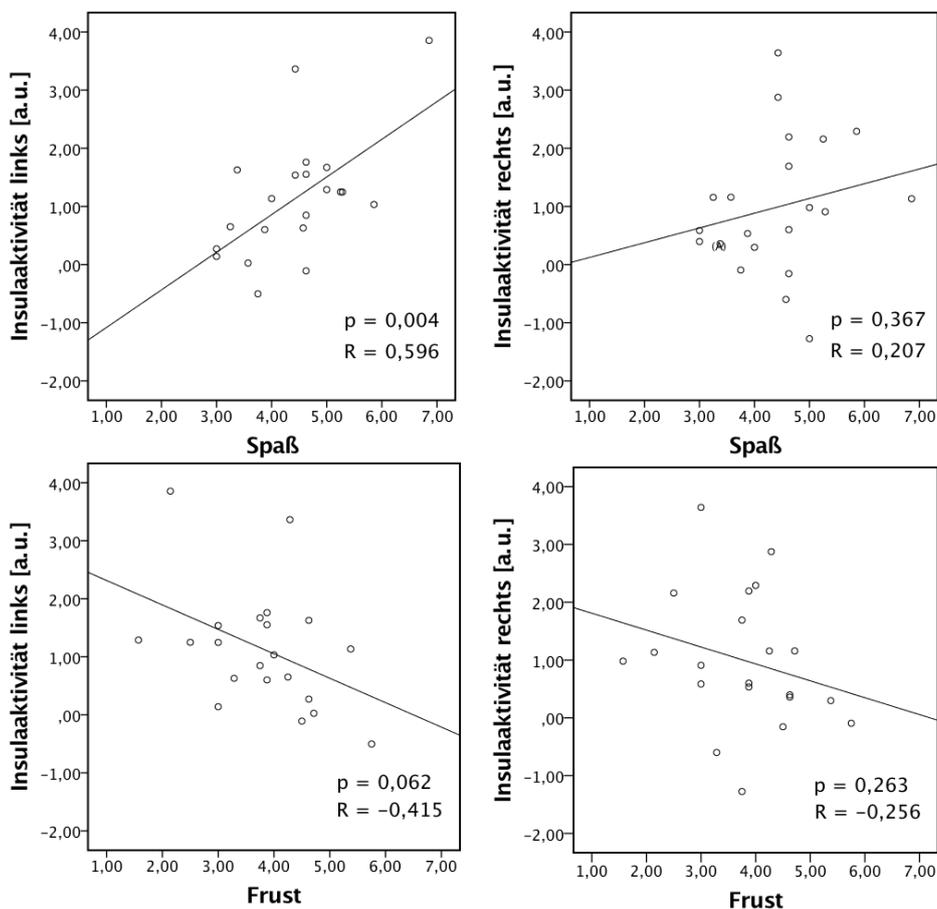


Abb. 10: Korrelation Insulaaktivität zu Spaß und Frustration. x-Achsen: Insulaaktivität der Spieler bei Gewinnantizipation während der SLM-Task zum Messzeitpunkt TP1. y - Achsen: gemittelter Spielspaß/Frustration, aI = anteriore Insula, p = Signifikanzwert, R = Korrelationskoeffizient, a.u. = arbitrary units.

Um zu untersuchen inwiefern die Habituation an das Videospiele einen Einfluss auf unsere experimentelle Studie hatte, wurden die Pearson Korrelationen von Aktivitätsmessungen der Insula zum Zeitpunkt TP1 zu den Werten oben beschriebener Affinitätsparameter für die erste und zweite Spielhälfte gesondert analysiert. Tab. 5 stellt eine Übersicht der Ergebnisse dar.

Die linke anteriore Insula korrelierte mit dem spielassoziierten Spaß innerhalb der ersten und der zweiten Hälfte der Spielephase annähernd gleich (Pearson Korrelation TP1 : TP2 = 0,493 : 0,479; alle p 's $\leq 0,028$). Die negative Korrelation von subjektiver Frustration gegenüber Insulaaktivität zeigte für die erste Testhälfte ebenfalls eine statistische Signifikanz, für die zweite Messhälfte hingegen nicht (TP1: $p = 0,041$; TP2: $p = 0,299$).

Kontrolle: Subjektive Parameter in Spielhälften geteilt		Verlangen		Spaß		Frustration		Erfolg	
		Woche 1 - 4	Woche 5 - 8	Woche 1 - 4	Woche 5 - 8	Woche 1 - 4	Woche 5 - 8	Woche 1 - 4	Woche 5 - 8
Linke anteriore Insula	r	-0,19	-0,166	0,497	0,482	-0,452	-0,245	0,089	0,293
	p (2-seitig)	0,411	0,471	0,022	0,027	0,040	0,283	0,701	0,197
Rechte anteriore Insula	r	-0,133	-0,262	0,294	0,032	-0,271	-0,215	0,310	0,094
	p (2-seitig)	0,567	0,251	0,196	0,892	0,234	0,350	0,172	0,686

Tab.5 Korrelation Insulaaktivität (TP1) zu Spielaffinität und Spielerfolg. Gesonderte Betrachtung der beiden Hälften der Spielephase, $N = 21$. $r =$ Korrelationskoeffizient. $p =$ Signifikanzwert. Aussagekräftige Werte wurden hervorgehoben.

Um herauszufinden, ob ein Zusammenhang von Insulaaktivität im Kontext des belohnungsassoziierten Verhaltens (SLM-Task) zu Trinkverhalten und bisheriger Spielerfahrung bestand, wurden die Korrelationen der aufgeführten Parameter überprüft.

Die Daten zu bisherigem Alkohol- und Videospielkonsum wurden den im Vorfeld der Studie erhobenen Fragebögen zu Sucht- und Videospielverhalten entnommen. Die Ausprägung des Alkoholkonsums wurde in Trinktagen pro Monat festgehalten, wobei die letzten 12 Monate mit in die Betrachtung einbezogen wurden. Die bisherige Spielerfahrung wurde in Form von Videospielkonsum in Stunden pro Monat festgehalten. Auch hier wurden die letzten 12 Monate vor Studienbeginn betrachtet. Weder das Trinkverhalten noch der Spielkonsum zeigten bei den Spielern eine Normalverteilung (Shapiro-Wilk Test: alle p 's $< 0,011$; Kolmogorow-Smirnow Test {signifikanzkorrigiert nach Lilliefors}: alle p 's $< 0,001$). Der Zusammenhang zwischen diesen Parametern und der Insulaaktivität wurde per Rangkorrelation nach Spearman geprüft. Die Ergebnisse können Tab. 6 entnommen werden. Ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen Antizipationsaktivität und möglichen Störfaktoren konnte innerhalb unserer Versuchsreihe nicht gezeigt werden (alle p 's $> 0,005$). Die Rangkorrelation zeigte aber einen positiven statistischen Trend bezüglich des Zusammenhangs von Aktivität der rechten anterioren Insula und des Videospielkonsums innerhalb der letzten 12 Monate ($r = 0,354$; $p = 0,082$).

Zusammenhang von potentiellen Störfaktoren und Insulaaktivität		Linke anteriore Insula	Rechte anteriore Insula
Alkoholkonsum in Trinktagen/Monat	p (2-seitig)	-0,091	-0,011
	r	0,673	0,96
Videospieldkonsum in h/Monat	p (2-seitig)	0,279	0,354
	r	0,177	0,082

Tab. 6: Korrelation von Störfaktoren und Insulaaktivität. Rangkorrelation nach Spearman der Spielergruppe zum TP1, N = 25. r = Korrelationskoeffizient, p = Signifikanz. Aussagekräftige Werte wurden hervorgehoben.

Weiterhin wurden auch die statistischen Zusammenhänge von oben beschriebenen potentiellen Störfaktoren und den während der Spielephase von den Probanden wöchentlich angegebenen Parametern (Spielspaß, Frustration, Verlangen und Spielerfolg) auf mögliche Korrelationen zueinander untersucht. Es wurde ebenfalls eine Rangkorrelation nach Spearman verwendet. Hierbei zeigte sich ein positiver Zusammenhang von Alkoholkonsum der Probanden zu videospielassoziierter Frustration ($p = 0,009$; $r = 0,571$; $n = 20$), der einer Korrektur nach Bonferroni jedoch nicht standhielt. Sonstige Korrelationen von Alkoholkonsum zu Erfolg und subjektiven Affinitätsparametern waren nicht statistisch relevant (alle p 's $> 0,537$). Der im Vorfeld der Studie stattgehabte Videospieldkonsum in h/Monat korrelierte ebenfalls nicht statistisch relevant zu den Affinitätsparametern (alle p 's $> 0,220$).

III.3. Hypothese III:

Einfluss von Videospieldkonsum auf die Verarbeitung von Gewinnantizipation in der Insula

Inwieweit sich die Nutzung von Videospielden innerhalb der achtwöchigen Spielephase auf die Gewinnantizipation ausgewirkt hat, wurde für den Insellappen durch einen T-Test für verbundene Stichproben betrachtet. Verwendet wurden hierfür die aus den flexiblen faktoriellen Analysen gewonnenen Daten, welche auf den Hirnaktivitätsmessungen innerhalb LitRoi basierender Voxel der linken und rechten anterioren Insula basieren.

Für die Gruppe der Spieler war durch diese Berechnung kein signifikanter Aktivitätsunterschied vom Messpunkt TP1 zu Messpunkt TP2 nachweisbar (links: $t(24) =$

-0,195, $p = 0,847$; rechts: $t(24) = -0,947$, $p = 0,353$). Bei der Kontrollgruppe hingegen zeigte sich in der linken Insula eine signifikante Abnahme der Aktivität zwischen beiden Messpunkten, in der rechten ein negativer statistischer Trend (links: $t(24) = 2,783$, $p = 0,010$; rechts: $t(24) = 2,043$, $p = 0,052$). Grafisch wurden die Berechnungen in Abb. 11 dargestellt.

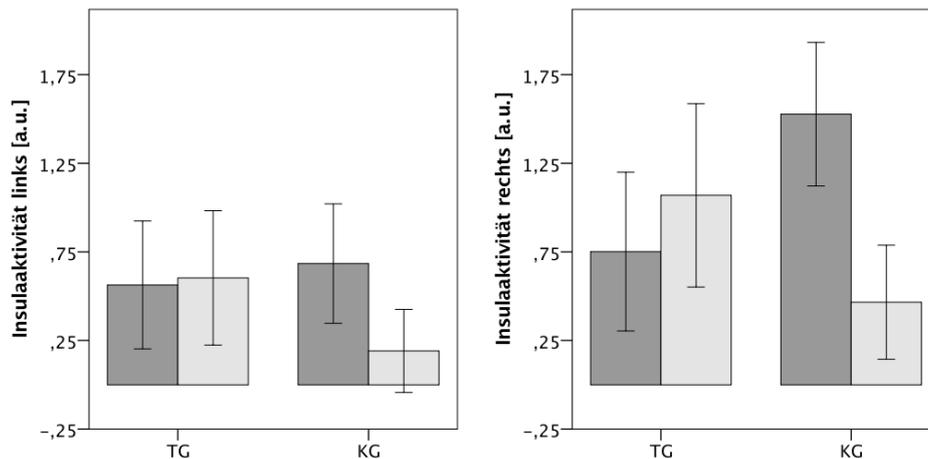


Abb. 11: Aktivitätsänderungen innerhalb der Insula. Dunkelgraue Balken = Messzeitpunkt TP1, hellgraue Balken = Messzeitpunkt TP2, Fehlerbalken mit 95%-Konfidenzintervall, TG = Testgruppe, KG = Kontrollgruppe, a.u. = arbitrary units.

Zur Beurteilung der Interaktionen zwischen Gruppenzugehörigkeit und Messzeitpunkten wurden im Anschluss zweifaktorielle Varianzanalysen (2x2 ANOVA) mit Messwiederholungen durchgeführt ($\{\text{Spiele- vs. Kontrollgruppe}\} \times \{\text{TP1 vs. TP2}\}$). Der Test auf Innersubjekteffekte von Messzeitpunkt und Gruppe zeigte für die Aktivität der linken Insula einen statistischen Trend ($F(1,48) = 3,887$; $p = 0,054$) und für die rechte Insula statistische Signifikanz ($F(1,48) = 4,586$; $p = 0,037$). Die Aktivitätsintensität vor und nach der Intervention wurde mittels fMRT Schnittbildern in Abb. 9 verdeutlicht.

III.4. Hypothese IV:

Transfereffekte durch Videospielkonsum in Abhängigkeit von Spielaffinität

In einer neuropsychologischen Testbatterie wurde vor und nach der Spiele-/ Kontrollphase bei allen Probanden das Können hinsichtlich räumlicher Orientierung (Mental Rotation; BIS-4 Weg Test; Guilford-Zimmermann), Hand-Auge-Koordination (Peg-Board) sowie Aufmerksamkeit (BIS-4 Zahlensymboltest) getestet. Bei der Guilford-Zimmermann Aufgabe konnte in einem T-Test für unabhängige Stichproben sowohl für den Messzeitpunkt TP1 ($T(48) = -2,932$; $p = 0,005$) als auch TP2 ($T(48) = -2,865$; $p = 0,006$) ein signifikant besseres

Abschneiden der Kontrollen gezeigt werden. Alle anderen Aufgaben wiesen zu beiden Zeitpunkten keine signifikante Mittelwertdifferenz auf (alle p 's $> 0,108$).

In einem anschließenden T-Test für abhängige Stichproben wurden die Mittelwerte der einzelnen Aufgaben hinsichtlich eines Unterschiedes zwischen den Messzeitpunkten TP1 und TP2 verglichen. Die Kontrollen zeigten einen signifikanten Anstieg der Leistung in Aufgaben, welche räumliche Orientierung (Mental Rotation: $T(24) = -4,012$, $p = 0,001$; Guilford-Zimmermann: $T(24) = -4,172$, $p = 0,000$), Hand-Auge-Koordination (Peg-Board: $T(24) = -2,462$, $p = 0,021$) sowie Aufmerksamkeit (BIS-4 Zahlensymboltest: $T(24) = -4,240$, $p = 0,000$) testeten.

Auch bei den Spielern konnte zum Zeitpunkt TP2 ein Fortschritt gegenüber TP1 beim BIS-4 Zahlensymboltest ($T(24) = -6,002$, $p = 0,000$) und der Guilford-Zimmermann Aufgabe ($T(24) = -3,630$, $p = 0,001$) beobachtet werden. Zusätzlich verbesserte sich bei den Kontrollen die Leistung im BIS-4 Weg Test ($T(24) = -2,371$, $p = 0,026$), was für die Kontrollen nicht signifikant nachweisbar war ($T(24) = -1,677$, $p = 0,106$). Anders als bei den Kontrollen konnte bei den Spielern keine signifikante Verbesserung in der Mental Rotation Aufgabe ($T(24) = -1,348$, $p = 0,190$) nachgewiesen werden. Grafisch wurden die Ergebnisse in Abb. 12 dargestellt.

Weiterhin wurden für die einzelnen Tests 2×2 Varianzanalysen zur Darstellung der Interaktionseffekte zwischen den Zeitpunkten TP1 und TP2 und der Gruppenzugehörigkeit berechnet. Auf diese Weise wurde deutlich, dass es keine signifikanten Effekte zwischen den beiden Messzeitpunkten gab, die durch die Gruppenzugehörigkeit bedingt waren (alle p 's $> 0,135$).

Es blieb zu betrachten, ob sich Beziehungen zwischen der individuellen Performance innerhalb der Tests zur Videospilaffinität und zur Insulaaktivität bei Gewinnantizipation nachweisen lassen. Um dies zu untersuchen wurde zuerst die Korrelation von Affinitätsparametern zu Testperformance errechnet. Als Maß für die Performance wurden die Mittelwertdifferenzen der Messwerte von TP2 minus TP1 in Mental Rotation Aufgabe, Guilford-Zimmermann Aufgabe, Pegboard Aufgabe, BIS-4 Zahlensymboltest und BIS-4 Weg Test genutzt. Die Pearson Korrelationen der Affinitätsparameter Spaß, Erfolg, Verlangen und Frustration zeigten bei keiner der Aufgaben eine statistische Signifikanz (alle p 's $> 0,200$). Weiterhin wurde berechnet, inwiefern die Performance mit der zum Zeitpunkt TP1 gemessenen Insulaaktivität bei Gewinnantizipation korreliert. Es zeigte sich lediglich für die Mental Rotation Aufgabe eine signifikante Korrelation zur Aktivität der rechten anterioren Insula ($r = 0,4$; $p = 0,047$), die nach einer Korrektur nach Bonferroni (siehe Kapitel III.2.)

jedoch keine statistische Signifikanz aufwies. Sämtliche anderen Tests korrelierten nicht signifikant (alle p 's $\geq 0,170$).

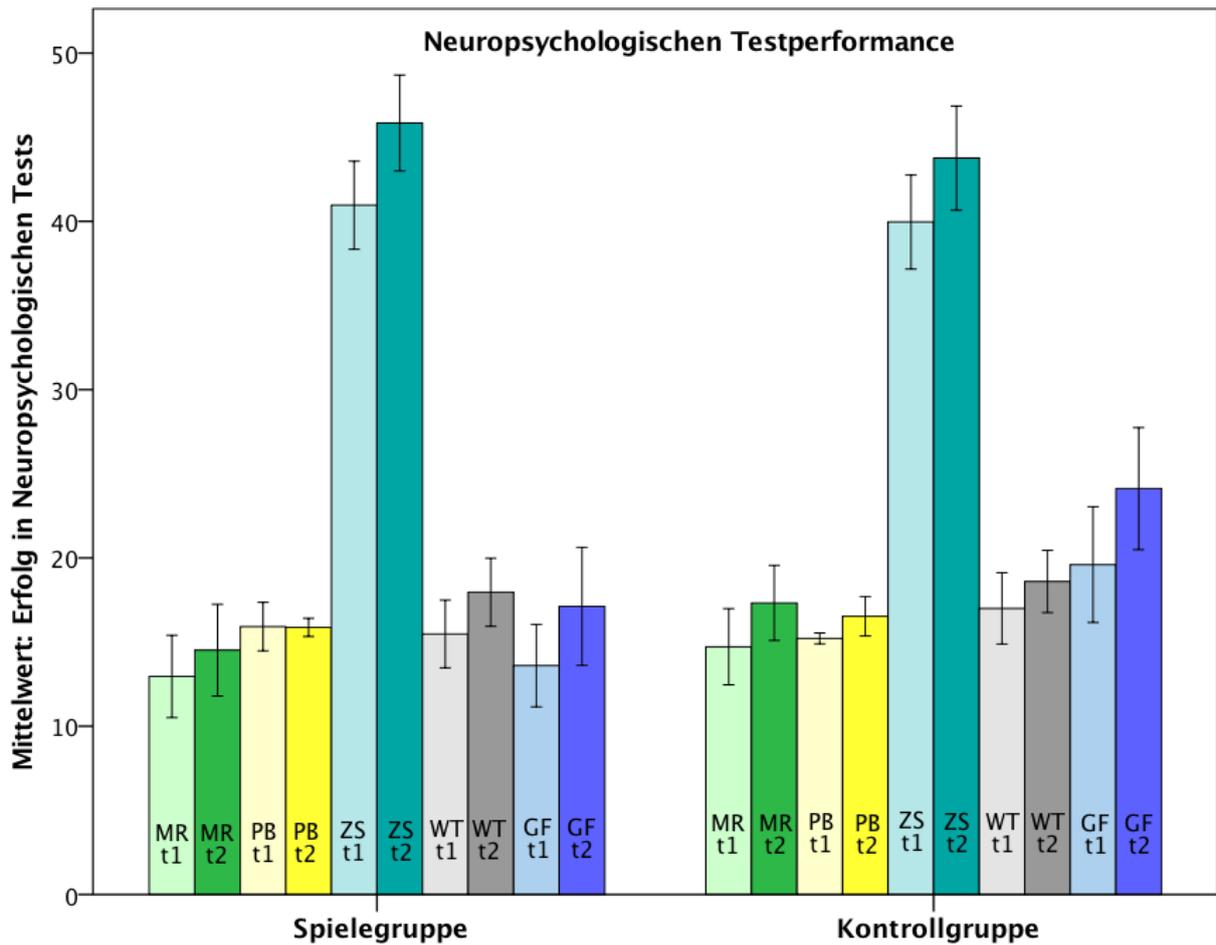


Abb. 12: Verbesserung in neuropsychologischen Tests. Gegenüberstellung der Mittelwerte der Testergebnisse in Punkten vor und nach der Interventionsphase. MR = Mental Rotation Test, PB = Pegboard Test, ZS = BIS4: Zahlen-Symbol Test, WT = BIS4: Weg Test, GF = Guilford-Zimmermann Test. Farbliche Orientierungshilfe: für die einzelnen Tests wurde der Messzeitpunkt TP1 (t1) heller, der Messzeitpunkt TP2 (t2) dunkler dargestellt.

