

Aus der Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie
der Medizinischen Fakultät
der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Der Nucleus accumbens als hirnfunktionelles Korrelat appetitiver Gewaltperzeption
bei Kampfsportlern

D i s s e r t a t i o n

zur Erlangung des Doktorgrades

Dr. rer. medic.

(doctor rerum medicarum)

an der Medizinischen Fakultät
der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Vorgelegt von Maria Schöne

aus Großröhrsdorf

Magdeburg 13.12.2019

Bibliographische Beschreibung:

Schöne, Maria:

Der Nucleus accumbens als hirnfunktionelles Korrelat appetitiver Gewaltperzeption bei Kampfsportlern. - 2019. - 73 Blatt, 5 Abb., 2 Tab., 5 Anl.

Kurzreferat

Im Rahmen einer fMRT Studie wurde die appetitive (hedonistische) Aggression bei 20 Kampfsportlern und 26 Kontrollprobanden untersucht. Die Hypothese besagte, dass der Nucleus accumbens (eine zentrale Struktur des dopaminergen mesolimbischen Belohnungssystems) beim Betrachten von Gewalt- vs. neutralen Bildern bei Kampfsportlern sowie bei hedonistisch gewaltaffineren Probanden stärker aktiviert wird. Es resultierte ein Lateralisierungseffekt: Der linke Nucleus accumbens war umso stärker und der rechte Nucleus accumbens umso geringer aktiviert, je hedonistisch gewaltaffiner die Probanden waren. Dies deutet auf eine in der linken Hemisphäre spezialisierte Verarbeitung der positiven Wahrnehmung von visuellen Gewaltstimuli hin. Der fehlende Gruppeneffekt kann dadurch erklärt werden, dass Kampfsportler aufgrund ihres Hobbys an Gewalt habituiert sind, was mit einer Herabregulierung der Aktivierung im Nucleus accumbens einhergeht. Ebenso könnten kortikale Strukturen den Nucleus accumbens gehemmt haben.

Schlüsselwörter

appetitive Aggression, hedonistische Aggression, Kampfsportler, Nucleus accumbens, fMRT

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	5
Abkürzungsverzeichnis	6
1. Einführung	7
1.1 Appetitive Aggression	8
1.1.1 Definition und Beispiele	8
1.1.2 Evolutionsbiologische Überlegungen und Restriktionen	9
1.1.3 Reaktive, proaktive und appetitive Aggression	10
1.2 Das mesolimbische Dopaminsystem als hirnfunktionelles Korrelat appetitiver Aggression	11
1.3 Bisherige Untersuchungen zu appetitiver Aggression	13
1.3.1 Tierexperimentelle Untersuchungen	13
1.3.2 Humanexperimentelle Untersuchungen	14
1.4 Eigene Voruntersuchungen	19
1.5 Hypothesen	20
2. Material und Methoden	21
2.1 Stichprobe	21
2.2 Messinstrumente	22
2.3 Paradigma	24
2.4 Akquisition der (f)MRT Daten	26
2.5 Analyse der (f)MRT Daten	27
3. Ergebnisse	29
3.1 Charakteristika der Stichprobe	29
3.2 Ergebnisse des Modells	34
3.3 Überprüfung der Hypothesen	35
4. Diskussion	36
4.1 Lateralisierungseffekt	37
4.2 Beeinflussung der Aktivität des Nucleus accumbens durch kortikale Hemmung und Habituation	40

Inhaltsverzeichnis	
4.3 Limitationen	44
4.3.1 Tattoos	44
4.3.2 Verschiedene Kampfportdisziplinen	45
4.3.3 Nucleus accumbens repräsentiert verschiedene Belohnungsaspekte	46
4.4 Ausblick	48
5. Zusammenfassung	49
6. Literaturverzeichnis	50
Danksagungen	58
Erklärung zur Abfassung der Dissertation	60
Darstellung des Bildungsweges	61
Anlagenübersicht	62

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Exemplarische Darstellung zweier Durchgänge des Paradigmas 25

Abbildung 2: Anatomische Abgrenzung des linken und rechten Nucleus accumbens in der koronaren Schnittebene 28

Abbildung 3: Boxplots der mittleren Aktivierungswerte im linken Nucleus accumbens je Gruppe 30

Abbildung 4: Boxplots der mittleren Aktivierungswerte im rechten Nucleus accumbens je Gruppe 31

Abbildung 5: Streudiagramm des Zusammenhangs zwischen der “Appetitive and Facilitative Aggression Scale“ (AFAS) und den Aktivierungen im linken und rechten Nucleus accumbens 36

Abkürzungsverzeichnis

AAS	Appetitive Aggression Scale
AFAS	Appetitive and Facilitative Aggression Scale
BOLD	Blood Oxygenation Level Dependent
EEG	Elektroenzephalographie
EHI	Edinburgher Händigkeitsinventar
EPI	Echo Planar Imaging
FAF	Fragebogen zur Erfassung von Aggressivitätsfaktoren
(f)MRT	(funktionelle) Magnetresonanztomographie
FOV	Field of View
FWE	Family-Wise Error Rate
GLM	General Linear Model
HRF	Hemodynamic Response Function
ISI	Interstimulusintervall
LPS-3	Leistungsprüfsystem, Untertest 3
MEG	Magnetenzephalographie
MMA	Mixed Martial Arts
MWT-B	Mehrfachwahl-Wortschatz-Intelligenztest, Version B
OFC	Orbitofrontalkortex
PET	Positronen-Emission-Tomographie
PFC	Präfrontalkortex
REX	Response Exploration
ROI	Region of Interest
SKID-II	Strukturiertes klinisches Interview für Achse-II-Störungen

1. Einführung

1. Einführung

„[...] stürmt direkt auf seinen Gegner zu, trifft ihn mit einem kräftigen Fußkick am Oberschenkel. Kurz gehen beide zu Boden, ringen, stehen auf. [...] Mit zwei Kniestößen trifft er ihn an Nase und Brust, der andere geht zu Boden. Mit beiden Händen boxt der Frankfurter auf seinen Kontrahenten ein [...].“ (Sogorski 2013).

Kampfsport, insbesondere Mixed Martial Arts (MMA), erscheint exotisch und brutal, aber auch faszinierend und attraktiv (Biernat et al. 2018). In Amerika, wo es im Gegensatz zu Deutschland erlaubt ist, MMA-Wettkämpfe live zu übertragen, verfolgen immer mehr Zuschauer die sportlichen, mitunter blutigen Auseinandersetzungen, in denen die Wettkämpfer Elemente aus allen Kampfsportdisziplinen (Boxen, Ringen, Karate usw.) anwenden. Bedeutet dies, dass Gewalt sowohl für die Kampfsportler als auch die Zuschauer eine hedonistische Komponente besitzt?

Als menschliche Aggression ist jenes Verhalten definiert, dass eine Person intentional gegen eine andere Person richtet, um dieser Schaden zuzufügen (Anderson und Bushman 2002). Das Allgemeine Aggressionsmodell (Allen et al. 2018) ist ein umfangreiches und integratives Modell, das die Entstehung menschlicher Aggression erklärt und hierfür verschiedene theoretische Ansätze miteinander verbindet. So beschreibt das Modell z.B. den Einfluss von sozialen, kognitiven, biologischen und Persönlichkeitsfaktoren und unterteilt diese in distale und proximale Einflussfaktoren. Distale Faktoren wirken aus dem Hintergrund heraus und umfassen biologische (z.B. ein geringes Arousal (Erregung), Hormone wie Testosteron) und Umwelteinflüsse (z.B. kulturelle Normen, Freundeskreis), welche die Aggressivität der Persönlichkeit formen, die wiederum proximale Faktoren beeinflusst. Proximale Faktoren umfassen personale (z.B. Selbstbewusstsein, Einstellung zu Gewalt) und situative Variablen (z.B. Provokation, aggressiver Hinweisreiz), die den aktuellen inneren Zustand der Person (bestehend aus Kognitionen, Affekten und dem physiologischen Erregungsniveau) beeinflussen. Im nächsten Schritt kommt es zu Bewertungs- und Entscheidungsprozessen seitens der Person, ob eine aggressive Handlung ausgeführt wird oder nicht.