IV. Diskussion

IV.1. Beteiligung des Insellappens an der Verarbeitung von Gewinnantizipation

Eine Beteiligung der Insula an der Verarbeitung von Gewinnantizipation konnte durch unser experimentelles Studiendesign für im Umgang mit Videospiele unerfahrene Probanden nachgewiesen werden. Die Untersuchungen der Aktivität des Areals während einer SLM-Task zeigte deutlich erhöhte Werte bei Gewinnantizipation. Nach Kontrastierung der Hirnaktivität bei Gewinnantizipation gegenüber Verlustantizipation lagen die Werte bei sowohl Spielern als auch Kontrollen im positiven Bereich. Diese Ergebnisse deuten auf einen stärkeren Einfluss der Insula auf Gewinn antizipierende Situationen innerhalb der SLM-Task hin. Die Antizipation von Verlust wurde immer noch deutlich, aber weniger ausgeprägt im Insellappen verarbeitet. Da die Insula häufig mit der Prozessierung von negativen Emotionen sowie der Erwartung und Verarbeitung von Verlust und Risiko assoziiert wird, scheint eine stärkere Verarbeitung der Gewinnantizipation zunächst ungewöhnlich und wird im Folgenden diskutiert. Dabei sollen Kernkompetenzen, die für unsere Aufgabenstellung eine entscheidende Rolle spielen, näher betrachtet werden: Erstens, die Verarbeitung von Belohnungserwartung und manifesten Belohnungsreizen. Zweitens, die Verarbeitung von Emotionen sowie die Einbettung von Entscheidungen in einen emotionalen Kontext. Drittens, die Verarbeitung von risikobehafteten Situation im Sinne einer Risikoantizipation.

Eine Beteiligung der Insula an der Detektion und Verarbeitung von Belohnungsreizen gilt seit längerem als bekannt und konnte in mehreren aktuellen Studien, welche die Zusammenhänge des Belohnungssystems erforschen, bestätigt werden (Cho et al., 2013; Liu et al., 2007; Naqvi & Bechara, 2009; Smith et al., 2014a). Bisher veröffentlichte Arbeiten fokussieren sich weitestgehend auf verschiedene Situationen im Kontext von Belohnung und Verlust. Die neuronale Verarbeitung bereits eingetretener Ereignisse (Gewinne oder Verluste) kann dabei von der Antizipation solcher Ereignisse (Gewinn- oder Verlustantizipation) unterschieden werden. So wurde von gesteigerter Aktivität der Insula als reine Reaktion auf monetäre Gewinne und/oder Verluste berichtet. Im Rahmen einer Studie, in der Probanden visuelle Stimuli schnellstmöglich identifizieren sollten, wurden verschiedene Gewinn- und Verlustsituationen gesondert betrachtet (Magno, Simões-Franklin, Robertson, & Garavan, 2008). Im fMRT war eine Aktivierung der Insula bei geringen und hohen Verlustsituationen als auch bei hohen Gewinnen zu beobachten. Interessanterweise war die Aktivierung bereits bei moderaten Verlusten signifikant stärker ausgeprägt, als beim Erlangen hoher Gewinne.

Die Autoren sehen hierfür einen emotionalen Einfluss bei negativen Situationen als ausschlaggebend. Bei dem rein zielorientierten Design der verwendeten Aufgabe außerhalb eines emotionalen Kontextes, muss allerdings eher von einem ausschließlich von Belohnungsreizen beeinflussten Modell ausgegangen werden. Eine Studie von (Izuma, Saito, & Sadato, 2008) beschrieb ebenso eine Aktivierung der Insula bei monetären Gewinnen, nicht jedoch bei sozialen Belohnungen in einem entsprechend konzipierten Experiment. Es sollte auch erwähnt werden, dass eine ältere Studie von (Nieuwenhuis et al., 2005), welche die Reaktionen des neuronalen Belohnungssystems auf Gewinne und Verluste untersuchte, keinen signifikanten Einfluss der Insula auf diese Prozesse beschreibt.

Neben ihrer Rolle bei der Prozessierung von bereits eingetretenen Belohnungsreizen, wird der Insula die Verarbeitung von Gewinn- und Verlustantizipation zugeschrieben (Cho et al., 2013). Es konnte kürzlich gezeigt werden, dass bei der Antizipation von Gewinnen in einer SLM-Task die Insula sowohl im fMRT, als auch während einer Magnetoenzephalographie mit gesteigerter Aktivität reagiert (Dymond et al., 2014). Diese Ergebnisse decken sich mit denen älterer Studien, welche ebenfalls per SLM-Task eine Assoziation von Insulaaktivität zu Gewinnantizipation nachweisen (L. Clark et al., 2009; Van Leijenhorst et al., 2010).

Die oben genannten Ergebnisse zeigen, dass die Insula sowohl mit der Verarbeitung von Belohnungsreizen als auch deren Erwartung in Verbindung gebracht werden kann. Eine genaue Zuordnung der arealspezifischen Aufgaben zu Gewinn, Verlust, Gewinnantizipation oder Verlustantizipation, fällt auf Grund der heterogenen Ergebnisse allerdings schwer. Zur Beantwortung der Frage nach der Aufgabenspezifität wurden in einer 2011 veröffentlichten Metaanalyse von (Liu et al., 2011) daher 142 Neuroimaging Studien mit dem Ziel verglichen, für die Verarbeitung von Belohnungsantizipation und Belohnungsreizen verantwortliche Hirnstrukturen zu identifizieren. Die Insula wurde als eines der Kernareale des neuronalen Belohnungssystems beschrieben, welches maßgeblich an der Verarbeitung und Gewichtung von Gewinnantizipation, aber in noch höherem Maße von Verlustantizipation und manifesten Verlusten beteiligt ist. Weiterhin beschrieben die Autoren, dass, in Abgrenzung zur Gewinnantizipation, manifeste Gewinnstimuli nicht vorrangig im Insellappen verarbeitet werden. Es wurde darauf hingewiesen, dass diese Ergebnisse durch eine unterschiedlich starke Behaftung mit Risiko und Emotionen der von den Autoren gewählten Tests beziehungsweise Arten der Stimulus-Applikation bedingt sei. Es ist demnach eine an die Faktoren Emotionalität und Risikobehaftung gekoppelte Betrachtung des Areals notwendig, um die komplexe Rolle innerhalb der Prozessierung von Belohnungen zu verstehen.

(Mohr et al., 2010) beschrieben die Insula nach metaanalytischer Auswertung verschiedener Neuroimaging Studien als eines der zentralen Hirnareale in der Verarbeitung von sowohl Gewinn- als auch Verlustantizipation. Die Autoren betonten zudem, dass die Insula als wichtigstes Areal in der Verarbeitung von Risikoantizipation angesehen werden muss, da durch ihre Metaanalyse gezeigt werden konnte, dass Reaktionen auf risikobehaftete Situationen hauptsächlich und konsequent in der Insula verarbeitet werden. Die Insula lasse weiterhin vor allem negative Emotionen wie Angst, Sorge, Enttäuschung oder Bedauern mit in den Bearbeitungsprozess einfließen und prozessiere Risikoverhalten im Rahmen eines so erzeugten emotionalen Kontext.

Andere, nicht in der Metaanalyse von (Mohr et al., 2010) berücksichtigte, Autoren bestätigen die Verarbeitung von Emotionen durch die Insula und beschreiben, dass der Einfluss emotionaler Prozesse auf Entscheidungsfindung und Antizipationsverarbeitung vor allem an Verlustantizipation oder die Erwartung eines negativen Stimulus gekoppelt ist. In fMRT Studien mussten im Rahmen des *Ultimatum Game* feste Geldsummen zwischen zwei Spielparteien aufgeteilt werden (Corradi-Dell'Acqua, Civai, Rumiati, & Fink, 2013; Sanfey, Rilling, Aronson, Nystrom, & Cohen, 2003). Vorschläge zu dieser Aufteilung konnten von den Probanden entweder angenommen oder abgelehnt werden, wobei eine Ablehnung dazu führte, dass kein Geld an eine der spielenden Parteien ausgezahlt wurde. Die anteriore Insula zeigte im fMRT erhöhte Aktivität in Situationen, in denen die Probanden unfaire Angebote erhielten, sowie bei solchen, in denen sie ein unfaires Angebot ablehnten und so den größtmöglichen Verlust hinnehmen mussten. (Corradi-Dell'Acqua et al., 2013) zeigten die Prozessierung von negativen Emotionen in der anterioren Insula sowohl für die ungerechte Behandlung der Probanden selbst als auch für Ungerechtigkeit gegenüber einer dritten Partei, was darauf hindeutet, dass in diesem Areal nicht nur eigene, sondern auch von anderen reflektierte Gefühlszustände verarbeitet werden.

In einem ähnlichen Versuchsaufbau konnte eine Aktivierung der Insula bei der Konfrontation mit einem unfairen Angebot sowie bei dessen Ablehnung bestätigt werden (Takagishi et al., 2009).

Von den jeweiligen Autoren wurden die beschriebenen Ergebnisse als Hinweis auf eine emotionsabhängige Beeinflussung von ökonomischen Entscheidungsprozessen verstanden. Da besonders die Antizipation von Verlusten innerhalb der Insula prozessiert wird (Liu et al., 2011), und das Areal vor allem negativ behaftete Emotionen in Entscheidungsprozesse integriert (Mohr et al., 2010), kann davon ausgegangen werden, dass negativ assoziierte Emotionen innerhalb einer Spielsituation zu einer gesteigerten Insulaaktivität bei

Verlustantizipation führen. Es stellt sich die Frage, ob eine emotionale Komponente auch im Falle unserer SLM-Task zu einer Beeinflussung geführt hat. Emotionale Faktoren wie Enttäuschung oder Bedauern waren beim Spielen unserer SLM-Task nicht zu erwarten, da diese nicht als rein logische, stimulusabhängige Sofortreaktion innerhalb eines finanziellen Rahmens, sondern als kontextabhängiger Eingriff in das emotionale Wohlbefinden der Probanden oder als Erwartung von negativer Interozeption, zB. in Form eines schmerzhaften Stimulus, verstanden werden müssen (Nitschke, Sarinopoulos, Mackiewicz, Schaefer, & Davidson, 2006). Unter Berücksichtigung des oben gesagten könnte eine stärkere Aktivierung der Insula bei Gewinnantizipation gegenüber Verlustantizipation in unserer Studie durch das Fehlen eines negativen emotionalen Kontexts innerhalb der SLM-Task begünstigt sein.

Neben ihrer Rolle in emotionalen Prozessen ist die Insula an der Verarbeitung verschiedener Arten von risikoassoziiertem Verhalten beteiligt (für einen Überblick siehe (Bossaerts, 2010)). Die Art und Weise, auf die eine Rekrutierung der Insula das Entscheidungsverhalten in Risikosituationen beeinflusst, ist dabei von bereits gemachten Erfahrungen, der Art der Aufgabe und des Stimulus sowie von der individuellen Risikobereitschaft abhängig (Smith et al., 2014b; Xue et al., 2010). Eine Studie von (Roy et al., 2011) beschreibt erhöhte Aktivität der anterioren Insula im fMRT beim Eingehen risikoreichen Verhaltens, jedoch keine Beteiligung des Areals bei Risikovermeidung.

Probanden, die vor dem Ziehen von Spielkarten voraussagen sollten, ob die kommende Karte größer oder kleiner als der feststehende Mittelwert aller Karten oder eine im Vorfeld aufgedeckte Karte sei, zeigten in diesen Situationen unterschiedlich hohe Insulaaktivität beim Treffen ihrer Vorhersage (Preuschoff, Quartz, & Bossaerts, 2008). In einer Situation, in der eine Karte offen lag, mussten die Probanden ihre Erfolgchance auf Basis der Kartenhöhe und in Anbetracht der noch im Kartenstapel verbliebenen Karten einschätzen, und das Risiko für die Optionen *höher* oder *niedriger* abwägen. Der Kontrast zwischen der immer gleich bleibenden Gewinnchance bei der Einschätzung gegenüber des Mittelwertes und dieser Abwägung wurde von den Autoren als *risk prediction* bezeichnet. Nicht nur die Erwartung und Abwägung einer Risikosituation im Rahmen der Entscheidungsfindung, sondern auch eine missglückte Risikoeinschätzung und darauf folgender finanzieller Verlust wurden in der Insula verarbeitet. Diese Ergebnisse deuten auf einen, durch die Insula vermittelten Lerneffekt im Rahmen von Risikoverarbeitung hin.

Neben Studien, die sich auf gesunde Probanden konzentrieren, kann eine Assoziation von Insula und Risikoverarbeitung auch an Patienten beobachtet werden. Patienten mit fokalen Läsionen des Insellappens konnten innerhalb eines Glücksspiels, bei dem mit Risiko behaftete

Entscheidungen getroffen werden mussten, ihre Einsätze schlechter an die jeweiligen Gewinnchancen anpassen und schnitten insgesamt schlechter in dieser Aufgabe ab (L. Clark et al., 2008).

Zum besseren Verständnis der Bedeutung von Risiko auf belohnungsassoziierte Entscheidungssituationen ist es sinnvoll, beeinflussbare Risikosituation (decision risk) und nicht mehr zu beeinflussende Risikosituationen (anticipation risk) generell von einander zu unterscheiden (Mohr et al., 2010). Der Zeitpunkt vor oder während einer Entscheidung wird auf diese Weise also von einem solchen abgegrenzt, an dem die Entscheidung bereits getroffen wurde. Unsere SLM-Task verwendete eine Risikoinstallation, bei der die Probanden lediglich auf den Zeitpunkt des Knopfdrucks Einfluss hatten, welcher die Drehbewegung der Räder beendete. Nach diesem Knopfdruck konnten sie keinen Einfluss mehr auf das Ergebnis nehmen und mussten einen möglichen Verlust oder Gewinn schlicht abwarten.

Die Ergebnisse unserer SLM-Task Analyse bestätigen in diesem Sinne eine Prozessierung von anticipation risk innerhalb des Inselappens. Es bleibt zu klären, inwieweit das Vorhandensein von Risiko einen Einfluss speziell auf unseren Versuchsaufbau hat. Betrachtet man die einzelnen Situationen innerhalb der SLM-Task gesondert, fällt auf, dass jene mit möglichem Gewinn (XX_ oder YY_) neben dem Teilaspekt der Gewinnantizipation auch den einer Risikoverarbeitung beinhalteten. In einem Setting, in dem ein Gewinn erwartet wurde, war der Proband sowohl mit diesem potentiellen Gewinn, als auch mit dem potentiellen Verlust des Einsatzes konfrontiert, und musste diese Szenarien gewichten und kontextuell einordnen. Beschriebene Situationen waren mit dem innerhalb der SLM-Task größtem Maß an Unsicherheit assoziiert. Die Situation der Verlustantizipation erforderte hingegen keine Verarbeitung von Risiko oder Unsicherheit, da bei einer Radkonstellation von XY_ bzw. YX_ eine Abwägung von potentiell negativen oder positiven Szenarien nicht mehr nötig war. Es erfolgte lediglich die Auseinandersetzung mit dem zu erwartenden Verlust, was eine schwächere Aktivierung der Insula erklären könnte. Eine Studie von (Van Leijenhorst et al., 2010), welche Altersabhängige Unterschiede bei der Prozessierung von Belohnungserwartung untersuchte, lieferte Daten zur Insulaaktivität, die mit den Ergebnissen unserer Studie im Einklang stehen. Die Rolle verschiedener Hirnareale bei der Verarbeitung von Belohnungsantizipation wurde mittels eines SLM-Paradigmas untersucht, welches dem von uns verwendeten gleicht. Die Darstellung der neuronalen Aktivität erfolgte ebenfalls über den Kontrast von Signalintensität bei Gewinnantizipation (XX_ oder YY_) zu Verlustantizipation (XY_ oder YX_). Im Einklang mit den Ergebnissen unserer Studie konnte eine signifikant erhöhte Aktivität der rechten anterioren Insula für sowohl 10–12, 14–15 als auch 18–23

jährige Probanden nachgewiesen werden. Die Autoren beschrieben interessanterweise einen linearen Zusammenhang von höherem Alter zum Abfall der Insulaaktivität bei Gewinnantizipation. Die linke anteriore Insula zeigte bei den Gruppen der 10-12 und 14-15 Jährigen eine signifikant erhöhte Aktivität.

Weitere Areale des neuronalen Belohnungsnetzwerks zeigten zum Messzeitpunkt TP1 ebenfalls einen positiven Kontrast von Gewinnantizipation zu Verlustantizipation (siehe Tab. A.1 und A.2 des Anhangs). Das ventrale Striatum und der Thalamus zeigten vergleichbar hohe Aktivitätsmuster wie die anteriore Insula. In der bereits oben erwähnten Metaanalyse von (Liu et al., 2011) wird das ventrale Striatum als eines der Kernareale des Belohnungssystems identifiziert, welches vor allem in die Verarbeitung von Belohnungsreizen und Gewinnantizipation involviert ist. Es steht dabei in bilateraler Beziehung zur anterioren Insula (Smith et al., 2014b). Der Thalamus bildet eine Schnittstelle zwischen dem Belohnungssystem und dem Netzwerk für Risikoverarbeitung und ist maßgeblich an der Verarbeitung negativer Emotionen sowie negativer Belohnungssituationen beteiligt, nicht aber an der Antizipation (Mohr et al., 2010). Ähnlich der Insula, wird ihm eine Rolle als potentieller Knotenpunkt in der Verarbeitung und Weiterleitung von für das risikoassoziierte Entscheidungsverhalten essentiellen Informationen zugeschrieben (Smith et al., 2014b). Es ist daher zu vermuten, dass die erhöhte Aktivität bei Gewinnantizipation in unserer Studie weniger die Erwartung eines potentiellen Gewinnes, sondern vielmehr eine Verarbeitung eines anticipation risk widerspiegelt.

Zusammengefasst lässt sich sagen, dass unsere Ergebnisse eine maßgebliche Beteiligung der Insula an der Verarbeitung von Gewinnantizipation bei spielnaiven Probanden bestätigen. Dies steht im Einklang mit bisherigen Studien ähnlichen Designs. Der positive Kontrast von Gewinnantizipation zu Verlustantizipation könnte dabei durch das Fehlen eines emotionalen Kontexts begünstigt sein. Eine Einflussnahme von Emotionen könnte in Studien, welche die Verarbeitung von Belohnungsantizipation über einen anderen Versuchsaufbau untersuchen, zu einer stärkeren Involvierung der Insula in die Prozessierung negativer Stimuli und Verlustantizipation führen. Entscheidender für das Überwiegen der Aktivität bei Gewinnerwartung ist allerdings die Behaftung der zugehörigen Situation mit anticipation risk. Konstellationen innerhalb der SLM-Task, in denen ein Verlust erwartet wird, vermissen hingegen einen Risikofaktor. Eine gesteigerte Aktivierung der Insula, einem Areal mit entscheidender Beteiligung an der Verarbeitung von Risiko, ist demnach für unsere Situation der Gewinnantizipation zu erwarten.