Aggression kann auch durch eine hedonistische (appetitive) Komponente, die der aggressiven Handlung selbst inne liegt, begünstigt werden (Elbert et al. 2010). Die appetitive Komponente von Aggression wurde bisher im Allgemeinen Aggressionsmodell nicht berücksichtigt.

1.1 Appetitive Aggression

1.1.1 Definition und Beispiele

Gewalt kann eine hedonistische Komponente haben, d.h., Gewalt kann faszinierend und aufregend sein, Spaß machen und mit einem positivem Arousal verbunden sein (Elbert et al. 2010). Diese sogenannte appetitive Aggression kennzeichnet sich dadurch aus, dass sie um ihrer selbst willen ausgeführt wird: Der Betreffende verhält sich gewalttätig, weil er an der aggressiven Handlung per se Freude empfindet (Elbert et al. 2017). Die Aggression wirkt somit als Verstärker bzw. belohnend. Belohnungen sind definiert als Stimuli, die im Individuum ein Gefühl der Freude auslösen sowie Individuen motivieren, ein Annäherungsverhalten (approach behavior) zu zeigen, um diese Stimuli zu erreichen (Wang et al. 2016). Appetitive Aggression geht somit mit einer Annäherungsmotivation zu aggressionsassoziierten Stimuli einher (Augsburger 2017). Sowohl die aktive Ausübung von Gewalt als auch deren Perzeption können belohnend wirken: Haben Personen Spaß daran, sich gewalttätig zu verhalten, sind sie motiviert, dies weiterhin gezielt zu tun; ebenso können Personen motiviert sein, gewalttätige Szenen wiederholt zu konsumieren.

Bereits in der Antike strömten die Menschen in die Arenen, um von den Rängen aus mit Begeisterung Gladiatorenwettkämpfe zu verfolgen (Elbert et al. 2010). Abtrünnige wurden auf öffentlichen Plätzen gehängt, was von der Bevölkerung bejubelt wurde (Nell 2006). Menschen gingen früher auf die Jagd, weil es überlebensnotwendig war; heutzutage gehen sie nach wie vor noch auf die Jagd, weniger weil es überlebenswichtig, sondern vielmehr aufregend ist (Elbert et al. 2017). Sie besuchen mit Begeisterung Sportwettkämpfe wie z.B. Fußballspiele, bei denen intrinsisch motiviertes Kämpfen appetitive Aggression symbolisch repräsentiert (Elbert et al. 2018) und bei denen aggressive Fouls zwischen den „modernen Gladiatoren“ (Harnischmacher 2006) dazugehören. Menschen spielen aus Spaß gewalttätige Computerspiele (Anderson et al. 2017), bei denen sie aus der Ich-Perspektive virtuelle Gegner erschießen können (Elbert et al. 2018). Der Unterhaltungswert von Gewalt in den Medien ist ein überdauerndes und interkulturelles Phänomen (Nell 2006), was sich in dem großen Angebot an Kriminal- und Actionfilmen zeigt. Brutal anmutende MMA-Kämpfe üben eine Attraktion auf die Zuschauer sowohl vor Ort in der Sporthalle als auch vor dem Fernseher aus (Biernat et al. 2018). Neben der Perzeption kann auch das aktive Ausüben von (Kampf-) Sport mit einer hedonistischen Komponente verbunden sein. Ein Aufsehen erregendes Beispiel für appetitive

Aggression ist Hooliganismus: Hooligans prügeln sich, weil sie Spaß an der Gewalt haben (Lösel und Bliesener 2006).

1.1.2 Evolutionsbiologische Überlegungen und Restriktionen

Gewalt gehört zum natürlichen Verhaltensrepertoire von Säugetieren einschließlich des Menschen (Gómez et al. 2016). Aus evolutionsbiologischer Sicht fördert das Töten schwächerer Artgenossen die reproduktive Fitness der Täter (Nell 2006). Der Zugang zu Ressourcen wird gefördert und die Kosten des Rivalen entfallen (Duntley und Buss 2011). Die Gene des erfolgreich gewalttätigen Individuums werden eher weitervererbt als die des unterlegenen. Schimpansen nutzen die Tötung von Artgenossen als adaptive Strategie: Die Überlegenen erhalten erweiterten Zugang z.B. zu Territorium und Nahrung und erhöhen dadurch ihre Fitness. Einen Reproduktionsvorteil hat derjenige, der mit so wenigen Hemmungen wie möglich tötet (Weierstall und Elbert 2012).

Im Laufe der Evolution haben sich mehrere Stimuli herausgebildet, die appetitive Aggression begünstigen (Nell 2006). Diese Stimuli können als konditionierte Stimuli oder auch als saliente Cues (Hinweisreize) bezeichnet werden, wofür Blut ein prominentes Beispiel ist: Um zu überleben, mussten die Menschen früher auf die Jagd gehen. Jagen war nicht nur überlebensnotwendig, sondern gleichzeitig harte Arbeit; tötete der Jäger endlich seine Beute, ging dies mit positiven Gefühlen von Macht, Stärke und Freude über den Jagderfolg einher. Das Jagen entwickelte sich zu einem appetitiv erlebten Verhalten (Weierstall und Elbert 2012). Die Beute blutete oft stark, so dass die Wahrnehmung von Blut belohnend wirkte (Nell 2006). Im Laufe der Geschichte koppelten sich die Wahrnehmung von Blut (anfangs noch ein unkonditionierter Reiz) und die gleichzeitig auftretenden positiven Emotionen, so dass schließlich die Wahrnehmung von Blut allein (konditionierter Reiz) unabhängig vom Jagdkontext belohnend wirkte. Dies könnte aus evolutionsbiologischer Sicht erklären, dass mit dem Jagen verbundene Stimuli appetitive Aggression fördern können. Demnach kann z.B. Blut als Verstärker für die Durchführung von gewalttätigen, grausamen Handlungen dienen. Jagen adaptierte im Laufe der Evolution an den fortschreitenden Prozess der Zivilisation und manifestierte sich schließlich, da es immer weniger überlebensnotwendig wurde, in Form von hedonistischer Gewalt auf andere Art und Weise, z.B. beim Kampfsport.

Appetitive Aggression umschreibt eine Disposition, während der Wahrnehmung von Aggression diese als belohnend zu empfinden; sie umschreibt nicht konkrete Verhaltensweisen. Analog wird Grausamkeit als “a creature’s disposition to be rewarded by the perception of

injury“ (Disposition eines Lebewesens durch die Wahrnehmung von Verletzung belohnt zu werden) und als ein Teil der menschlichen Natur beschrieben (Mayes 2009). Auch appetitive Aggression ist eine universale Eigenschaft aller Menschen (Moran 2015), die in jedem Menschen von Geburt an biologisch angelegt ist (Elbert et al. 2017).

Gewalttätiges Handeln wurde trotz des „menschlichen Appetits nach grausamen Spektakeln“ (Nell 2006) aufgrund der Einführung von Gesetzen, kultureller Einschränkungen und der Entwicklung von gesellschaftlichen Normen als Produkt der menschlichen Zivilisation reduziert. Die Mordrate in Europa ging von 32 pro 100.000 Menschen im 13. Jahrhundert auf 1,4 pro 100.000 im 20. Jahrhundert zurück (Jones 2008). Das staatliche Gewaltmonopol reguliert Gewalt (Elbert et al. 2017), gewalttätige Handlungen werden nunmehr bestraft statt bejubelt. Zudem hemmt die Beurteilung von Gewalt als moralisch verwerflich deren Ausführung (Molenberghs et al. 2015). Entfällt diese „kognitive Schranke“, wird appetitiv gewalttätiges Verhalten begünstigt. Dies ist im Kriegskontext der Fall, wenn staatliche Restriktionen als Antwort auf Gewalt entfallen und das Töten gegnerischer Soldaten nicht nur moralisch gerechtfertigt, sondern auch überlebensnotwendig ist (Nandi et al. 2015), so dass appetitive Aggression weniger normativ gehemmt wird. Propaganda, Ideologien und Verunglimpfungen der Gegner können ebenfalls zu einem Rechtfertigen der Aggression beitragen (Jones 2008).