IV.2. Prädiktiver Wert der Insulaaktivität für die Affinität gegenüber Videospieldkonsum

Ziel war es zu untersuchen, ob die neuronale Reaktion des Belohnungssystems auf potentielle Belohnungen mit der späteren Affinität gegenüber einem komplexen Videospiele assoziiert ist. Zu diesem Zweck wurden von uns die subjektiven Affinitätsparameter *Spielspaß*, *Frustration* und *Verlangen* sowie der objektive *Erfolg* im Spiel betrachtet. Es ließ sich sowohl in der ersten, als auch in der zweiten Hälfte der Spielephase eine signifikant positive Korrelation von Insulaaktivität zum empfundenen *Spaß* nachweisen. Für den Parameter *Frustration* war ein negativer statistischer Trend lediglich für die ersten vier Wochen nachweisbar. Ein Zusammenhang zwischen dem subjektiven *Verlangen* nach dem Videospiele und dem erzielten *Erfolg* lag hingegen nicht vor. Ein nach Bonferroni Korrektur signifikanter Zusammenhang der potentiellen Störfaktoren Alkoholkonsum und Videospieleerfahrung war nicht nachweisbar und wird daher thematisch nicht in die folgenden Betrachtungen mit einbezogen.

Near-miss Situationen in Glücksspielen gelten als wichtige Motivatoren, die einen Drang weiter zu spielen auslösen und so pathologisch gesteigertes Spielverhalten begünstigen können (Murch & Clark, 2015). Es ist bekannt, dass diese Beinahe-Erfolge konsequent in der Insula verarbeitet werden. Das Prinzip solcher Situationen kann durch die Betrachtung einer Studie von (L. Clark et al., 2009) genauer verstanden werden. Die Autoren untersuchten Hirnareale des Belohnungssystems hinsichtlich ihrer Aktivität bei Gewinn- und Verlustantizipation sowie bei eingetretenen Gewinnen und Verlusten. Dazu verwendeten die Autoren eine SLM-Task, die der unseren in Bezug auf die Zuordnung von Belohnungssituation zu Walzenkonstellation ähnelt. Auf zwei Walzen waren je sechs unterschiedliche Zeichen abgebildet. Zwei arretierte Walzen mit gleichen Zeichen galten als reine Gewinnsituation (win). Arretierte die zweite Walze so, dass eine win Position nur um eine Drehung der Walze verfehlt wurde, galt dies als fast erreichter Gewinn (near-miss). Bei reinen Verlusten (full-miss) arretierte das zweite Rad mehrere Positionen von einer potentiellen win Situation entfernt. Die Insula zeigte sowohl bei near-miss als auch win Situationen gesteigerte Aktivität. Zudem korrelierte die Insulaaktivität bei den Beinahe-Erfolgen positiv mit dem von den Probanden subjektiv empfundenen Verlangen weiter zu spielen sowie mit deren Spielaffinität, die über eine "gambling-related cognition scale" (Raylu & Oei, 2004) evaluiert wurde. Near-misses wurden subjektiv als weniger angenehm empfunden als full-misses, riefen aber einen deutlich stärkeren Drang weiterzuspielen hervor.

Die Autoren stellen basierend auf diesen Betrachtungen die Hypothese auf, dass eine starke Rekrutierung der Insula während Spielprozessen, die einen fast erreichten Gewinn beinhalten, und auf diese Weise die Motivation weiter zu spielen erhöhen, als wichtiger Risikofaktor für Spielsucht angesehen werden kann. Der motivierende Effekt von near-misses wurde nicht nur für Nichtspieler (L. Clark et al., 2009), sondern auch Gelegenheitsspieler (Chase & Clark, 2010) und pathologische Spieler nachgewiesen (Habib & Dixon, 2010).

Wir hypothesierten, dass near-miss Situationen nicht nur in klassischen Glücksspielen, sondern auch in komplexen Videospiele, wie zum Beispiel Jump'n Runs, eingesetzt werden und hier ebenso als Mechanismen der Motivationssteigerung dienen. Als Beispiel kann ein simpler Sprung über eine Klippe herangezogen werden. Schafft man den Sprung, wartet am anderen Ende des Abgrundes eine Belohnung. Andernfalls verliert man ein *Leben* des Spielcharakters und damit oft auch einen erreichten Spielfortschritt. Wird der rettende Rand der Klippe aber nur knapp verfehlt, steigert dies die Motivation, den Sprung ein weiteres Mal zu versuchen. Vergleichbare Situationen treten in Jump'n Run Videospiele häufig auf und sind in variierenden Abständen gezielt im Spiel platziert. Es konnte gezeigt werden, dass bereits near-miss Anteile von etwa 30% innerhalb einer SLM-Task ausreichen, um das Bedürfnis weiter zu spielen maximal zu steigern. Höhere oder niedrigere Anteile wurden von Probanden als weniger motivierend beschrieben (Kassinove & Schare, 2001). Eine weitere Studie wies anhand eines Lotterie basierten Glücksspieles eine gesteigerte Spielmotivation bei einem near-miss Anteil von 27% nach (Cote, Caron, Aubert, Desrochers, & Ladouceur, 2003). Es reicht demnach ein relativ geringer Anteil an solchen Situationen, um einem Spieler das Gefühl zu geben, nicht ständig zu verlieren, sondern oft fast zu gewinnen. Vergleichbare Situationen, sei es der erwähnte Klippensprung oder der Kampf mit einem virtuellen Gegner, den man fast besiegt hätte, sind in dem von uns verwendeten Videospiele konstant vertreten. Während in der Anfangsphase eher einfacher zu absolvierende Aufgaben gemeistert werden müssen, steigert sich der Schwierigkeitsgrad im Spielverlauf konstant und passt sich so dem steigenden Niveau des Könnens der Spieler an. Zudem werden nach verschiedenen Spielabschnitten neue Charaktere sowie neue Gegnertypen eingesetzt. Die bis dahin unbekannt Fähigkeiten der neuen Charaktere müssen punktuell auf die Bewegungsabläufe neuer Gegner abgestimmt werden. Neben der einfachen Steigerung des Schwierigkeitsgrades einzelner Aufgaben, dient dieser Mechanismus einem fortwährenden Auftreten von near-miss Situationen.

In Videospiele sollten, im Gegensatz zu klassischen Glücksspielen, die Gesichtspunkte Interozeption, Selbstwahrnehmung und Identifikation mit Spielinhalten in die Betrachtungen

zur Motivation mit eingeschlossen werden. Diese Faktoren könnten motivationssteigernde Spielsituationen in Form von near-misses beeinflussen bzw. verstärken. Der Insellappen wurde unter anderem mit neuronalen Prozessen bei Aufgaben in Verbindung gebracht, die mit Aufmerksamkeit (Weissman, Roberts, Visscher, & Woldorff, 2006), Selbstwahrnehmung (Farrer & Frith, 2002), perzeptueller Entscheidungsfindung (Ploran et al., 2007), Wahrnehmung von Körperbewegungen (Mutschler et al., 2007), visueller und auditiver Momentwahrnehmung (Bushara, Grafman, & Hallett, 2001; Deary et al., 2004; Kranczioch, Debener, Schwarzbach, Goebel, & Engel, 2005) sowie Zeitempfinden (Livesey, Wall, & Smith, 2007) assoziiert sind. Die Ergebnisse der oben genannten Studien zeigen, dass Prozesse verschiedener Ebenen der Selbstidentifikation in der Insula verarbeitet und zueinander in Beziehung gesetzt werden. (Craig, 2009) wertet diese Erkenntnisse als Beleg dafür, dass die Insula das neuronale Korrelat der Selbstwahrnehmung darstellt. Vor allem die seit langem bekannte Assoziation zu Prozessen der Interozeption, in Form subjektiver Gefühlszustände und der Wahrnehmung des eigenen körperlichen Befindens, stützt die These solch einer zentralen Rolle des Areals. So konnte eine gesteigerte Aktivität der Insula bei der Wahrnehmung des eigenen Pulses (Critchley, Wiens, Rotshtein, Ohman, & Dolan, 2004), von taktilen Reizen (Olausson et al., 2002), von Geschmack (Small, 2010) und sexueller Stimulation (Georgiadis & Holstege, 2005)

nachgewiesen werden, um nur einige Beispiele zu nennen. Diese interozeptiven Signale werden über Bahnen des peripheren Nervensystems in der Insula zusammengeführt (Naqvi et al., 2014). Dabei erreichen sie zuerst die posteriore Insula, wo basale Sinneswahrnehmungen prozessiert werden. Die so gewonnen Informationen erreichen daraufhin die anteriore Insula, wo sie mit höherrangigen, emotionalen Wahrnehmungen in Verbindung gesetzt, weiterverarbeitet und an die basolaterale Amygdala, den Nucleus Accumbens, den Hippocampus, den anterioren cingulären Kortex sowie den orbitofrontalen Kortex weitergeleitet werden (Naqvi et al., 2014). Die innerhalb der anterioren Insula prozessierten Sinneswahrnehmungen resultieren in Gefühlszuständen wie Freude, Wohlgefallen, Unbehagen und Erregung. Die Reflektion solcher Zustände ermöglicht es, uns selbst in einen Bezug zur Außenwelt und zu den von uns erlebten Ereignissen zu setzen. Die Assoziation der Insula zu Prozessen der Wahrnehmung ist interessanterweise nicht auf das eigene Selbst limitiert, sondern konnte auch für die Projektion subjektiver Empfindungen auf einen virtuellen Charakter gezeigt werden. Bei der Identifikation mit einem virtuellen Ich in einem Sport-Geschicklichkeitsspiel zeigte sich anhand der fMRT-Aktivitätsmuster eine zentrale Rolle der Insula (Corradi-Dell'acqua et al., 2008). In Situationen, in denen sich die Probanden

über die Relation einer beobachteten Bewegung (eines Videospield Charakters) zu ihren eigenen Bewegungen bewusst werden mussten, konnten die Autoren eine signifikante Aktivitätserhöhung der posterioren Insula messen. Andere Neuroimaging Studien konnten eine Aktivierung der Insula bei Aufgaben beobachten, bei denen motorische Aktionen der Probanden visualisiert und als zu ihnen gehörig identifiziert werden mussten (Farrer et al., 2003; Farrer & Frith, 2002; Leube et al., 2003). Weiterhin konnte gezeigt werden, dass die anteriore Insula Informationen über die Gefühlszustände anderer in Entscheidungsprozesse einbezieht und zu einer Handlungsanpassung auf Basis dieser Informationen beiträgt (Koban, Corradi-Dell'Acqua, & Vuilleumier, 2013; Lamm, Meltzoff, & Decety, 2010).

Zusammengefasst stellt die Insula einen Knotenpunkt dar, in dem auf Basis interozeptiver Signale die subjektive Wahrnehmung des Selbst und der Umgebung generiert wird, in der spielmotivationssteigernde Stimuli prozessiert werden und in der Entscheidungssituationen in einen Kontext zu Risiko und Emotion gebracht werden. Zudem wurde der Insula eine zentrale Rolle bei der Identifikation mit einem virtuellen Charakter zugeschrieben. Die Ergebnisse unserer longitudinalen Studie weisen, unseres Wissens nach, erstmals einen prädiktiven Wert der Aktivität dieses Areals für Videospielemotivation nach. Je höher die Aktivität bei Probanden war, die gegenüber Videospielekonsum naiv waren, desto mehr *Spaß* empfanden diese im Verlauf eines täglichen Videospieletrainings über acht Wochen. In die Variable *Spaß* sollten die Probanden unmittelbar während des Spielens empfundene Gefühlszustände einfließen lassen. In Abgrenzung dazu beinhaltete die Variable *Verlangen* die außerhalb von Spielsituationen stattfindende Auseinandersetzungen mit Spielinhalten und die Motivation, mit dem Videospiele zu beginnen. Ein prädiktiver Wert der Insulaaktivität bei Belohnungsantizipation zur Spielmotivation außerhalb des Spielgeschehens bestand demnach nicht. Auf Basis oben diskutierter Erkenntnisse kann dennoch davon ausgegangen werden, dass die anteriore Insula ein ausschlaggebendes Areal für die Verarbeitung von motivationssteigernden Prozessen innerhalb von Videospiele darstellt. Dabei werden durch das Spielen hervorgerufene, interozeptive Stimuli und Identifikationsprozesse mit dem Spielcharakter mit belohnungsassoziierten Situationen verknüpft, was auf Ebene der Insula zu einer Verstärkung dieser Stimuli führt und so die subjektive Lust am Spiel erhöht.

IV.3. Einfluss von Videospieldkonsum auf die Verarbeitung von Gewinnantizipation in der Insula

Innerhalb unseres prospektiven Studienmodells konnte ein Einfluss des acht Wochen andauernden Videospieldtrainings auf die Aktivität der anterioren Insula bei Gewinnantizipation nachgewiesen werden. Während die Reaktion des Insellappens der Kontrollgruppe zum Zeitpunkt TP2 deutlich abgeschwächt ausfiel, gab es hingegen keinen signifikanten Abfall der Aktivität bei den Spielern.

Es konnte nachgewiesen werden, dass das neuronale Belohnungssystem von aktiven Videospielern stärker auf Belohnungsreize reagiert, als das von Nichtspielern oder Spielern, die unregelmäßig und insgesamt weniger häufig spielen (Crockford, Goodyear, Edwards, Quickfall, & el-Guebaly, 2005b; Kühn et al., 2011). Da es sich bei den angesprochenen Arbeiten um Querschnittsstudien handelt, blieb fraglich, ob die gefundenen Ergebnisse als Konsequenz des Spielkonsums zu verstehen sind, oder ob ein stärkeres Ansprechen auf Belohnungsstimuli eine gesteigerte Spielaffinität bedingt. Unsere Ergebnisse sprechen für erstere Theorie. Konträr zu diesen Veröffentlichungen berichten (Reuter et al., 2005) von erniedrigten neuronalen Reaktionen im Belohnungssystem auf Belohnungsreize bei Spielsüchtigen, genauer im ventralen Striatum und dem ventromedialen präfrontalen Kortex. Bavelier et al. (2012) zeigten zudem, dass bei Aufmerksamkeitsprozessen weniger Hirnaktivität im Frontoparietalen Netzwerk von Vielspielern als von Kontrollen beobachtet wurde. Ein solcher Effekt war auch in der Insula messbar.

Um die heterogenen Berichte korrekt einordnen und gegeneinander abwägen zu können, muss zuerst die Frage nach den Mechanismen des belohnungsassoziierten Lernens näher betrachtet werden. Ein weit verbreiteter Erklärungsansatz besagt, dass die Verarbeitung von Belohnungsreizen und Belohnungsantizipation einer, durch Spielkonsum verursachten und von Dopamin abhängigen, Modulation unterliegt. Belohnungsreize sind ein elementarer Baustein von Videospielen. Eine vermehrte Freisetzung von Dopamin bei der Benutzung von Videospielen konnte bei gesunden Probanden bestätigt werden (Koepp et al., 1998). Laut der seit langem bestehenden Anhedonie-Hypothese, spielen dopaminerge Netzwerke eine entscheidende Rolle für neuronales Reinforcement, Motivationssteigerung und belohnungsassoziiertes Lernen (Wise, 2008). Jüngere Veröffentlichungen hingegen zweifeln den alleinigen Ursprung von Vergnügen im Dopamin-System an. Einen, seit längerem diskutierten, kritischen Punkt, stellt dabei die Korrelation von der Höhe der Dopaminausschüttung zum empfundenen Vergnügen dar. Einzelne Studien konnten anhand von Schmackhaftigkeit (Small, Jones-Gotman, & Dagher, 2003) und dem kalorischen Gehalt

(Ferreira, Tellez, Ren, Yeckel, & de Araujo, 2012) zwar zeigen, dass die aus dem dorsalem Striatum ausgeschüttete Menge an Dopamin direkt mit der Güte eines Belohnungsreizes korreliert. Betrachtet man aber das Gros der Arbeiten, welche die Abhängigkeit der Dopaminfreisetzung von verschiedenartigen Stimuli untersuchten, muss ein allgemeiner Zusammenhang von Reizstärke zur Höhe der Ausschüttung des Neurotransmitters angezweifelt werden (Berridge & Kringelbach, 2015; Wise, 2008). Des Weiteren gaben Parkinson Patienten, deren Krankheit eine starke Erniedrigung des Dopamin-Systems bedingt, bei der Bewertung ihres subjektiven Vergnügens bei Geschmacksreizung normale Einschätzungen ab (Meyers, Amick, & Friedman, 2010; Sienkiewicz-Jarosz et al., 2013). Weiterhin zeigte sich das subjektive Vergnügen beim Konsum von Amphetamin nach Supremierung des Dopamin-Systems bei gesunden Männern unverändert (Leyton et al., 2007). Die Motivation in mit Belohnungen assoziierten Situationen zeigte sich nach Supremierung hingegen abgeschwächt. Das Verhalten der Probanden während der Bearbeitung von auf Gewinn bezogenen Aufgaben, stellte sich dementsprechend verändert dar.

Der Belohnungs-Forscher Kent C. Berridge fasste bereits 2007 zusammen, dass zum vollständigen Verständnis der dopaminergen Wirkungen auf das Belohnungssystem verschiedene Reaktionen auf Belohnungsreize differenziert werden müssen: Vergnügen (liking), Lernen (learning) und Anstreben (wanting) (Berridge, 2007). Liking bezeichnet den hedonischen Aspekt bei eingetretenem Belohnungsreiz, learning hingegen eine in die Zukunft gerichtete Prädiktion, die aus Erfahrungen mit erreichten oder verpassten Belohnungen und dem jeweils zugehörigen individuellen Verhalten abgeleitet wird. Ob es einen kausalen Zusammenhang zwischen den zugrunde liegenden neuronalen Mechanismen dieser beiden Reaktionen und einer gesteigerten Dopamin Ausschüttung gibt, muss kritisch hinterfragt bzw. verneint werden (Berridge, 2007). Hingegen besteht für eine, vom mesolymbischen Dopamin-System vermittelte, Beeinflussung der Reaktion *wanting*, also der Motivation in Anbetracht einer erreichbaren Belohnung, erhöhte Evidenz. In einem kürzlich veröffentlichten Review (Berridge & Kringelbach, 2015) unterlegt Berridge die These, dass eine neuropharmakologische Aktivierung des Belohnungssystems durch Dopamin spezifisch die Komponente *wanting* beeinflusst, und dass über diesen Mechanismus assoziatives Lernen gefördert wird. Auf diese Weise würde Motivation sowohl aufgebaut als auch auf ein Ziel konzentriert werden. Das reine Vergnügen hingegen sei nicht Dopamin, sondern eher Opioid und/oder Endocannabinoid abhängig. Zudem wird von den Autoren dargelegt, dass die Insula einem System von "hedonic hot spots" (Berridge & Kringelbach, 2015) zuzuordnen ist,

welches im Rahmen motivierender Prozesse eine Verstärkung der durch Belohnungssituationen hervorgerufenen Intensität von Vergnügen auslöst. Videospieldkonsum könnte auf dieser Basis zu einer Erhöhung der Ansprechbarkeit des Belohnungssystems auf Belohnungssituationen führen. Darüber hinaus kann vermutet werden, dass dieser Effekt nicht nur für den Spielprozess selbst gilt, sondern dass Videospieldkonsum über eine Verstärkung von mit Spaß assoziierter Aktivität im Belohnungssystem auch zu einer verstärkten Ansprechbarkeit auf andere belohnungsassoziierte Aufgaben führt.