1.1.3 Reaktive, proaktive und appetitive Aggression

Die bisherige gebräuchlichste Klassifizierung von Aggression ist die Unterscheidung zwischen reaktiver/ impulsiver („defensive rage“) und proaktiver/ instrumenteller Aggression („predatory attack“) (Siegel et al. 2007). Individuen verhalten sich reaktiv aggressiv, um sich vor einer vermeintlichen oder realen Bedrohung zu schützen, die Aggression dient somit der Selbstverteidigung (Rosell und Siever 2015). Reaktive Aggression kann ebenso nach einer Provokation auftreten und mit der Emotion Ärger einher gehen (Anderson und Bushman 2002). Sie wird auch als erleichternde Aggression bezeichnet (Weierstall und Elbert 2012). Verhalten Individuen sich proaktiv aggressiv, üben sie vorsätzlich Gewalt aus, um ein bestimmtes Ziel zu erreichen, etwa um über das Gewaltopfer zu dominieren oder zur Erreichung eines materiellen Gewinnes. Reaktive und proaktive Aggression können koexistieren (Rosell und Siever 2015), wobei einer aggressiven Handlung gleichzeitig mehrere Motive zugrunde liegen können (Bushman und Anderson 2001).

Die appetitive Aggression kann als Erweiterung der instrumentellen Aggression eingeordnet werden (Augsburger 2017). Verhält sich ein Mensch appetitiv aggressiv, empfindet er den Gewaltakt per se als angenehm, faszinierend und aufregend und führt ihn hedonistisch motiviert aus. Er hat das Ziel, durch die Gewalthandlung einen Lustgewinn zu erfahren. Appetitive Aggression ist somit intrinsisch motiviert, wohingegen instrumentelle Aggression ausgeführt wird, um eine extrinsische Belohnung (z.B. Geld, Status, Macht) zu erhalten (Elbert et al. 2018). Sowohl die erleichternde als auch die appetitive Aggression können mit einem Arousal einhergehen, wobei die erleichternde einen aversiven Zustand (z.B. Angst, Ärger) reduziert und die appetitive zu dem Spüren einer unmittelbaren positiven Erregung führt. Demnach ist die Valenz (Wertigkeit) beider Formen entgegengesetzt: Die erleichternde Aggression wird durch eine unangenehme Valenz in einer bestimmten Situation motiviert, die appetitive durch eine angenehme. Erleichternde und appetitive Aggression können in dem Sinne überlappen, als dass die reaktive Aggression die appetitive bahnt (Moran 2015).

1.2 Das mesolimbische Dopaminsystem als hirnfunktionelles Korrelat appetitiver Aggression

Die belohnende Wirkung der appetitiven Aggression legt die Vermutung nahe, dass das mesolimbische Dopaminsystem bei der neuronalen Repräsentation der hedonistischen Komponente von Aggression beteiligt ist. Das mesolimbische Dopaminsystem ist der zentrale Bestandteil des neuronalen Belohnungsnetzwerkes und hat seinen Ursprung im ventralen Tegmentum (Kareken 2019). Von dort ziehen dopaminerge Bahnen zum Nucleus accumbens und zu Kerngebieten des limbischen Systems wie z.B. der Amygdala. Der Nucleus accumbens wird funktionell (neben dem Tuberculum olfactorium) zum ventralen Striatum gerechnet. Kortikale Strukturen können im Sinne einer Top-down-Kontrolle hemmend auf emotionsrelevante subkortikale Bereiche wirken (Potegal 2012), z.B. können frontale Bereiche die Aktivierung im Nucleus accumbens hemmen (Elbert et al. 2010). Im Rahmen von Belohnungsprozessen spielen innerhalb des mesokortikolimbischen Systems insbesondere präfrontale Bereiche eine Rolle. Der Präfrontalkortex (PFC) gilt als eine wichtige Kontrollinstanz menschlichen Verhaltens (Duverne und Koechlin 2017). Der Orbitofrontalkortex (OFC) als ventromedialer Bestandteil des PFCs kodiert den subjektiven Wert einer Belohnung (O'Doherty 2004) und ist bei dem hedonistischen Erleben einer Belohnung involviert (Kringelbach 2005).