Die konstant erhöhte Insulaaktivität der Spieler in unserer Studie könnte als Ausdruck gesteigerter Motivation gegenüber den Kontrollen gewertet werden. Probanden, die sich über acht Wochen regelmäßig mit Inhalten der Studie auseinandersetzten und ihre Erfahrungen und Empfindungen gegenüber dem Videospield wöchentlich reflektieren mussten, befanden sich während der zweiten fMRT möglicherweise in einem anderen emotionalen Kontext gegenüber der Studie. Eine höhere Motivation auf Basis einer gesteigerten Identifikation mit Studie und Spiel, könnte durchaus eine stärkere Rekrutierung des Belohnungssystems bedingen. Die der Insula zugeschriebene Funktion als integrativer Knotenpunkt, der die Aufgaben und Kontext spezifische Koordination verschiedener Hirnregionen als Reaktion auf motivierende Stimuli übernimmt (Menon & Uddin, 2010), stützt diesen Erklärungsansatz. Die Bedeutung des Faktors Neugierde für die Steigerung von Motivation bei Probanden mit pathologisch erhöhtem Online-Verhalten und Online-Spielkonsum wurde zudem von (Ko et al., 2010) beschrieben. In verschiedenen standardisierten Tests und Fragebögen zeigte sich, dass Internetabhängige weniger stark auf Art und Höhe von verschiedenen Belohnungsstimuli selbst ansprechen. Sie zeigten hingegen gegenüber Kontrollen einen deutlich gesteigerten Entdeckerdrang bzw. Neugier. Eine kürzlich veröffentlichte Studie von (J. Li et al., 2015) belegt zudem die Verarbeitung von Neugier in der Insula und berichtet Ergebnisse, die darauf hinweisen, dass diese auf Basis einer Modulation der Wechselwirkungen zwischen dem Dopamin-System und Insula stattfindet.

Ein anderer Erklärungsansatz für das Abfallen der Insulaaktivität bei den Kontrollen, stellt eine verminderte Motivation dar, die SLM-Task ein zweites mal bestmöglich auszuführen. Die Abläufe der Task waren den Probanden bekannt und der mögliche Testausgang ließ sich im Gegensatz zum ersten Versuch einschätzen. Faktoren wie Neugier und Ungewissheit spielten beim zweiten Test eine gegenüber dem ersten untergeordnete Rolle. Es konnte nachgewiesen werden, dass einmaliges Üben einer SLM-Task bereits zu einer Veränderung der neuronalen Aktivität in Arealen des Belohnungssystems, unter anderem der Insula führte (Shao, Read, Behrens, & Rogers, 2013). Im Gegensatz zu unserer Studie beschrieben die

Autoren aber ein Absinken der Aktivität bei eingetretenen Belohnungen im Gegensatz zu einem Anstieg bei der Verarbeitung von Gewinnantizipation und near-misses. Sie schlussfolgerten, dass dopaminerg beeinflusste Lernprozesse das subjektiv empfundene Ausmaß von Belohnung bei antizipatorischer Prozessierung auf Kosten der reinen Gewinnverarbeitung steigern. Es ist wahrscheinlich, dass diese, sofort nach dem einmaligen Üben aufgetretenen Effekte, nur für einen begrenzten Zeitraum persistierten. Nach dem von uns gewählten Intervall von acht Wochen waren sie hingegen nicht mehr nachweisbar. Eine andere Studie von (Fliessbach et al., 2010) testete die Reproduzierbarkeit von fMRT Ergebnissen bei drei verschiedenen Aufgaben, die sowohl Belohnung als auch Belohnungsantizipation beinhalteten. Das Intervall bis zur erneuten Testung betrug sieben bis 13 Tage. Die Ergebnisse zeigten signifikant erhöhte Aktivität zu beiden Testzeitpunkten, sowohl für das Erhalten als auch die Antizipation von Belohnungen. Es stellte sich aber heraus, dass die Zuverlässigkeit wiederholter Messungen für Belohnungsreize insgesamt eher schlecht ausfiel. Diese Ergebnisse stützen die Vermutung, dass die Antizipation oder das Erhalten identischer Belohnungen ohne weitere Intervention durch den Verlust des Unbekannten zu einer Minderung des subjektiv empfunden Belohnungsgefühls führt.

Ob die von uns beobachtete Konservierung des Ansprechens der Insula bei den Spielern durch einen Lerneffekt oder durch motivierende Störfaktoren, wie eine stärkere Auseinandersetzung und Identifikation mit der Studie selbst bedingt ist, lässt sich abschließend nicht mit Genauigkeit einordnen. Laut eines Vergleiches verschiedener fMRT Studien, bei dem durch Videospieldkonsum beeinflusste Effekte der Wahrnehmung und der Kognition untersucht wurden, ist eine einseitige Erklärung von innerhalb klassischer Trainingsstudien erhobenen Ergebnissen ohnehin kritisch zu betrachten (Boot et al., 2011). Vielmehr kann davon ausgegangen werden, dass ein Zusammenspiel der genannten Trainings- und Störfaktoren für die beobachteten Effekte ursächlich ist.

IV.4. Transfereffekte durch Videospieldkonsum in Abhängigkeit von Spielaffinität

Die Betrachtungen zu dieser Hypothese zielen auf unterschiedliche Gesichtspunkte ab. Zum einen sollte beobachtet werden, ob ein über acht Wochen regelmäßig stattfindender Videospieldkonsum zu messbaren Transfereffekten führt, die sich in einer Verbesserung des Abschneidens in verschiedenen kognitiven Aufgaben widerspiegeln. Ausgewählt wurden die Aufgaben anhand der von ihnen geprüften kognitiven Fähigkeiten. Dabei wurde vor allem auf eine Übereinstimmung mit Fähigkeiten geachtet, die durch dreidimensionale Jump'n Run

Videospiele trainiert werden könnten. Im Vergleich zur Kontrollgruppe konnten bei den Spielern innerhalb einer 2 x 2 ANOVA (Gruppe x Messzeitpunkt) keine signifikanten Performance-Unterschiede ermittelt werden, die sich auf den Videospieldkonsum zurückführen ließen.

Zum anderen sollte herausgefunden werden, ob innerhalb der Gruppe der Spieler die subjektive Affinität zum Videospiel mit Performance-Unterschieden in oben beschriebenen Tests korrelierte. Hintergrund dieser Frage war die Überlegung, dass eine höhere Affinität gegenüber Videospieldkonsum eine intensivere Auseinandersetzung mit Spielinhalten nach sich zieht, und dass so positive Interaktionen des Belohnungssystems mit kognitiven Lerneffekten verstärkt würden. Weiterhin wurde untersucht, ob die Aktivität der anterioren Insula, einem Hirnareal, das als Schnittstelle von kognitiven Prozessen und belohnungsassoziiertem Lernen diskutiert wird (Smith et al., 2014b), mit Performanceunterschieden korrelierte. Zu beobachten war lediglich eine Wechselbeziehung der Aktivität der rechten anterioren Insula zur Performance-Steigerung innerhalb der Mental Rotation Aufgabe. Dies muss jedoch kritisch betrachtet werden, da nach Korrektur des Alpha-Fehlers keine statistische Signifikanz mehr gegeben war. Da sich keine statistisch einwandfreie Korrelation zu den genannten Tests nachweisen ließ, kann von einer durch positive Einflüsse des Belohnungssystems bedingten Verstärkung von Transfereffekten innerhalb unseres experimentellen Designs nicht ausgegangen werden.

Die von uns verwendeten neuropsychologischen Tests prüfen die Performance in räumlicher Orientierung (Mental Rotation, Guilford-Zimmerman), anschauungsgebundenes/figural bildhaftes Denken (BIS-4 Weg und Zahlensymboltest), Merkfähigkeit (BIS-4 Weg Test), Bearbeitungsgeschwindigkeit im Sinne von kognitiver Detektion und Prozessierungsgeschwindigkeit (BIS-4 Zahlen Symbol Test) sowie Hand-Auge-Koordination (Purdue Pegboard) (Geiser et al., 2006; Guilford & Zimmerman, 1948; Krampen, 1998; Tiffin & Asher, 1948). Trotz Übereinstimmung der spezifisch abgefragten Fähigkeiten mit den am häufigsten trainierten Videospieldanforderungen, ließ sich ein Transfereffekt in keinem der genannten Tests nachweisen. Dies lässt vermuten, dass Super Mario 64 DS und vergleichbare Jump'n Run Titel, keinen über das eigentliche Spiel hinausgehenden Lerneffekt der getesteten kognitiven Fähigkeiten ermöglicht.

Unsere Ergebnisse reihen sich in eine wachsende Anzahl von Arbeiten ein, welche die interkontextuelle Übertragung von in Spielen erlernten kognitiven Fähigkeiten hinterfragen bzw. verneinen. (Boot et al., 2011) äußern sich in ihrem Review kritisch gegenüber den methodischen Voraussetzungen von den Transfereffekt untersuchenden Trainingsstudien. Es

kann in vielen Studien nicht ausreichend belegt werden, ob es durch das Videospieltraining zu einer wirklichen Verbesserung kognitiver Prozesse oder eher zu verbesserten Lösungsstrategien für die jeweiligen Testanforderungen kommt. So kann argumentiert werden, dass erfahrene Videospiele in einer Aufgabe, in der visuelle Veränderungen detektiert werden sollen, schlicht gewissenhafter suchen, und es lediglich auf Basis einer veränderten Herangehensweise zu einer gesteigerten Testperformance kommt (K. Clark, Fleck, & Mitroff, 2011). Weiterhin führen die Autoren an, dass es bei Trainingsstudien, anders als bei Studien zur Wirkung von Medikamenten, standardisierte Placebo Richtlinien nicht eingehalten werden können, da die Kontrollen stets von ihrer Gruppenzugehörigkeit wissen. Diese Kenntnis, gekoppelt mit dem Glauben der Probanden, dass das experimentelle Training einen Effekt haben wird, könnte die Vergleiche von nicht spielenden Kontrollen und Spielern stark beeinflussen und zu einer Misinterpretation eventuell gewonnener Ergebnisse führen (Boot et al., 2011). Zuletzt muss bedacht werden, dass auf Basis genereller Lerntheorie selbst eine einfache Wiederholung eines Tests zu Performanceunterschieden führt. Durch das lediglich zweimalige Durchlaufen der Aufgaben im Abstand von acht Wochen, versuchten wir einen Trainingseffekt durch das Absolvieren der getesteten Aufgabe selbst so gering wie möglich zu halten. Viele der oben genannten Studien, welche einen Transfereffekt nachgewiesen haben, nutzen hingegen mehrfache Testwiederholungen. Bemerkenswerterweise finden einige dieser Studien trotz dessen keine Verbesserung der Performance bei nicht spielenden Kontrollen (Boot et al., 2011). Studien, die wie unsere über keinen Transfereffekt durch Spieltraining berichten, fanden hingegen sowohl bei Spielern, als auch Kontrollen eine Verbesserung der Testergebnisse vor (Ackerman, Kanfer, & Calderwood, 2010; Boot, Kramer, Simons, Fabiani, & Gratton, 2008). Das Ausmaß der Veränderung war, wie bei uns, lediglich vergleichbar groß, sodass kein signifikanter Unterschied nachzuweisen war. Einen signifikanten Performanceunterschied, der durch eine unerwartet fehlende Verbesserung der Kontrollen nach Testwiederholung zustande kommt, als Transfereffekt einzustufen, muss kritisch hinterfragt werden.

Auch die Aussagekraft von Querschnittsstudien wird durch verschiedene methodische Herangehensweisen eingeschränkt. Zum einen können die Erwartungshaltungen von Probanden mit hoher und niedriger Erfahrung stark differieren, was zum Hawthorne-Effekt führt. Probanden, die aufgrund ihrer Expertise in ihrem Fachgebiet rekrutiert werden, erfahren höhere Motivation und eine positivere Erwartungshaltung gegenüber Labortests, was zu einer Verzerrung der Messergebnisse führen kann (Powers, Brooks, Aldrich, Palladino, & Alfieri, 2013). Weiterhin besteht das Problem eines Selektionsbias, da Personen mit besseren

kognitiven oder visuellen Fähigkeiten eine natürliche Affinität zu Videospielen haben (Powers, Brooks, Aldrich, Palladino, & Alfieri, 2013) und in diesen erfolgreicher agieren (Jaeggi, Buschkuhl, Jonides, & Shah, 2011).

Bei dem Vergleich unserer Ergebnisse mit anderen Trainingsstudien muss zudem geklärt werden, inwieweit die Dauer und die Frequenz der Trainingseinheiten einen potentiellen Transfereffekt beeinflussen. In älteren Trainingsstudien zeigte sich, dass insbesondere der Umfang der Gesamtspielzeit einen möglicherweise entscheidenden Einfluss auf den Lerneffekt haben kann. Während Green & Bavelier (2003) schon ab einer Spanne von mindestens zehn Trainingsstunden in einem kompakten Zeitrahmen eine signifikante Verbesserung der Fähigkeiten seiner Probanden nachweisen konnte, konnten Boot et al. (2008) nach über 20 stündigem Training diese Ergebnisse nicht replizieren. In unserer Studie belief sich die Gesamtspielzeit auf 30 Stunden in einem Zeitraum von acht Wochen. In einer vergleichbaren Trainingsstudie von (Green et al., 2012), in der ein signifikanter Transfereffekt für die Fähigkeit der Zielerfassung und –Änderung nachgewiesen wurde, spielten die Probanden gemittelt über achteinhalb Wochen. Die Trainingszeit betrug insgesamt etwa 50 Stunden pro Person. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass ein anderer Trainingsablauf (z.B. mehr Spielzeit pro Tag oder eine längere Gesamtdauer) einen signifikanten Effekt auf das Ergebnis gehabt hätte.

Neben dem alleinigen Nachweis von Transfereffekten wurde ein potentieller positiver Einfluss von Spielmotivation auf Lerneffekte überprüft. Interessant war hierbei die Frage, ob ein Zusammenhang von subjektiver Spielaffinität zu Unterschieden in der Performance innerhalb der neuropsychologischen Tests besteht. Darüber hinaus sollten solche Zusammenhänge auch für das jeweilige Ansprechen der Insula auf motivierende Belohnungsstimuli, genauer der Aktivität bei Gewinnantizipation in der SLM-Task, untersucht werden. Eine potentielle Einflussnahme auf visuo-motorische, spatiale und kognitive Lernprozesse von Teilen des Belohnungssystems, welche die Insula als Kernareal der Verarbeitung und Weiterleitung von Belohnungsassoziation beinhalten, ist vor allem nach jüngeren Diskussionen zur Rolle des Areals denkbar. Neben der integrativen Funktion innerhalb des Belohnungssystems (Berridge & Kringelbach, 2015; Van Leijenhorst et al., 2010) und der zentralen Bedeutung für emotionale und interozeptive Wahrnehmung (Craig, 2009; Naqvi et al., 2014), steht dabei die Verknüpfung der zugrunde liegenden Netzwerke dieser Aufgabenfelder mit kognitiven Prozessen im Vordergrund. Die Insula stellt nach Auffassung einiger Autoren einen Knotenpunkt dar, in den Afferenzen oben beschriebener

Art eingehen, der selbst an der Prozessierung dieser Informationen teilhat und von dem Efferenzen zu höheren kognitiven Bearbeitungskreisläufen führen, vor allem zum Striatalen Netzwerk und zum Präfrontalen Kortex (Smith et al., 2014b). Unterschieden werden können neben dem posterioren Anteil des Insellappens, der vor allem sensorische Signale bearbeitet (Wager et al., 2004), ein ventroanteriorer und ein posteroanteriorer Anteil der Insula (Kurth et al., 2010; Mutschler et al., 2009). Während der ventroanteriore Bereich komplexere interoceptive und sozio-emotionale Signale empfängt, verarbeitet und weiterleitet, ist der posteroanteriore Part in höhere kognitive Prozessierung involviert (Chang, Smith, Dufwenberg, & Sanfey, 2011; Dosenbach et al., 2006; Eckert et al., 2009; Menon & Uddin, 2010). Es konnte insbesondere gezeigt werden, dass die Insula in die Verarbeitung zielgerichteten Verhaltens involviert ist. Genauer betrifft dies die für dieses Verhalten essentiellen Aspekte “task-level control, performance monitoring and focal attention“ (Nelson et al., 2010). Eine aktuelle Metaanalyse von (Chang et al., 2013) verglich unter Verwendung der Neurosynth Datenbasis (Yarkoni, Poldrack, Nichols, Van Essen, & Wager, 2011) insgesamt 4393 Studien mit dem Ziel, quantitative Zusammenhänge in den Aktivitätsmustern der verschiedenen Netzwerke in und um die Inselrinde zu detektieren. Die auf diese Weise gewonnenen Erkenntnisse unterstreichen, dass sich die drei oben aufgeführten Anteile funktionell voneinander abgrenzen, wobei der posteroanteriore Anteil der Insula konstant in die Verarbeitung kognitiver Prozesse involviert ist. Nach Analyse der Wechselwirkungen mit den anderen Subarealen der Insula und der Koaktivität von assoziierten neuronalen Netzwerken, kommen die Autoren zu dem Schluss, “that the insula is instrumental in integrating disparate functional systems involved in processing affect, sensory-motor processing, and general cognition and is well suited to provide an interface between feelings, cognition, and action“ (Chang et al., 2013).

Die aufgeführten Studien, die das integrative Potential des Insellappens belegen, geben Anlass zu der Annahme, dass kognitive Prozesse auf der Ebene der Insula mit interozeptiven und belohnungsassoziierten Signalen in Zusammenhang gesetzt werden. Das unterschiedliche Abschneiden innerhalb verschiedener neuropsychologischer Tests könnte dementsprechend durch das individuelle Ansprechen auf Belohnungsassoziation und die damit in Zusammenhang stehende Spielmotivation der Probanden moduliert werden. Eine Assoziation von verschiedenen Aspekten der eigenen Motivation zu Transfereffekten gilt seit längerer Zeit als bewiesen (Beier & Kanfer, 2010; Gegenfurtner, Vauras, Gruber, & Festner, 2010; Gegenfurtner, Veermans, Festner, & Gruber, 2009). Eine Metaanalyse von (Gegenfurtner, 2011) zeigte jedoch, dass vor allem das Erlernen deklarativer Fähigkeiten, zB. Faktenwissen,

stark von der Motivation abhängt. Prozedurale Fähigkeiten hingegen waren weniger stark von motivierenden Einflüssen abhängig. Dass unsere Ergebnisse entgegen der eingangs aufgestellten Hypothese weder einen statistisch stichhaltigen Zusammenhang zum Ansprechen der anterioren Insula auf Belohnungsassoziation, noch zur subjektiven Spielaffinität belegen, deckt sich mit den Beobachtungen einer 2010 veröffentlichten Studie zur Rolle von Motivation in Lernprozessen. (Linke et al., 2010) untersuchten den Einfluss der intrinsischen Motivation auf die neuronale Reaktion gegenüber Belohnungen und Verlusten in einer Gambling Task. Im Gegensatz zur extrinsischen Motivation, die zum Beispiel durch monetäre Anreize geschaffen wird, setzt sich die von den Autoren beschriebene intrinsische Motivation aus Faktoren wie eigenem Vorwissen, Selbsteinschätzung und Neugierde zusammen. Die Ergebnisse der Studie zeigten, dass die individuelle intrinsische Motivation einen starken Einfluss auf die Höhe der Aktivität des Belohnungssystems innerhalb von Gewinn und Verlustsituationen hat. Von den Autoren geprüfte Lerneffekte standen allerdings nicht mit dem Ausmaß der intrinsischen Motivation in Zusammenhang. Zu dem Schluss, dass der Einfluss der intrinsischen Motivation auf Transfereffekte vernachlässigbar ist, kam auch eine Studie von (Burkolter, Kluge, Sauer, & Ritzmann, 2009).

Bei der Interpretation unserer Ergebnisse muss zudem bedacht werden, dass die endgültige Motivation in Test- und Spielsituationen von verschiedenen Teilaspekten abhängig ist. Diese Aspekte sind nach einem von Gegenfurtner und Kollegen aufgestellten Modell individueller Natur, trainingsbezogen oder durch das Studiendesign bedingt (Gegenfurtner et al., 2009), und können, teilweise unabhängig voneinander, sowohl vor und während des Trainings, als auch danach die Gesamtmotivation beeinflussen. Von besonderem Interesse erscheinen vor allem die individuellen Gesichtspunkte *Attitudes toward Training*, *Motivation to Learn*, *Personality Traits*, *Work Commitment*, *Self-Efficacy*, *Expectancies* und *Training Reactions* (Gegenfurtner et al., 2009). Zukünftige Arbeiten könnten über eine gesonderte Betrachtung dieser Aspekte weiterreichende Erkenntnisse zum Einfluss von Motivation auf die Verbesserung kognitiver Fähigkeiten durch Videospieldesign erlangen.

IV.5. Limitationen

Die Leistung innerhalb der von uns gewählten neuropsychologischen Tests zeigte keine signifikante Verbesserung im Vergleich von Spielern und Kontrollen. Diese Ergebnisse sind durch folgende, von uns spezifisch festgelegte, Parameter und deren Zusammenspiel beeinflusst: Art des verwendeten Spiels; Art der verwendeten Tests; Frequenz und Dauer der Spieleinheiten; Anzahl der Testungen; Abstand zwischen den Tests. Wie in Kapitel IV.4

ausgeführt, wurde durch lediglich zweimaliges und in großem zeitlichen Abstand stattfindendes Testen versucht, einen durch das absolvieren der neuropsychologischen Tests ausgelösten Trainingseffekt gering zu halten. Demgegenüber bieten mehrfache Testungen im Verlauf der Spielphase das Potential den zeitlichen Verlauf potentieller Lerneffekte über unterschiedliche Habituationsphasen hinweg zu untersuchen. Die Frage, ob die von uns angewandte, hochfrequente Trainingsmethode mit relativ kurzer Dauer der einzelnen Spieleinheiten die höchste Potenz für Transfereffekte bietet, ist noch nicht abschließend geklärt und bietet einen Ansatz für künftige Trainingsstudien verwandter Art. Auch die Betrachtung unterschiedlicher neuropsychologischer Tests sollte, unter Berücksichtigung der Theorie eines Transfers spezifischer Fähigkeiten (siehe Kapitel I.4), in Zukunft beachtet werden.

Weiterhin ist die Auswahl des verwendeten Videospieletitels und der Spielplattform nicht nur für die Untersuchungen zu Trainingseffekten essentiell, sondern beeinflusst als Grundlage der extrinsischen Spielmotivation die Affinität der Probanden gegenüber dem Medium. Titel, die verstärkt auf emotionale Tiefe oder Einbindung in einen sozialen Kontext setzen, sollten in zukünftigen Studien gesondert untersucht werden. Soweit uns bekannt ist, mangelt es den dafür bis dato in Frage kommenden Titeln jedoch an konsequent eingesetzten Belohnungs-, und near-miss Situationen, sodass hierfür ein anderer Versuchsaufbau in Betracht gezogen werden könnte, beispielsweise unter Verwendung von fMRT Paradigmen, welche dem bekannten *Diktator Spiel* oder dem *Ultimatum Spiel* (siehe Kapitel I.3) ähneln.

Eine mögliche Limitation stellt die fehlende Beaufsichtigung der Kontrollgruppe während der achtwöchigen Wartezeit dar. Die Probanden wurden zwar dazu instruiert, während dieser Zeit keinerlei Videospiele zu spielen, doch wäre eine aktive Überwachung des Videospielverhaltens und ebenso der außerhalb von Spielsituationen stattfindenden Auseinandersetzung mit Videospiele, in kommenden Studien sinnvoll, um eine mögliche Beeinflussung der Testergebnisse zu vermeiden.

Durch das Studiendesign bedingt erfolgte keine Verblindung der Probanden sowie der Studienbetreuer, so dass eine Beeinflussung der festgestellten Konservierung der Ansprechbarkeit des Insellappens durch placeboartige Effekte nicht ausgeschlossen werden kann (Boot et al., 2011). Weiterführende Studien sollten aus diesem Anlass einen aktiven Kontrollmechanismus beinhalten, wie etwa die Verwendung eines Referenzspiels ohne antizipatorische oder emotionale Stimuli.

Zuletzt bleibt zu erwähnen, dass die von uns abgefragten Affinitätsparameter subjektiver Natur waren, also den verschiedenen Einflüssen der eigenen Selbstwahrnehmung unterliegen,

und den Studienbetreuern am Ende jeder Woche übermittelt werden mussten. Eine Erinnerung emotionaler Zustände, sei diese auch in jüngster Vergangenheit, kann nicht mit einer Momentaufnahme gleichgesetzt werden. In zukünftigen Studien wäre der Einsatz genauerer Analysemethoden der emotionalen Zustände wünschenswert, beispielsweise per Betreuung während des Trainings. Eine weitere Aufgliederung der einzelnen Affinitätsparameter, etwa in die von (Gegenfurtner et al., 2009) beschriebenen Aspekte der Trainingsmotivation könnte darüber hinaus zu einem umfassenderen Verständnis der Zusammenhänge von Insulaaktivität, Spielmotivation und kognitivem Transfer führen.

IV.6. Ausblick

Betrachtet man die während Gewinnantizipation innerhalb der SLM-Task detektierte Insulaaktivität als prädiktiven Wert für Spielaffinität beziehungsweise Spielmotivation, so drücken die erhobenen Werte vor allem eine Reaktion gegenüber Belohnungserwartung in einer Risikosituation aus. Durch die dem Aufbau der Trainingsstudie geschuldete Erwartungshaltung der Probanden dürfen emotionale Faktoren bei der Analyse nicht unbeachtet bleiben (Gegenfurtner et al., 2009). Solche spielen innerhalb der SLM-Task allerdings eine untergeordnete Rolle, soziale Faktoren sind überhaupt nicht repräsentiert. Der in dieser Studie verwendete Jump'n Run Titel war daher hinsichtlich der vorherrschend motivierenden Stimuli, die vor allem aus Belohnungen, Belohnungsassoziation und der Installation von Risikosituationen bestanden, auf das verwendete fMRT Paradigma abgestimmt. Allerdings bestanden durch eine Identifikation mit Spielcharakter und -welt, gefördert durch eine über den Spielzeitraum andauernde, selbst verantwortete Entwicklung, ebenfalls eine emotionale Komponente, die als ein in der Insula verarbeiteter Mechanismus der Spielmotivation in Betracht gezogen werden muss (Corradi-Dell'acqua et al., 2008). Die Abhängigkeit der Verarbeitung von Belohnungsreizen innerhalb der Insula vom emotionalen und sozialen Kontext (siehe Kapitel I.3 sowie IV.1), bietet weitgreifendes Potential für zukünftige Betrachtungen zur Bedeutung des Areals für Online- und Videospielemotivation sowie Spielsucht. Den Faktoren Emotionalität und soziale Einbettung sollte dabei ein besonderer Stellenwert zukommen, da durch sie, wie durch die unterschiedlichen Mechanismen der Belohnungsvergabe, eine Modulation der „Intensität des Abhängigkeit erzeugenden Potenzial[s]“ (Rehbein, 2009) von Videospiele erreicht werden kann. Es muss zudem davon ausgegangen werden, dass die Verarbeitung von Gewinnen, welche gegenüber eines menschlichen Gegners anstelle einer künstlichen Intelligenz errungen wurden, eine stärkere Rekrutierung der anterioren Insula und des ventralen Striatum bedingt (Kätsyri

2012). Durch die Variation des verwendeten Spiels, oder besser ein Vergleich von verschiedenen Spieletiteln, könnten die durch diese Arbeit gewonnenen Erkenntnisse vertieft werden. Dabei ist weniger auf die Einordnung des Spiels in verschiedene Genres, als auf die innerhalb des Titels platzierten motivierenden Stimuli zu achten. Im Hinblick auf die vom Insellappen wahrgenommenen Verarbeitungsprozesse empfiehlt sich dabei der Vergleich von Spielen, die in unterschiedlich starker Form die Motivatoren Belohnungsassoziation, Risikomanagement, soziale Interaktion und Emotionalität beinhalten.

Die in dieser Studie nachgewiesene Assoziation der Insulaaktivität bei Gewinnantizipation zum Affinitätsparameter Spielspaß steht im Einklang mit bisherigen Studien, welche die Bedeutung des Insellappens für Substanz- Verhaltenssuchte herausstellen (siehe Kapitel I.2). Der subjektive Spaß kann hierbei als Überbegriff für die Motivation innerhalb einer Spielsituation verstanden werden. Ein prädiktiver Wert für ein gesteigertes Verlangen der Probanden außerhalb einer Spielsituation konnte jedoch nicht nachgewiesen werden.

Abschließend bleibt zu sagen, dass das neuronale Belohnungssystem, insbesondere das fronto-striatale Netzwerk und die Insula, altersabhängigen Veränderungen unterliegt (Gleich et al., 2014)(Smith et al., 2014b). Eine gesonderte Betrachtung von Jugendlichen, Postadoleszenten und Erwachsenen erscheint besonders für das Verständnis von Spielmotivation und daran gekoppelte kognitive Fähigkeiten notwendig. Während der striatale Einfluss mit dem Erreichen der Postadoleszenz zuzunehmen scheint (Cho et al., 2013), lassen vor allem die Ergebnisse von (Van Leijenhorst et al., 2010) vermuten, dass bei Jugendlichen eine stärkere Beteiligung der anterioren Insula an der Verarbeitung von Belohnungsantizipation als bei Erwachsenen gegeben ist. Die Berücksichtigung von Altersdifferenzen sollte in zukünftigen Studien, die sich mit den Zusammenhängen von Insula und Spielmotivation befassen, daher einen besonderen Stellenwert innehaben.

V. Zusammenfassung

Die Insula stellt ein Hirnareal dar, welches durch die Prozessierung von emotionalen, motivierenden und interozeptiven Stimuli und die Weiterleitung der so gewonnenen Informationen an höher geschaltete Zentren als Schnittstelle von Spielmotivation, Belohnungsverarbeitung und kognitiven Fähigkeiten angesehen wird. Für ein umfassendes Verständnis der neuronalen Mechanismen von Videospielemotivation ist es daher nötig, den Einfluss der vordefinierten Reagibilität der Insula auf Belohnungsreize in Videospiele zu beleuchten. Dabei können zudem weiterreichende Erkenntnisse über die Zusammenhänge von Spielmotivation und den Transfer kognitiver Fähigkeiten erlangt werden. Ebenso muss der Einfluss von Videospielekonsum auf die Verarbeitung von gewinnabhängigen Situationen innerhalb der Insula untersucht werden. Zu diesem Zweck wurden innerhalb dieser longitudinalen Studie 50 videospiele-naive Probanden randomisiert in eine Spieler- und eine Kontrollgruppe aufgeteilt. Vor und nach einer Interventionsphase, welche entweder das tägliche Spielen eines Jump`n Run Videospiele über acht Wochen, oder keine Auseinandersetzung mit Videospiele umfasste, absolvierten die Studienteilnehmer eine Gewinn antizipierende Aufgabe während einer fMRT sowie verschiedene kognitive Tests. Verlauf und subjektives Spielerleben wurden während der Interventionsphase wöchentlich durch standardisierte Fragebögen ermittelt.

Die vor der Intervention gemessene Aktivität der Insula korrelierte signifikant mit dem während des Spielens subjektiv empfundenen Spielspaß. Dieses Ergebnis kann als Hinweis auf eine determinierte Ansprechbarkeit des Belohnungssystems auf motivierende Reize innerhalb von Videospiele angesehen werden, welche das Ansprechen auf motivierende Stimuli in Videospiele beeinflusst. Auf Basis dieser Erkenntnis sollten kommende Studien prüfen, ob durch eine Variation solcher Stimuli und an diese adaptierte fMRT Paradigmen auch das subjektive Verlangen nach Videospiele außerhalb einer Spielsituation vorhersagbar ist.

Während die Reaktion auf Gewinnantizipation innerhalb der Kontrollgruppe bei der Wiederholung der fMRT Messung signifikant nachließ, zeigte sich eine aufrechterhaltene Ansprechbarkeit innerhalb der Spielergruppe. Dieses Ergebnis lässt einen Einfluss von Videospieletraining auf die Reagibilität des Belohnungssystems vermuten. Die Erkenntnis einer durch Videospielekonsum gesteigerten Reaktionsfähigkeit der Insula ist vor allem für das Verständnis der Aufrechterhaltung von Spielmotivation über längere Zeiträume sowie der ursächlichen Mechanismen der pathologisch gesteigerten Videospielenutzung von Relevanz.

Weder konnte das Abschneiden innerhalb der in dieser Studie absolvierten kognitiven Tests

signifikant durch Videospieltraining verändert, noch ein stichhaltiger statistischer Zusammenhang zwischen subjektiver Spiellaffinität oder Insulaaktivität zur Testleistung nachgewiesen werden. Diese Beobachtungen unterstützen eine Reihe jüngerer Studien, die einen durch Videospielkonsum bedingten Transfer kognitiver Fähigkeiten anzweifeln.

Es ist anzunehmen, dass zukünftige Studien durch die Verwendung von angepassten fMRT Paradigmen und durch einen Vergleich von Spielen, welche in unterschiedlichen Abstufungen die Motivatoren Belohnungsassoziation, Risikomanagement, soziale Interaktion und Emotionalität beinhalten, weiterreichende Erkenntnisse zur Rolle der Insula für die Prozesse der Spielmotivation erlangen können. Ein Grundstein für das Verständnis der Insula als Schnittstelle von Spielmotivation, Belohnungsverarbeitung und Kognition wurde durch die Ergebnisse dieser Arbeit gelegt.

VI. Literaturverzeichnis

- Abler, B., Erk, S., & Walter, H. (2007). Human reward system activation is modulated by a single dose of olanzapine in healthy subjects in an event-related, double-blind, placebo-controlled fMRI study. *Psychopharmacology (Berl)*, *191*(3), 823-833. doi: 10.1007/s00213-006-0690-y
- Abler, B., Walter, H., Erk, S., Kammerer, H., & Spitzer, M. (2006). Prediction error as a linear function of reward probability is coded in human nucleus accumbens. *Neuroimage*, *31*(2), 790-795. doi: 10.1016/j.neuroimage.2006.01.001
- Ackerman, P. L., Kanfer, R., & Calderwood, C. (2010). Use it or lose it? Wii brain exercise practice and reading for domain knowledge. *Psychol Aging*, *25*(4), 753-766. doi: 10.1037/a0019277
- Aguirre, G. K., Zarahn, E., & D'Esposito, M. (1998). The variability of human, BOLD hemodynamic responses. *Neuroimage*, *8*(4), 360-369. doi: 10.1006/nimg.1998.0369
- Association, A. P. (2013). Diagnostic and statistical manual of mental disorders: DSM-5 (5th ed.). *Arlington, VA: American Psychiatric Publishing.*
- Bailey, K., West, R., & Anderson, C. A. (2010). A negative association between video game experience and proactive cognitive control. *Psychophysiology*, *47*(1), 34-42. doi: 10.1111/j.1469-8986.2009.00925.x
- Bartels, A., & Zeki, S. (2004). The neural correlates of maternal and romantic love. *Neuroimage*, *21*(3), 1155-1166. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuroimage.2003.11.003>
- Basak, C., Voss, M. W., Erickson, K. I., Boot, W. R., & Kramer, A. F. (2011). Regional differences in brain volume predict the acquisition of skill in a complex real-time strategy videogame. *Brain Cogn*, *76*(3), 407-414. doi: 10.1016/j.bandc.2011.03.017
- Bavelier, D., Achtman, R. L., Mani, M., & Focker, J. (2012). Neural bases of selective attention in action video game players. *Vision Res*, *61*, 132-143. doi: 10.1016/j.visres.2011.08.007
- Beier, M. E., & Kanfer, R. (2010). Motivation in training and development : a phase perspective. *Learning, training, and development in organizations*, 65-97.
- Berridge, K. C. (2007). The debate over dopamine's role in reward: the case for incentive salience. *Psychopharmacology (Berl)*, *191*(3), 391-431. doi: 10.1007/s00213-006-0578-x
- Berridge, K. C., & Kringelbach, M. L. (2015). Pleasure Systems in the Brain. *Neuron*, *86*(3), 646-664. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuron.2015.02.018>

- Bjork, J. M., & Hommer, D. W. (2007). Anticipating instrumentally obtained and passively-received rewards: a factorial fMRI investigation. *Behav Brain Res, 177*(1), 165-170. doi: 10.1016/j.bbr.2006.10.034
- Bjork, J. M., Knutson, B., Fong, G. W., Caggiano, D. M., Bennett, S. M., & Hommer, D. W. (2004). Incentive-elicited brain activation in adolescents: similarities and differences from young adults. *J Neurosci, 24*(8), 1793-1802. doi: 10.1523/JNEUROSCI.4862-03.2004
- Bjork, J. M., Smith, A. R., Chen, G., & Hommer, D. W. (2010). Adolescents, adults and rewards: comparing motivational neurocircuitry recruitment using fMRI. *PLoS One, 5*(7), e11440. doi: 10.1371/journal.pone.0011440
- Boot, W. R., Blakely, D. P., & Simons, D. J. (2011). Do Action Video Games Improve Perception and Cognition? *Front Psychol, 2*. doi: 10.3389/fpsyg.2011.00226
- Boot, W. R., Kramer, A. F., Simons, D. J., Fabiani, M., & Gratton, G. (2008). The effects of video game playing on attention, memory, and executive control. *Acta Psychol (Amst), 129*(3), 387-398. doi: 10.1016/j.actpsy.2008.09.005
- Bossaerts, P. (2010). Risk and risk prediction error signals in anterior insula. *Brain Struct Funct, 214*(5-6), 645-653. doi: 10.1007/s00429-010-0253-1
- Buckley, D., Codina, C., Bhardwaj, P., & Pascalis, O. (2010). Action video game players and deaf observers have larger Goldmann visual fields. *Vision Res, 50*(5), 548-556. doi: 10.1016/j.visres.2009.11.018
- Burkolter, D., Kluge, A., Sauer, J., & Ritzmann, S. (2009). The predictive qualities of operator characteristics for process control performance: the influence of personality and cognitive variables. *Ergonomics, 52*(3), 302-311. doi: 10.1080/00140130802376067
- Bushara, K. O., Grafman, J., & Hallett, M. (2001). Neural correlates of auditory-visual stimulus onset asynchrony detection. *J Neurosci, 21*(1), 300-304.
- Cacioppo, S., Bianchi-Demicheli, F., Frum, C., Pfaus, J. G., & Lewis, J. W. (2012). The common neural bases between sexual desire and love: a multilevel kernel density fMRI analysis. *J Sex Med, 9*(4), 1048-1054. doi: 10.1111/j.1743-6109.2012.02651.x
- Cauda, F., D'Agata, F., Sacco, K., Duca, S., Geminiani, G., & Vercelli, A. (2011). Functional connectivity of the insula in the resting brain. *Neuroimage, 55*(1), 8-23. doi: 10.1016/j.neuroimage.2010.11.049
- Cavedini, P., Riboldi, G., Keller, R., D'Annuncci, A., & Bellodi, L. (2002). Frontal lobe dysfunction in pathological gambling patients. *Biol Psychiatry, 51*(4), 334-341.

- Chang, L. J., Smith, A., Dufwenberg, M., & Sanfey, A. G. (2011). Triangulating the neural, psychological, and economic bases of guilt aversion. *Neuron*, *70*(3), 560-572. doi: 10.1016/j.neuron.2011.02.056
- Chang, L. J., Yarkoni, T., Khaw, M. W., & Sanfey, A. G. (2013). Decoding the role of the insula in human cognition: functional parcellation and large-scale reverse inference. *Cereb Cortex*, *23*(3), 739-749. doi: 10.1093/cercor/bhs065
- Chase, H. W., & Clark, L. (2010). Gambling severity predicts midbrain response to near-miss outcomes. *J Neurosci*, *30*(18), 6180-6187. doi: 10.1523/jneurosci.5758-09.2010
- Cho, Y. T., Fromm, S., Guyer, A. E., Detloff, A., Pine, D. S., Fudge, J. L., & Ernst, M. (2013). Nucleus accumbens, thalamus and insula connectivity during incentive anticipation in typical adults and adolescents. *Neuroimage*, *66*, 508-521. doi: 10.1016/j.neuroimage.2012.10.013
- Clark, K., Fleck, M. S., & Mitroff, S. R. (2011). Enhanced change detection performance reveals improved strategy use in avid action video game players. *Acta Psychol (Amst)*, *136*(1), 67-72. doi: 10.1016/j.actpsy.2010.10.003
- Clark, L., Bechara, A., Damasio, H., Aitken, M. R., Sahakian, B. J., & Robbins, T. W. (2008). Differential effects of insular and ventromedial prefrontal cortex lesions on risky decision-making. *Brain*, *131*(Pt 5), 1311-1322. doi: 10.1093/brain/awn066
- Clark, L., Lawrence, A. J., Astley-Jones, F., & Gray, N. (2009). Gambling Near-Misses Enhance Motivation to Gamble and Recruit Win-Related Brain Circuitry. *Neuron*, *61*(3), 481-490. doi: 10.1016/j.neuron.2008.12.031
- Contreras, M., Billeke, P., Vicencio, S., Madrid, C., Perdomo, G., Gonzalez, M., & Torrealba, F. (2012). A role for the insular cortex in long-term memory for context-evoked drug craving in rats. *Neuropsychopharmacology*, *37*(9), 2101-2108. doi: 10.1038/npp.2012.59
- Contreras, M., Ceric, F., & Torrealba, F. (2007). Inactivation of the interoceptive insula disrupts drug craving and malaise induced by lithium. *Science*, *318*(5850), 655-658. doi: 10.1126/science.1145590
- Cooper, J. C., & Knutson, B. (2008). Valence and salience contribute to nucleus accumbens activation. *Neuroimage*, *39*(1), 538-547. doi: 10.1016/j.neuroimage.2007.08.009
- Corradi-Dell'Acqua, C., Civai, C., Rumiati, R. I., & Fink, G. R. (2013). Disentangling self- and fairness-related neural mechanisms involved in the ultimatum game: an fMRI study. *Soc Cogn Affect Neurosci*, *8*(4), 424-431. doi: 10.1093/scan/nss014

- Corradi-Dell'acqua, C., Ueno, K., Ogawa, A., Cheng, K., Rumiati, R. I., & Iriki, A. (2008). Effects of shifting perspective of the self: an fMRI study. *Neuroimage*, *40*(4), 1902-1911. doi: 10.1016/j.neuroimage.2007.12.062
- Cote, D., Caron, A., Aubert, J., Desrochers, V., & Ladouceur, R. (2003). Near wins prolong gambling on a video lottery terminal. *J Gambl Stud*, *19*(4), 433-438.
- Craig, A. D. (2009). How do you feel [mdash] now? The anterior insula and human awareness. *Nat Rev Neurosci*, *10*(1), 59-70. doi: http://www.nature.com/nrn/journal/v10/n1/supinfo/nrn2555_S1.html
- Cristofori, I., Harquel, S., Isnard, J., Mauguiere, F., & Sirigu, A. (2015). Monetary reward suppresses anterior insula activity during social pain. *Soc Cogn Affect Neurosci*. doi: 10.1093/scan/nsv054
- Cristofori, I., Moretti, L., Harquel, S., Posada, A., Deiana, G., Isnard, J., . . . Sirigu, A. (2013). Theta signal as the neural signature of social exclusion. *Cereb Cortex*, *23*(10), 2437-2447. doi: 10.1093/cercor/bhs236
- Critchley, H. D., Wiens, S., Rotshtein, P., Ohman, A., & Dolan, R. J. (2004). Neural systems supporting interoceptive awareness. *Nat Neurosci*, *7*(2), 189-195.
- Crockford, D. N., Goodyear, B., Edwards, J., Quickfall, J., & el-Guebaly, N. (2005a). Cue-induced brain activity in pathological gamblers. *Biol Psychiatry*, *58*(10), 787-795. doi: 10.1016/j.biopsych.2005.04.037
- Crockford, D. N., Goodyear, B., Edwards, J., Quickfall, J., & el-Guebaly, N. (2005b). Cue-Induced Brain Activity in Pathological Gamblers. *Biol Psychiatry*, *58*(10), 787-795. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biopsych.2005.04.037>
- Dawes, C. T., Loewen, P. J., Schreiber, D., Simmons, A. N., Flagan, T., McElreath, R., . . . Paulus, M. P. (2012). Neural basis of egalitarian behavior. *Proc Natl Acad Sci U S A*, *109*(17), 6479-6483. doi: 10.1073/pnas.1118653109
- De Martino, B., Kumaran, D., Holt, B., & Dolan, R. J. (2009). The neurobiology of reference-dependent value computation. *J Neurosci*, *29*(12), 3833-3842. doi: 10.1523/JNEUROSCI.4832-08.2009
- de Ruiter, M. B., Veltman, D. J., Goudriaan, A. E., Oosterlaan, J., Sjoerds, Z., & van den Brink, W. (2009). Response perseveration and ventral prefrontal sensitivity to reward and punishment in male problem gamblers and smokers. *Neuropsychopharmacology*, *34*(4), 1027-1038. doi: 10.1038/npp.2008.175
- Deary, I. J., Simonotto, E., Meyer, M., Marshall, A., Marshall, I., Goddard, N., & Wardlaw, J. M. (2004). The functional anatomy of inspection time: an event-related fMRI study.

- Neuroimage*, 22(4), 1466-1479. doi:
<http://dx.doi.org/10.1016/j.neuroimage.2004.03.047>
- Deen, B., Pitskel, N. B., & Pelphrey, K. A. (2011). Three systems of insular functional connectivity identified with cluster analysis. *Cereb Cortex*, 21(7), 1498-1506. doi: 10.1093/cercor/bhq186
- Dichter, G. S., Felder, J. N., Green, S. R., Rittenberg, A. M., Sasson, N. J., & Bodfish, J. W. (2012). Reward circuitry function in autism spectrum disorders. *Soc Cogn Affect Neurosci*, 7(2), 160-172. doi: 10.1093/scan/nsq095
- Dillon, D. G., Holmes, A. J., Jahn, A. L., Bogdan, R., Wald, L. L., & Pizzagalli, D. A. (2008). Dissociation of neural regions associated with anticipatory versus consummatory phases of incentive processing. *Psychophysiology*, 45(1), 36-49. doi: 10.1111/j.1469-8986.2007.00594.x
- Dosenbach, N. U. F., Visscher, K. M., Palmer, E. D., Miezin, F. M., Wenger, K. K., Kang, H. C., Petersen, S. E. (2006). A Core System for the Implementation of Task Sets. *Neuron*, 50(5), 799-812. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuron.2006.04.031>
- Dreher, J. C., Meyer-Lindenberg, A., Kohn, P., & Berman, K. F. (2008). Age-related changes in midbrain dopaminergic regulation of the human reward system. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 105(39), 15106-15111. doi: 10.1073/pnas.0802127105
- Dymond, S., Lawrence, N. S., Dunkley, B. T., Yuen, K. S. L., Hinton, E. C., Dixon, M. R., . . . Singh, K. D. (2014). Almost winning: Induced MEG theta power in insula and orbitofrontal cortex increases during gambling near-misses and is associated with BOLD signal and gambling severity. *Neuroimage*, 91(0), 210-219. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuroimage.2014.01.019>
- Eckert, M. A., Menon, V., Walczak, A., Ahlstrom, J., Denslow, S., Horwitz, A., & Dubno, J. R. (2009). At the heart of the ventral attention system: The right anterior insula. *Hum Brain Mapp*, 30(8), 2530-2541. doi: 10.1002/hbm.20688
- Elliott, R., Friston, K. J., & Dolan, R. J. (2000). Dissociable neural responses in human reward systems. *J Neurosci*, 20(16), 6159-6165.
- Ernst, M., Nelson, E. E., McClure, E. B., Monk, C. S., Munson, S., Eshel, N., . . . Pine, D. S. (2004). Choice selection and reward anticipation: an fMRI study. *Neuropsychologia*, 42(12), 1585-1597. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2004.05.011
- Farrer, C., Franck, N., Georgieff, N., Frith, C. D., Decety, J., & Jeannerod, M. (2003). Modulating the experience of agency: a positron emission tomography study. *Neuroimage*, 18(2), 324-333.

- Farrer, C., & Frith, C. D. (2002). Experiencing Oneself vs Another Person as Being the Cause of an Action: The Neural Correlates of the Experience of Agency. *Neuroimage*, *15*(3), 596-603. doi: <http://dx.doi.org/10.1006/nimg.2001.1009>
- Feng, J., Spence, I., & Pratt, J. (2007). Playing an action video game reduces gender differences in spatial cognition. *Psychol Sci*, *18*(10), 850-855. doi: 10.1111/j.1467-9280.2007.01990.x
- Ferreira, J. G., Tellez, L. A., Ren, X., Yeckel, C. W., & de Araujo, I. E. (2012). Regulation of fat intake in the absence of flavour signalling. *J Physiol*, *590*(Pt 4), 953-972. doi: 10.1113/jphysiol.2011.218289
- Figeo, M., Vink, M., de Geus, F., Vulink, N., Veltman, D. J., Westenberg, H., & Denys, D. (2011). Dysfunctional reward circuitry in obsessive-compulsive disorder. *Biol Psychiatry*, *69*(9), 867-874. doi: 10.1016/j.biopsych.2010.12.003
- Fitzpatrick, M. R., & Stalikas, A. (2008). Positive emotions as generators of therapeutic change. *Journal of Psychotherapy Integration*, *18*(2), 137-154. doi: 10.1037/1053-0479.18.2.137
- Fliessbach, K., Rohe, T., Linder, N. S., Trautner, P., Elger, C. E., & Weber, B. (2010). Retest reliability of reward-related BOLD signals. *Neuroimage*, *50*(3), 1168-1176. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuroimage.2010.01.036>
- Forget, B., Pushparaj, A., & Le Foll, B. (2010). Granular insular cortex inactivation as a novel therapeutic strategy for nicotine addiction. *Biol Psychiatry*, *68*(3), 265-271. doi: 10.1016/j.biopsych.2010.01.029
- Fredrickson, B. L. (2001). The role of positive emotions in positive psychology. The broaden-and-build theory of positive emotions. *Am Psychol*, *56*(3), 218-226.
- Galvan, A., Hare, T., Voss, H., Glover, G., & Casey, B. J. (2007). Risk-taking and the adolescent brain: who is at risk? *Dev Sci*, *10*(2), F8-F14. doi: 10.1111/j.1467-7687.2006.00579.x
- Galvan, A., Hare, T. A., Davidson, M., Spicer, J., Glover, G., & Casey, B. J. (2005). The role of ventral frontostriatal circuitry in reward-based learning in humans. *J Neurosci*, *25*(38), 8650-8656. doi: 10.1523/JNEUROSCI.2431-05.2005
- Gamespot. (2011). Online im Internet: URL: <http://www.gamespot.com/forums/nintendo-fan-club-1000001/official-nintendo-3dsds-hardware-information-threa-29009590/>, Abrufdatum: 05.06.2015.
- Gegenfurtner, A. (2011). Motivation and transfer in professional training: A meta-analysis of the moderating effects of knowledge type, instruction, and assessment conditions.

- Educational Research Review*, 6(3), 153-168. doi:
<http://dx.doi.org/10.1016/j.edurev.2011.04.001>
- Gegenfurtner, A., Vauras, M., Gruber, H., & Festner, D. (2010). *Motivation to transfer revisited*. Paper presented at the Proceedings of the 9th International Conference of the Learning Sciences - Volume 1, Chicago, Illinois.
- Gegenfurtner, A., Veermans, K., Festner, D., & Gruber, H. (2009). Integrative Literature Review: Motivation to Transfer Training: An Integrative Literature Review. *Human Resource Development Review*, 8(3), 403-423. doi: 10.1177/1534484309335970
- Geiser, C., Lehmann, W., & Eid, M. (2006). Separating "Rotators" From "Nonrotators" in the Mental Rotations Test: A Multigroup Latent Class Analysis. *Multivariate Behavioral Research*, 41(3), 261-293. doi: 10.1207/s15327906mbr4103_2
- Georgiadis, J. R., & Holstege, G. (2005). Human brain activation during sexual stimulation of the penis. *The Journal of Comparative Neurology*, 493(1), 33-38. doi: 10.1002/cne.20735
- Gleich, T., Lorenz, R. C., Pohland, L., Raufelder, D., Deserno, L., Beck, A., . . . Gallinat, J. (2014). Frontal glutamate and reward processing in adolescence and adulthood. *Brain Struct Funct*. doi: 10.1007/s00429-014-0844-3
- Granek, J. A., Gorbet, D. J., & Sergio, L. E. (2010). Extensive video-game experience alters cortical networks for complex visuomotor transformations. *Cortex*, 46(9), 1165-1177. doi: 10.1016/j.cortex.2009.10.009
- Gray, H. (1918). *Anatomy of the human body* (20th ed.). Philadelphia: Lea & Febiger; Bartleby.com, 2000.
- Green, C. S., & Bavelier, D. (2003). Action video game modifies visual selective attention. *Nature*, 423(6939), 534-537. doi: 10.1038/nature01647
- Green, C. S., & Bavelier, D. (2006). Enumeration versus multiple object tracking: the case of action video game players. *Cognition*, 101(1), 217-245. doi: 10.1016/j.cognition.2005.10.004
- Green, C. S., Sugarman, M. A., Medford, K., Klobusicky, E., & Bavelier, D. (2012). The effect of action video game experience on task-switching. *Comput Human Behav*, 28(3), 984-994. doi: 10.1016/j.chb.2011.12.020
- Griffith, J. L., Voloschin, P., Gibb, G. D., & Bailey, J. R. (1983). Differences in eye-hand motor coordination of video-game users and non-users. *Percept Mot Skills*, 57(1), 155-158. doi: 10.2466/pms.1983.57.1.155

- Guilford, J. P., & Zimmerman, W. S. (1948). The Guilford-Zimmerman Aptitude Survey. *Journal of Applied Psychology, 32*(1), 24-34. doi: 10.1037/h0063610
- Habib, R., & Dixon, M. R. (2010). Neurobehavioral evidence for the "Near-Miss" effect in pathological gamblers. *J Exp Anal Behav, 93*(3), 313-328. doi: 10.1901/jeab.2010.93-313
- Han, D. H., Bolo, N., Daniels, M. A., Arenella, L., Lyoo, I. K., & Renshaw, P. F. (2011). Brain activity and desire for Internet video game play. *Compr Psychiatry, 52*(1), 88-95. doi: 10.1016/j.comppsy.2010.04.004
- Harle, K. M., Chang, L. J., van 't Wout, M., & Sanfey, A. G. (2012). The neural mechanisms of affect infusion in social economic decision-making: a mediating role of the anterior insula. *Neuroimage, 61*(1), 32-40. doi: 10.1016/j.neuroimage.2012.02.027
- Hong, S. B., Kim, J. W., Choi, E. J., Kim, H. H., Suh, J. E., Kim, C. D., . . . Yi, S. H. (2013). Reduced orbitofrontal cortical thickness in male adolescents with internet addiction. *Behav Brain Funct, 9*, 11. doi: 10.1186/1744-9081-9-11
- Hoogman, M., Aarts, E., Zwiers, M., Slaats-Willemse, D., Naber, M., Onnink, M., . . . Franke, B. (2011). Nitric oxide synthase genotype modulation of impulsivity and ventral striatal activity in adult ADHD patients and healthy comparison subjects. *Am J Psychiatry, 168*(10), 1099-1106. doi: 10.1176/appi.ajp.2011.10101446
- Izuma, K., Saito, D. N., & Sadato, N. (2008). Processing of Social and Monetary Rewards in the Human Striatum. *Neuron, 58*(2), 284-294. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuron.2008.03.020>
- Jäger, A. O., Süß, H. M., & Beauducel, A. (1997). *Berliner Intelligenzstruktur-Test:[BIS-Test]*: Hogrefe, Verlag für Psychologie.
- Jones, C. L., Minati, L., Harrison, N. A., Ward, J., & Critchley, H. D. (2011). Under pressure: response urgency modulates striatal and insula activity during decision-making under risk. *PLoS One, 6*(6), e20942. doi: 10.1371/journal.pone.0020942
- Juckel, G., Schlagenhauf, F., Koslowski, M., Filonov, D., Wustenberg, T., Villringer, A., . . . Heinz, A. (2006). Dysfunction of ventral striatal reward prediction in schizophrenic patients treated with typical, not atypical, neuroleptics. *Psychopharmacology (Berl), 187*(2), 222-228. doi: 10.1007/s00213-006-0405-4
- Kappel, V., Koch, A., Lorenz, R. C., Bruhl, R., Renneberg, B., Lehmkuhl, U., . . . Beck, A. (2013). CID: a valid incentive delay paradigm for children. *J Neural Transm, 120*(8), 1259-1270. doi: 10.1007/s00702-012-0962-0

- Karbach, J. (2014). Game-based cognitive training for the aging brain. *Front Psychol*, *5*, 1100. doi: 10.3389/fpsyg.2014.01100
- Karbach, J., & Unger, K. (2014). Executive control training from middle childhood to adolescence. *Front Psychol*, *5*, 390. doi: 10.3389/fpsyg.2014.00390
- Kassinove, J. I., & Schare, M. L. (2001). Effects of the "near miss" and the "big win" on persistence at slot machine gambling. *Psychol Addict Behav*, *15*(2), 155-158.
- Kirsch, P., Schienle, A., Stark, R., Sammer, G., Blecker, C., Walter, B., . . . Vaitl, D. (2003). Anticipation of reward in a nonaversive differential conditioning paradigm and the brain reward system: an event-related fMRI study. *Neuroimage*, *20*(2), 1086-1095. doi: 10.1016/S1053-8119(03)00381-1
- Knutson, B., Adams, C. M., Fong, G. W., & Hommer, D. (2001). Anticipation of increasing monetary reward selectively recruits nucleus accumbens. *J Neurosci*, *21*(16), RC159.
- Knutson, B., Bhanji, J. P., Cooney, R. E., Atlas, L. Y., & Gotlib, I. H. (2008). Neural responses to monetary incentives in major depression. *Biol Psychiatry*, *63*(7), 686-692. doi: 10.1016/j.biopsych.2007.07.023
- Knutson, B., Bjork, J. M., Fong, G. W., Hommer, D., Mattay, V. S., & Weinberger, D. R. (2004). Amphetamine modulates human incentive processing. *Neuron*, *43*(2), 261-269. doi: 10.1016/j.neuron.2004.06.030
- Knutson, B., Fong, G. W., Adams, C. M., Varner, J. L., & Hommer, D. (2001). Dissociation of reward anticipation and outcome with event-related fMRI. *Neuroreport*, *12*(17), 3683-3687.
- Knutson, B., & Greer, S. M. (2008). Anticipatory affect: neural correlates and consequences for choice. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*, *363*(1511), 3771-3786. doi: 10.1098/rstb.2008.0155
- Knutson, B., Taylor, J., Kaufman, M., Peterson, R., & Glover, G. (2005). Distributed neural representation of expected value. *J Neurosci*, *25*(19), 4806-4812. doi: 10.1523/JNEUROSCI.0642-05.2005
- Knutson, B., & Wimmer, G. E. (2007). Splitting the difference: how does the brain code reward episodes? *Ann N Y Acad Sci*, *1104*, 54-69. doi: 10.1196/annals.1390.020
- Ko, C. H., Hsiao, S., Liu, G. C., Yen, J. Y., Yang, M. J., & Yen, C. F. (2010). The characteristics of decision making, potential to take risks, and personality of college students with Internet addiction. *Psychiatry Res*, *175*(1-2), 121-125. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.psychres.2008.10.004>

- Koban, L., Corradi-Dell'Acqua, C., & Vuilleumier, P. (2013). Integration of error agency and representation of others' pain in the anterior insula. *J Cogn Neurosci*, *25*(2), 258-272. doi: 10.1162/jocn_a_00324
- Koepp, M. J., Gunn, R. N., Lawrence, A. D., Cunningham, V. J., Dagher, A., Jones, T., . . . Grasby, P. M. (1998). Evidence for striatal dopamine release during a video game. *Nature*, *393*(6682), 266-268. doi: 10.1038/30498
- Kozhevnikov, M., & Hegarty, M. (2001). A dissociation between object manipulation spatial ability and spatial orientation ability. *Memory & Cognition*, *29*(5), 745-756. doi: 10.3758/BF03200477
- Krampen, G. (1998). Mehrdimensionale Intelligenzdiagnostik mit dem "Berliner Intelligenzstruktur-Test" (BIS-Test, Form 4). *Report Psychologie*, *23*, 750-757.
- Kranczioch, C., Debener, S., Schwarzbach, J., Goebel, R., & Engel, A. K. (2005). Neural correlates of conscious perception in the attentional blink. *Neuroimage*, *24*(3), 704-714. doi: 10.1016/j.neuroimage.2004.09.024
- Kühn, S., Romanowski, A., Schilling, C., Lorenz, R., Mörsen, C., Seiferth, N., . . . The, I. C. (2011). The neural basis of video gaming. *Translational Psychiatry*, *1*(11), e53. doi: 10.1038/tp.2011.53
- Kuhnen, C. M., & Knutson, B. (2005). The neural basis of financial risk taking. *Neuron*, *47*(5), 763-770. doi: 10.1016/j.neuron.2005.08.008
- Kurth, F., Eickhoff, S. B., Schleicher, A., Hoemke, L., Zilles, K., & Amunts, K. (2010). Cytoarchitecture and probabilistic maps of the human posterior insular cortex. *Cereb Cortex*, *20*(6), 1448-1461. doi: 10.1093/cercor/bhp208
- Kyritsis, M., & Gulliver, S. R. (2009, 8-10 Dec. 2009). *Gilford Zimmerman orientation survey: A validation*. Paper presented at the Information, Communications and Signal Processing, 2009. ICICS 2009. 7th International Conference on.
- Lamm, C., Meltzoff, A. N., & Decety, J. (2010). How do we empathize with someone who is not like us? A functional magnetic resonance imaging study. *J Cogn Neurosci*, *22*(2), 362-376. doi: 10.1162/jocn.2009.21186
- Leube, D. T., Knoblich, G., Erb, M., Grodd, W., Bartels, M., & Kircher, T. T. (2003). The neural correlates of perceiving one's own movements. *Neuroimage*, *20*(4), 2084-2090.
- Leyton, M., aan het Rot, M., Booij, L., Baker, G. B., Young, S. N., & Benkelfat, C. (2007). Mood-elevating effects of d-amphetamine and incentive salience: the effect of acute dopamine precursor depletion. *J Psychiatry Neurosci*, *32*(2), 129-136.

- Li, J., Cui, Y., Wu, K., Liu, B., Zhang, Y., Wang, C., & Jiang, T. (2015). The cortical surface area of the insula mediates the effect of DBH rs7040170 on novelty seeking. *Neuroimage*, *117*, 184-190. doi: 10.1016/j.neuroimage.2015.05.033
- Li, R., Polat, U., Makous, W., & Bavelier, D. (2009). Enhancing the contrast sensitivity function through action video game training. *Nat Neurosci*, *12*(5), 549-551. doi: 10.1038/nn.2296
- Linke, J., Kirsch, P., King, A. V., Gass, A., Hennerici, M. G., Bongers, A., & Wessa, M. (2010). Motivational orientation modulates the neural response to reward. *Neuroimage*, *49*(3), 2618-2625. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuroimage.2009.09.013>
- Liu, X., Hairston, J., Schrier, M., & Fan, J. (2011). Common and distinct networks underlying reward valence and processing stages: a meta-analysis of functional neuroimaging studies. *Neurosci Biobehav Rev*, *35*(5), 1219-1236. doi: 10.1016/j.neubiorev.2010.12.012
- Liu, X., Powell, D. K., Wang, H., Gold, B. T., Corbly, C. R., & Joseph, J. E. (2007). Functional dissociation in frontal and striatal areas for processing of positive and negative reward information. *J Neurosci*, *27*(17), 4587-4597. doi: 10.1523/jneurosci.5227-06.2007
- Livesey, A. C., Wall, M. B., & Smith, A. T. (2007). Time perception: Manipulation of task difficulty dissociates clock functions from other cognitive demands. *Neuropsychologia*, *45*(2), 321-331. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2006.06.033>
- Lorenz, R. C., Gleich, T., Beck, A., Pohland, L., Raufelder, D., Sommer, W., . . . Gallinat, J. (2014). Reward anticipation in the adolescent and aging brain. *Hum Brain Mapp*, *35*(10), 5153-5165. doi: 10.1002/hbm.22540
- Lorenz, R. C., Gleich, T., Gallinat, J., & Kühn, S. (2015). Video game training and the reward system. *Front Hum Neurosci*, *9*, 40. doi: 10.3389/fnhum.2015.00040
- Magno, E., Simões-Franklin, C., Robertson, I. H., & Garavan, H. (2008). The Role of the Dorsal Anterior Cingulate in Evaluating Behavior for Achieving Gains and Avoiding Losses. *J Cogn Neurosci*, *21*(12), 2328-2342. doi: 10.1162/jocn.2008.21169
- Menon, V., & Uddin, L. Q. (2010). Saliency, switching, attention and control: a network model of insula function. *Brain Struct Funct*, *214*(5-6), 655-667. doi: 10.1007/s00429-010-0262-0

- Meyers, C., Amick, M. A., & Friedman, J. H. (2010). Ice cream preference in Parkinson's disease. *Med Health R I*, 93(3), 91-92.
- Mohr, P. N., Biele, G., & Heekeren, H. R. (2010). Neural processing of risk. *J Neurosci*, 30(19), 6613-6619. doi: 10.1523/jneurosci.0003-10.2010
- Moor, B. G., Guroglu, B., Op de Macks, Z. A., Rombouts, S. A., Van der Molen, M. W., & Crone, E. A. (2012). Social exclusion and punishment of excluders: neural correlates and developmental trajectories. *Neuroimage*, 59(1), 708-717. doi: 10.1016/j.neuroimage.2011.07.028
- Murch, W. S., & Clark, L. (2015). Games in the Brain: Neural Substrates of Gambling Addiction. *Neuroscientist*. doi: 10.1177/1073858415591474
- Mutschler, I., Schulze-Bonhage, A., Glauche, V., Demandt, E., Speck, O., & Ball, T. (2007). A Rapid Sound-Action Association Effect in Human Insular Cortex. *PLoS One*, 2(2), e259. doi: 10.1371/journal.pone.0000259
- Mutschler, I., Wieckhorst, B., Kowalevski, S., Derix, J., Wentlandt, J., Schulze-Bonhage, A., & Ball, T. (2009). Functional organization of the human anterior insular cortex. *Neurosci Lett*, 457(2), 66-70. doi: 10.1016/j.neulet.2009.03.101
- Naqvi, N. H., & Bechara, A. (2009). The hidden island of addiction: the insula. *Trends Neurosci*, 32(1), 56-67. doi: 10.1016/j.tins.2008.09.009
- Naqvi, N. H., Gaznick, N., Tranel, D., & Bechara, A. (2014). The insula: a critical neural substrate for craving and drug seeking under conflict and risk. *Ann N Y Acad Sci*, 1316, 53-70. doi: 10.1111/nyas.12415
- Naqvi, N. H., Rudrauf, D., Damasio, H., & Bechara, A. (2007). Damage to the Insula Disrupts Addiction to Cigarette Smoking. *Science*, 315(5811), 531-534. doi: 10.1126/science.1135926
- Nelson, S. M., Dosenbach, N. U. F., Cohen, A. L., Wheeler, M. E., Schlaggar, B. L., & Petersen, S. E. (2010). Role of the anterior insula in task-level control and focal attention. *Brain Struct Funct*, 214(5-6), 669-680. doi: 10.1007/s00429-010-0260-2
- Nielsen, F. A. H., L.K. . (2002). Automatic anatomical labeling of Talairach coordinates and generation of volumes of interest via the BrainMap database. *Neuroimage*, 16.
- Nieuwenhuis, S., Heslenfeld, D. J., Alting von Geusau, N. J., Mars, R. B., Holroyd, C. B., & Yeung, N. (2005). Activity in human reward-sensitive brain areas is strongly context dependent. *Neuroimage*, 25(4), 1302-1309. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuroimage.2004.12.043>

- Nitschke, J. B., Sarinopoulos, I., Mackiewicz, K. L., Schaefer, H. S., & Davidson, R. J. (2006). Functional neuroanatomy of aversion and its anticipation. *Neuroimage*, *29*(1), 106-116. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuroimage.2005.06.068>
- Oei, A. C., & Patterson, M. D. (2013). Enhancing cognition with video games: a multiple game training study. *PLoS One*, *8*(3), e58546. doi: 10.1371/journal.pone.0058546
- Oei, A. C., & Patterson, M. D. (2014). Are videogame training gains specific or general? *Frontiers in Systems Neuroscience*, *8*, 54. doi: 10.3389/fnsys.2014.00054
- Olausson, H., Lamarre, Y., Backlund, H., Morin, C., Wallin, B. G., Starck, G., . . . Bushnell, M. C. (2002). Unmyelinated tactile afferents signal touch and project to insular cortex. *Nat Neurosci*, *5*(9), 900-904. doi: 10.1038/nn896
- Ossewaarde, L., Verkes, R. J., Hermans, E. J., Kooijman, S. C., Uner, M., Tendolkar, I., . . . Fernandez, G. (2011). Two-week administration of the combined serotonin-noradrenaline reuptake inhibitor duloxetine augments functioning of mesolimbic incentive processing circuits. *Biol Psychiatry*, *70*(6), 568-574. doi: 10.1016/j.biopsych.2011.03.041
- Pabst, C. (2013). Grundlagen der Magnetresonanztomographie MRT, Lernskript für Mediziner, UKGM Standort Marburg, Online im Internet: URL: http://www.ukgm.de/ugm_2/deu/umr_rdi/Teaser/Grundlagen_der_Magnetresonanztomographie_MRT_2013.pdf, Abrufdatum: 05.05.2015. 2. Auflage.
- Peters, M., Laeng, B., Latham, K., Jackson, M., Zaiyouna, R., & Richardson, C. (1995). A redrawn Vandenberg and Kuse mental rotations test: different versions and factors that affect performance. *Brain Cogn*, *28*(1), 39-58. doi: 10.1006/brcg.1995.1032
- Ploran, E. J., Nelson, S. M., Velanova, K., Donaldson, D. I., Petersen, S. E., & Wheeler, M. E. (2007). Evidence accumulation and the moment of recognition: dissociating perceptual recognition processes using fMRI. *J Neurosci*, *27*(44), 11912-11924. doi: 10.1523/jneurosci.3522-07.2007
- Powers, K. L., Brooks, P. J., Aldrich, N. J., Palladino, M. A., & Alfieri, L. (2013). Effects of video-game play on information processing: a meta-analytic investigation. *Psychon Bull Rev*, *20*(6), 1055-1079. doi: 10.3758/s13423-013-0418-z
- Preuschoff, K., Quartz, S. R., & Bossaerts, P. (2008). Human insula activation reflects risk prediction errors as well as risk. *J Neurosci*, *28*(11), 2745-2752. doi: 10.1523/jneurosci.4286-07.2008
- Quandt, T., Breuer, J., Festl, R., & Scharnow, M. (2013). Digitale Spiele: Stabile Nutzung in einem dynamischen Markt. *Media Perspektiven*, *10/2013*. 483–492.

- Quandt, T., Chen, V., Mäyrä, F., & Van Looy, J. I. (2014). (Multiplayer) Gaming around the globe? A comparison of gamer surveys in four countries. *Quandt, Thorsten/Sonja Kröger (Hrsg.): Multiplayer. The social aspects of digital gaming. London 2014, S. 23–46.*
- Raylu, N., & Oei, T. P. (2004). The Gambling Related Cognitions Scale (GRCS): development, confirmatory factor validation and psychometric properties. *Addiction, 99(6), 757-769.* doi: 10.1111/j.1360-0443.2004.00753.x
- Rehbein, F., Kleimann, M., & Mößle, T. . (2009). Computerspielabhängigkeit im Kindes- und Jugendalter. Empirische Befunde zu Ursachen, Diagnostik und Komorbiditäten unter besonderer Berücksichtigung spielimmanenter Abhängigkeitsmerkmale. Zweiter Forschungsbericht zum gemeinsamen Forschungsprojekt des Bundesministerium des Innern und des KFN (Nr. 108). *Hannover: Kriminologisches Forschungsinstitut Niedersachsen.*
- Reuter, J., Raedler, T., Rose, M., Hand, I., Glascher, J., & Buchel, C. (2005). Pathological gambling is linked to reduced activation of the mesolimbic reward system. *Nat Neurosci, 8(2), 147-148.* doi: http://www.nature.com/neuro/journal/v8/n2/supinfo/n1378_S1.html
- Rilling, J. K., King-Casas, B., & Sanfey, A. G. (2008). The neurobiology of social decision-making. *Curr Opin Neurobiol, 18(2), 159-165.* doi: 10.1016/j.conb.2008.06.003
- Roy, A. K., Gotimer, K., Kelly, A. M., Castellanos, F. X., Milham, M. P., & Ernst, M. (2011). Uncovering putative neural markers of risk avoidance. *Neuropsychologia, 49(5), 937-944.* doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2011.02.038
- Rumpf, H.-J. r., Meyer, C., Kreuzer, A., & John, U. (2011). Prävalenz der Internetabhängigkeit (PINTA). Bericht an das Bundesministerium für Gesundheit. . *Greifswald und Lübeck: Universität zu Lübeck, Universitätsmedizin Greifswald.*
- Ryan, R., Rigby, C. S., & Przybylski, A. (2006). The Motivational Pull of Video Games: A Self-Determination Theory Approach. *Motivation and Emotion, 30(4), 344-360.* doi: 10.1007/s11031-006-9051-8
- Samanez-Larkin, G. R., Gibbs, S. E., Khanna, K., Nielsen, L., Carstensen, L. L., & Knutson, B. (2007). Anticipation of monetary gain but not loss in healthy older adults. *Nat Neurosci, 10(6), 787-791.* doi: 10.1038/n1894
- Sanchez, C. A. (2012). Enhancing visuospatial performance through video game training to increase learning in visuospatial science domains. *Psychon Bull Rev, 19(1), 58-65.* doi: 10.3758/s13423-011-0177-7

- Sanfey, A. G., Rilling, J. K., Aronson, J. A., Nystrom, L. E., & Cohen, J. D. (2003). The Neural Basis of Economic Decision-Making in the Ultimatum Game. *Science*, *300*(5626), 1755-1758. doi: 10.1126/science.1082976
- Schlagenhauf, F., Juckel, G., Koslowski, M., Kahnt, T., Knutson, B., Dembler, T., . . . Heinz, A. (2008). Reward system activation in schizophrenic patients switched from typical neuroleptics to olanzapine. *Psychopharmacology (Berl)*, *196*(4), 673-684. doi: 10.1007/s00213-007-1016-4
- Schmack, K., Schlagenhaut, F., Sterzer, P., Wrase, J., Beck, A., Dembler, T., . . . Gallinat, J. (2008). Catechol-O-methyltransferase val158met genotype influences neural processing of reward anticipation. *Neuroimage*, *42*(4), 1631-1638. doi: 10.1016/j.neuroimage.2008.06.019
- Schneider, F. F., G.R. (2013). *Funktionelle MRT in Psychiatrie und Neurologie*: Springer-Verlag, Heidelberg, Berlin.
- Schönfeld, R. (2008). Alters- und Geschlechtsdifferenzen in der Raumkognition : auch eine Frage der Lösungsstrategien, Online im Internet: statische URL: <http://edoc.bibliothek.uni-halle.de:8080/servlets/DocumentServlet?id=6564>, Abrufdatum: 18.06.15.
- Shao, R., Read, J., Behrens, T. E., & Rogers, R. D. (2013). Shifts in reinforcement signalling while playing slot-machines as a function of prior experience and impulsivity. *Transl Psychiatry*, *3*, e235. doi: 10.1038/tp.2013.10
- Sheehan, D. V., Lecrubier, Y., Sheehan, K. H., Amorim, P., Janavs, J., Weiller, E., . . . Dunbar, G. C. (1998). The Mini-International Neuropsychiatric Interview (M.I.N.I.): the development and validation of a structured diagnostic psychiatric interview for DSM-IV and ICD-10. *J Clin Psychiatry*, *59 Suppl 20*, 22-33;quiz 34-57.
- Shepard, R. N., & Metzler, J. (1971). Mental rotation of three-dimensional objects. *Science*, *171*(3972), 701-703.
- Sienkiewicz-Jarosz, H., Scinska, A., Swiecicki, L., Lipczynska-Lojkowska, W., Kuran, W., Ryglewicz, D., . . . Bienkowski, P. (2013). Sweet liking in patients with Parkinson's disease. *Journal of the Neurological Sciences*, *329*(1-2), 17-22. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jns.2013.03.005>
- Small, D. M. (2010). Taste representation in the human insula. *Brain Struct Funct*, *214*(5-6), 551-561. doi: 10.1007/s00429-010-0266-9
- Small, D. M., Jones-Gotman, M., & Dagher, A. (2003). Feeding-induced dopamine release in dorsal striatum correlates with meal pleasantness ratings in healthy human volunteers.

- Neuroimage*, 19(4), 1709-1715. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S1053-8119\(03\)00253-2](http://dx.doi.org/10.1016/S1053-8119(03)00253-2)
- Smith, A. R., Steinberg, L., & Chein, J. (2014a). The Role of the Anterior Insula in Adolescent Decision Making. *Developmental Neuroscience*, 36(3-4), 196-209.
- Smith, A. R., Steinberg, L., & Chein, J. (2014b). The role of the anterior insula in adolescent decision making. *Dev Neurosci*, 36(3-4), 196-209. doi: 10.1159/000358918
- Spicer, J., Galvan, A., Hare, T. A., Voss, H., Glover, G., & Casey, B. (2007). Sensitivity of the nucleus accumbens to violations in expectation of reward. *Neuroimage*, 34(1), 455-461. doi: 10.1016/j.neuroimage.2006.09.012
- Stoy, M., Schlagenhaut, F., Sterzer, P., Bermpohl, F., Hagele, C., Suchotzki, K., . . . Strohle, A. (2012). Hyporeactivity of ventral striatum towards incentive stimuli in unmedicated depressed patients normalizes after treatment with escitalopram. *J Psychopharmacol*, 26(5), 677-688. doi: 10.1177/0269881111416686
- Strobach, T., Frensch, P. A., & Schubert, T. (2012). Video game practice optimizes executive control skills in dual-task and task switching situations. *Acta Psychol (Amst)*, 140(1), 13-24. doi: 10.1016/j.actpsy.2012.02.001
- Strohle, A., Stoy, M., Wrase, J., Schwarzer, S., Schlagenhaut, F., Huss, M., . . . Heinz, A. (2008). Reward anticipation and outcomes in adult males with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Neuroimage*, 39(3), 966-972. doi: 10.1016/j.neuroimage.2007.09.044
- Takagishi, H., Takahashi, T., Toyomura, A., Takashino, N., Koizumi, M., & Yamagishi, T. (2009). Neural correlates of the rejection of unfair offers in the impunity game. *Neuro Endocrinol Lett*, 30(4), 496-500.
- Tanriover, N., Rhoton, A. L., Jr., Kawashima, M., Ulm, A. J., & Yasuda, A. (2004). Microsurgical anatomy of the insula and the sylvian fissure. *J Neurosurg*, 100(5), 891-922. doi: 10.3171/jns.2004.100.5.0891
- Thalemann, R., Wolfling, K., & Grusser, S. M. (2007). Specific cue reactivity on computer game-related cues in excessive gamers. *Behav Neurosci*, 121(3), 614-618. doi: 10.1037/0735-7044.121.3.614
- Tiffin, J., & Asher, E. J. (1948). The Purdue pegboard; norms and studies of reliability and validity. *J Appl Psychol*, 32(3), 234-247.
- Turkeltaub, P. E., Eden, G. F., Jones, K. M., & Zeffiro, T. A. (2002). Meta-analysis of the functional neuroanatomy of single-word reading: method and validation. *Neuroimage*, 16(3 Pt 1), 765-780.

- Uttal, D. H., Miller, D. I., & Newcombe, N. S. (2013). Exploring and Enhancing Spatial Thinking: Links to Achievement in Science, Technology, Engineering, and Mathematics? *Current Directions in Psychological Science*, *22*(5), 367-373. doi: 10.1177/0963721413484756
- Vallett, D. B., Lamb, R. L., & Annetta, L. A. (2013). The gorilla in the room: The impacts of video-game play on visual attention. *Comput Human Behav*, *29*(6), 2183-2187. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.chb.2013.05.001>
- Van Leijenhorst, L., Zanolie, K., Van Meel, C. S., Westenberg, P. M., Rombouts, S. A., & Crone, E. A. (2010). What motivates the adolescent? Brain regions mediating reward sensitivity across adolescence. *Cereb Cortex*, *20*(1), 61-69. doi: 10.1093/cercor/bhp078
- Van Rooij, A. J., Schoenmakers, T. M., Vermulst, A. A., Van den Eijnden, R. J., & Van de Mheen, D. (2011). Online video game addiction: identification of addicted adolescent gamers. *Addiction*, *106*(1), 205-212. doi: 10.1111/j.1360-0443.2010.03104.x
- Wager, T. D., Rilling, J. K., Smith, E. E., Sokolik, A., Casey, K. L., Davidson, R. J., . . . Cohen, J. D. (2004). Placebo-induced changes in FMRI in the anticipation and experience of pain. *Science*, *303*(5661), 1162-1167. doi: 10.1126/science.1093065
- Weissman, D. H., Roberts, K. C., Visscher, K. M., & Woldorff, M. G. (2006). The neural bases of momentary lapses in attention. *Nat Neurosci*, *9*(7), 971-978.
- Weng, C. B., Qian, R. B., Fu, X. M., Lin, B., Han, X. P., Niu, C. S., & Wang, Y. H. (2013). Gray matter and white matter abnormalities in online game addiction. *Eur J Radiol*, *82*(8), 1308-1312. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejrad.2013.01.031>
- Weng, C. B., Qian, R. B., Fu, X. M., Lin, B., Ji, X. B., Niu, C. S., & Wang, Y. H. (2012). [A voxel-based morphometric analysis of brain gray matter in online game addicts]. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi*, *92*(45), 3221-3223.
- Wise, R. A. (2008). Dopamine and reward: the anhedonia hypothesis 30 years on. *Neurotox Res*, *14*(2-3), 169-183. doi: 10.1007/bf03033808
- Wrase, J., Kahnt, T., Schlagenhauf, F., Beck, A., Cohen, M. X., Knutson, B., & Heinz, A. (2007). Different neural systems adjust motor behavior in response to reward and punishment. *Neuroimage*, *36*(4), 1253-1262. doi: 10.1016/j.neuroimage.2007.04.001
- Wrase, J., Schlagenhauf, F., Kienast, T., Wustenberg, T., Bermanpohl, F., Kahnt, T., . . . Heinz, A. (2007). Dysfunction of reward processing correlates with alcohol craving in detoxified alcoholics. *Neuroimage*, *35*(2), 787-794. doi: 10.1016/j.neuroimage.2006.11.043

- Wu, S., & Spence, I. (2013). Playing shooter and driving videogames improves top-down guidance in visual search. *Atten Percept Psychophys*, *75*(4), 673-686. doi: 10.3758/s13414-013-0440-2
- Xue, G., Lu, Z., Levin, I. P., & Bechara, A. (2010). The impact of prior risk experiences on subsequent risky decision-making: the role of the insula. *Neuroimage*, *50*(2), 709-716. doi: 10.1016/j.neuroimage.2009.12.097
- Yarkoni, T., Poldrack, R. A., Nichols, T. E., Van Essen, D. C., & Wager, T. D. (2011). Large-scale automated synthesis of human functional neuroimaging data. *Nat Methods*, *8*(8), 665-670. doi: 10.1038/nmeth.1635
- Yau, W. Y., Zubieta, J. K., Weiland, B. J., Samudra, P. G., Zucker, R. A., & Heitzeg, M. M. (2012). Nucleus accumbens response to incentive stimuli anticipation in children of alcoholics: relationships with precursive behavioral risk and lifetime alcohol use. *J Neurosci*, *32*(7), 2544-2551. doi: 10.1523/JNEUROSCI.1390-11.2012
- Yee, N. (2006). Motivations for play in online games. *Cyberpsychol Behav*, *9*(6), 772-775. doi: 10.1089/cpb.2006.9.772
- Yu, R., Mobbs, D., Seymour, B., & Calder, A. J. (2010). Insula and striatum mediate the default bias. *J Neurosci*, *30*(44), 14702-14707. doi: 10.1523/JNEUROSCI.3772-10.2010
- Yuan, K., Cheng, P., Dong, T., Bi, Y., Xing, L., Yu, D., . . . Tian, J. (2013). Cortical Thickness Abnormalities in Late Adolescence with Online Gaming Addiction. *PLoS One*, *8*(1), e53055. doi: 10.1371/journal.pone.0053055
- Zheng, L., Guo, X., Zhu, L., Li, J., Chen, L., & Dienes, Z. (2014). Whether others were treated equally affects neural responses to unfairness in the Ultimatum Game. *Soc Cogn Affect Neurosci*. doi: 10.1093/scan/nsu071
- Zhou, Y., Lin, F. C., Du, Y. S., Qin, L. D., Zhao, Z. M., Xu, J. R., & Lei, H. (2011). Gray matter abnormalities in Internet addiction: a voxel-based morphometry study. *Eur J Radiol*, *79*(1), 92-95. doi: 10.1016/j.ejrad.2009.10.025

VII. Eidesstattliche Versicherung

„Ich, David Marten Steiniger, versichere an Eides statt durch meine eigenhändige Unterschrift, dass ich die vorgelegte Dissertation mit dem Titel: „Die Insula und das Belohnungssystem: Schnittstellen von Spielmotivation, Belohnungsverarbeitung und kognitiven Fähigkeiten“ 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 *Recommendations for the Conduct, Reporting, Editing, and Publication of Scholarly Work in Medical Journals, December 2014* des ICMJE unter www.icmje.org) kenntlich gemacht. Die Abschnitte zu Methodik (insbesondere praktische Arbeiten, Laborbestimmungen, statistische Aufarbeitung) und Resultaten (insbesondere Abbildungen, Graphiken und Tabellen) entsprechen den Vorgaben des ICMJE und werden von mir verantwortet.

Meine Anteile an etwaigen Publikationen zu dieser Dissertation entsprechen denen, die in der untenstehenden gemeinsamen Erklärung mit dem/der Betreuer/in, angegeben sind. Sämtliche Publikationen, die aus dieser Dissertation hervorgegangen sind und bei denen ich Autor bin, 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.“

Datum:

Unterschrift:

VIII. Lebenslauf

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

IX. Danksagung

Herzlich danken möchte ich Herrn Professor Dr. med. Jürgen Gallinat und Frau PD Dr. rer. nat. Simone Kühn, die mir den Einstieg in das hoch interessante Gebiet der Neurowissenschaften ermöglichten, und diese Arbeit durch ihre freundliche Anleitung und unermüdliche Hilfestellung zu einer Erfahrung gemacht haben, die ich nicht missen möchte.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Dr. rer. nat. Robert Lorenz für die kompetente und vor allem geduldige Beratung auf den Gebieten der statistischen Analyse und der Bildgebung. Für ihre freundliche und tatkräftige Hilfe in allen Belangen der Probandenbetreuung und des Studiendesigns sowie für die Instruktionen zum Ablauf der Magnetresonanztomographie möchte ich weiterhin Frau Sonali Beckmann und Herrn Dr. rer. nat. Tobias Gleich danken.

Ein besonders herzlicher Dank gilt Herrn Kim-John Schlüter, der mir während der Arbeit an dieser Studie als Kollege und Freund zur Seite stand und mich von der anfänglichen Begeisterung für das Thema bis zum letzten klugen Kommentar für die Diskussion begleitet hat.

Der größte Dank gilt meinen Eltern, meinen Großeltern und Frau Franziska Görlich, kurz: meiner Familie. Ihre bedingungslose Unterstützung, ihr Zuspruch und ihre Zuneigung haben diese Arbeit möglich gemacht.

X. Anhang

Tab. A.1: Effekt von Gewinnantizipation gegenüber Verlustantizipation bei der **Spielergruppe** zum Messzeitpunkt **TP1** unter Verwendung eines Monte Carlo korrigierten Signifikanzschwellenwertes von $p < 0.05$.

Hirnstruktur	Hirnhälfte	MNI Koordinaten (mm)			Cluster Größe (Voxel)	Aktivität [a.u.]
		x	y	z		
Ventral Striatum	R	15	11	-5	2040	8.91
Ventral Striatum	L	-15	8	-8		8.88
Insula Lobe	L	-30	29	-2		8.20
Thalamus	R	6	-16	1		7.70
Insula Lobe	R	33	26	7		7.56
Superior Parietal Lobule	L	-24	-52	58	1140	8.39
Supra Marginal Gyrus	L	-51	-25	34		7.61
Postcentral Gyrus	L	-30	-40	58		7.46
Superior Occipital Gyrus	L	-24	-79	25		6.95
Inferior Parietal Lobule	L	-30	-40	40		6.01
Precentral Gyrus	L	-27	-7	52	978	9.75
Precentral Gyrus	R	33	-4	52		8.71
Middle Frontal Gyrus	R	30	5	55		8.27
Supplementary Motor Area	R	9	-10	52		8.14
Superior Frontal Gyrus	L	-21	-10	55		8.02
Middle Temporal Gyrus	R	48	-70	-2	313	6.98
Lingual Gyrus	R	27	-91	-8		6.12
Superior Parietal Lobule	R	18	-55	61	249	6.99
Postcentral Gyrus	R	33	-37	55		6.50
Inferior Parietal Lobule	R	30	-49	55		5.57
Cerebellum Vermis	R	3	-70	-32	172	6.17
Cerebellum Lobule VI	L	-9	-70	-23		4.59
Calcarine Gyrus	R	18	-82	4	108	4.91
Cuneus	R	21	-73	34	103	7.09
Precentral Gyrus	R	57	5	31	100	7.92
Anterior Cingulate Cortex	R	9	44	28	66	5.55
Postcentral Gyrus	R	51	-19	34	59	4.97
Fusiform Gyrus	R	39	-55	-17	57	4.52
Calcarine Gyrus	L	-15	-73	7	28	4.75

Tab. A.2: Effekt von Gewinnantizipation gegenüber Verlustantizipation bei der **Kontrollgruppe** zum Messzeitpunkt **TP1** unter Verwendung eines Monte Carlo korrigierten Signifikanzschwellenwertes von $p < 0.05$.

Hirnstruktur	Hirnhälfte	MNI Koordinaten (mm)			Cluster Größe (Voxel)	Aktivität [a.u.]
		x	y	z		
Ventral Striatum	L	-9	8	-5	1613	12.40
Ventral Striatum	R	15	11	-8		11.41
Insula Lobe / Inferior Frontal						
Gyrus (p. Orbitalis)	R	30	26	-8		10.64
Insula Lobe	L	-30	26	-5		10.52
Thalamus	R	6	-13	1		6.58
Thalamus	L	-6	-16	-2		6.51
Superior Frontal Gyrus	L	-21	-4	55	1312	9.27
Precentral Gyrus	L	-27	-10	52		9.25
Superior Frontal Gyrus	R	21	-7	58		8.93
Supplementary Motor Area	R	9	5	52		8.19
Precentral Gyrus	R	39	-7	49		7.31
Superior Parietal Lobule	L	-21	-58	58	754	6.76
Supra Marginal Gyrus	L	-51	-25	34		6.46
Inferior Parietal Lobule	L	-21	-52	52		6.41
Superior Occipital Gyrus	L	-24	-76	22		5.80
Postcentral Gyrus	L	-54	-19	31		5.72
Superior Parietal Lobule	R	30	-49	58	201	7.78
Middle Temporal Gyrus	R	48	-70	1	127	5.84
Calcarine Gyrus	R	15	-79	4	107	6.45
Inferior Occipital Gyrus	R	27	-91	-11	101	5.57
Cerebellum Vermis	R	3	-73	-29	69	4.76
Lingual Gyrus	R	27	-55	-8	66	4.77
Superior Occipital Gyrus	R	27	-76	28	63	5.60
Middle Cingulate Cortex	L	-12	-19	43	57	6.18
Middle Cingulate Cortex	R	15	-22	40	41	6.23
Calcarine Gyrus	L	-12	-76	7	40	4.80
Inferior Occipital Gyrus	L	-21	-88	-11	38	6.64
Postcentral Gyrus	R	51	-19	31	36	5.10

Tab. A.3: Effekt von Gewinnantizipation gegenüber Verlustantizipation bei der **Spielergruppe** zum Messzeitpunkt **TP2** unter Verwendung eines Monte Carlo korrigierten Signifikanzschwellenwertes von $p < 0.05$.

Hirnstruktur	Hirnhälfte	MNI Koordinaten (mm)			Cluster Größe (Voxel)	Aktivität [a.u.]
		x	y	z		
Superior Occipital Gyrus	L	24	-79	25	1366	7.67
Inferior Parietal Lobule	L	-27	-43	52		7.06
Middle Occipital Gyrus	L	-48	-70	1		6.91
Inferior Parietal Lobule	L	-48	-25	37		6.69
Superior Parietal Lobule	L	-21	-61	52		6.33
Calcarine Gyrus	L	-12	-100	-5		6.21
Postcentral Gyrus	L	-57	-19	28		5.88
Precentral Gyrus	L	-27	-7	49		8.69
Supplementary Motor Area	R	6	8	52		7.96
Middle Frontal Gyrus	R	36	-7	52		7.56
Precentral Gyrus	R	45	5	31	1353	7.46
Supplementary Motor Area	L	-6	-4	55		6.18
Superior Frontal Gyrus	L	-24	-4	61		5.53
Middle Temporal Gyrus	R	48	-67	1	1222	8.05
Superior Occipital Gyrus	R	21	-76	40		6.52
Middle Occipital Gyrus	R	30	-88	1		6.10
Superior Occipital Gyrus	R	27	-76	31		6.04
Fusiform Gyrus	R	30	-58	-14		5.58
Calcarine Gyrus	R	15	-79	4		5.36
Cuneus	R	18	-67	37		5.25
Inferior Occipital Gyrus	R	36	-85	-14		5.23
Ventral Striatum	R	15	11	-8	599	6.99
Thalamus	L	-6	-19	1		5.59
Thalamus	R	12	-13	-2		5.47
Putamen	L	-15	8	-5	222	7.60
Ventral Striatum	L	-15	11	-5		7.40
Pallidum	L	-18	2	-2		6.46
Superior Parietal Lobule	R	24	-55	58	209	7.07
Postcentral Gyrus	R	36	-37	55		5.84
Insula Lobe	R	30	29	-2	194	6.31
Inferior Frontal Gyrus (p. Orbitalis)	R	36	26	-8		6.01
Insula Lobe	R	36	17	7		4.96
Precentral Gyrus	L	-51	2	34	170	5.96
Inferior Frontal Gyrus (p. Opercularis)	L	-57	8	19		5.44
Insula Lobe	L	-27	26	-2	160	7.90

Inferior Frontal Gyrus (p. Orbitalis)	L	-33	20	-20		3.89
Cerebellum Vermis	R	0	-58	-38	122	5.48
Middle Cingulate Cortex	R	6	41	31	120	4.37
Anterior Cingulate Cortex	R	0	32	28		4.30
Superior Medial Gyrus	L	-6	44	34	120	4.04
Superior Temporal Gyrus	R	66	-37	13	61	6.12
Middle Temporal Gyrus	R	60	-46	4		3.47
Middle Temporal Gyrus	L	-51	-46	10	45	4.74
Brainstem	R	3	-37	-38	32	4.85
Middle Cingulate Cortex	R	6	-25	46	29	4.78
Middle Frontal Gyrus	L	-39	38	25	28	4.25
Postcentral Gyrus	R	60	-16	34	26	4.64
Calcarine Gyrus	L	-12	-79	7	23	4.98
Middle Cingulate Cortex	L	-9	-22	43	22	4.49
Insula Lobe	L	-39	-4	7	20	5.50
Hippocampus	L	-18	-28	-5	20	4.10
Inferior Temporal Gyrus	L	-42	-49	-17	16	4.56

Tab. A.4: Effekt von Gewinnantizipation gegenüber Verlustantizipation bei der **Kontrollgruppe** zum Messzeitpunkt **TP2** unter Verwendung eines Monte Carlo korrigierten Signifikanzschwellenwertes von $p < 0.05$.

Hirnstruktur	Hirnhälfte	MNI Koordinaten (mm)			Cluster Größe (Voxel)	Aktivität [a.u.]
		x	y	z		
Thalamus	L	-6	-22	1	200	5.25
Thalamus	R	9	-16	1		4.42
Ventral Striatum	R	6	5	-2	147	5.59
Ventral Striatum	L	-9	5	-2		5.16
Caudate Nucleus	L	-6	5	7		5.15
Pallidum	L	-18	2	-2		4.38
Pallidum	R	15	5	-5		4.38
Precentral Gyrus	R	39	-7	46	130	4.85
Middle Frontal Gyrus	R	39	-7	58		4.84
Superior Frontal Gyrus	R	24	-7	58		4.49
Superior Occipital Gyrus	R	27	-76	31	99	5.22
Precentral Gyrus	L	-33	-7	-46	93	5.50
Superior Frontal Gyrus	L	-21	-1	52		5.48
Precentral Gyrus	L	-39	-7	46		5.13
Calcarine Gyrus	R	15	-79	4	84	5.19
Lingual Gyrus	R	21	-91	5		4.62
Superior Parietal Lobule	R	24	-55	58	75	5.50
Postcentral Gyrus	R	30	-34	46		4.59
Postcentral Gyrus	R	33	-34	52		4.47
Middle Temporal Gyrus	R	45	-58	-2	60	5.01
Middle Occipital Gyrus	R	42	-67	4		4.50
Insula Lobe	L	-30	29	-2	57	6.56
Superior Occipital Gyrus	L	-24	-79	25	52	4.68
Inferior Occipital Gyrus	L	-21	-88	-8	48	5.86
Lingual Gyrus	L	-12	-94	-11		4.56
Supplementary motor Area	R	9	8	52	30	6.76
Anterior Cingulate Cortex	R/L	0	5	28	27	4.29
Insula Lobe	R	33	26	1	24	4.00
Precentral Gyrus	L	-51	2	31	22	4.40
Postcentral Gyrus	R	51	-16	31	20	4.96
Middle Occipital Gyrus	R	33	-85	13	20	3.89