Werden Individuen belohnt, wird Dopamin im mesolimbischen System freigesetzt (Urban et al. 2012). Durch Dopamintransmission werden Individuen motiviert eine Handlung zu zeigen, auf die sie nachfolgend eine Belohnung erhalten, d.h., Dopamintransmission fördert zielgerichtetes Verhalten. Ebenso werden Menschen motiviert, auf eine Art und Weise zu handeln, die sie als belohnend empfinden (Bromberg-Martin et al. 2010). Das ventrale Striatum ist anatomisch betrachtet ein Bestandteil der Basalganglien, welche Schlüsselstrukturen des motorischen Systems sind (Kareken 2019). Gewalt (z.B. Kampfsport) geht mit Bewegung einher, so dass es umso naheliegender ist, dass das mesolimbische Dopaminsystem bei appetitiver Aggression aktiviert wird. Der Nucleus accumbens beeinflusst, ob und wie intensiv Individuen sich belohnungsassoziierten Stimuli nähern bzw. entsprechend handeln, um sie zu erreichen (Floresco 2015).

In der vorliegenden Promotionsarbeit wird postuliert, dass Menschen, die sich freiwillig und aktiv aggressiv verhalten (Kampfsportler), eine verstärkte Aktivierung im dopaminergen mesolimbischen Belohnungssystem, speziell im Nucleus accumbens, bei der visuellen Perzeption von Gewalt zeigen. Kampfsportler (z.B. Kickboxer) scheinen hedonistisch gewaltaffin zu sein, d.h., sie scheinen es aufgrund der Wahl ihres Hobbys zu mögen, aggressive Stimuli wahrzunehmen und sich aggressiv zu verhalten. Folglich suchen Kampfsportler gezielt (Trainings-, Wettkampf-) Situationen auf, in denen sie sich auf eine legale und gesellschaftlich akzeptierte Art und Weise gewalttätig verhalten können. Je mehr Verhaltensprobleme und physische Aggressionen Kampfsportler in der Vergangenheit zeigten, umso eher schienen sie von „härteren“ Kampfsportdisziplinen wie Kick- oder Thaiboxen fasziniert zu sein (Vertonghen et al. 2014).

Für die vorliegende Untersuchung wurden demnach (neben einer Kontrollgruppe) Kampfsportler rekrutiert mit dem Ziel, ein neuronales Korrelat der appetitiven Aggression während visueller Gewaltperzeption im Nucleus accumbens abzubilden. Der Promovendin sind bis zum Zeitpunkt des Verfassens der Dissertationsschrift mit Ausnahme der eigenen Voruntersuchungen (siehe 1.4 Eigene Voruntersuchungen) keine hirnfunktionellen Studien bekannt, die den Zusammenhang zwischen der Praktizierung von Kampfsport und appetitiver Aggression untersucht haben.

1.3 Bisherige Untersuchungen zu appetitiver Aggression

1.3.1 Tierexperimentelle Untersuchungen

Nachdem Olds (1956) Elektroden in einem Kerngebiet im Mittelhirn von Ratten platzierte, konnten die Ratten per Hebeldruck diese Region eigenständig elektrisch stimulieren (Olds 1956). Zu Olds Überraschung taten sie dies hochfrequent und fortwährend, manche Ratten ganztägig bis zu 2000 Mal pro Stunde. Sogar, nachdem die Ratten 24 Stunden lang keine Nahrung erhalten hatten, ignorierten sie bereit gestelltes Kartoffelpüree und stimulierten sich stattdessen weiterhin selbst. Die elektrische Stimulation in der Septumregion (area septalis) und in weiteren Kerngebieten wirkte für die Ratten belohnend (Olds und Milner 1954). Vom ventralen Tegmentum ziehen dopaminerge Bahnen nicht nur zum Nucleus accumbens, sondern auch zum Septum; ebenso gibt es neuronale Verbindungen zwischen dem Nucleus accumbens und dem Septum (Jonsson et al. 2017).

Verschiedene Tierstudien deuten darauf hin, dass auf neuronaler Ebene dem mesolimbischen Dopaminsystem und insbesondere dem Nucleus accumbens eine entscheidende Bedeutung bei der Repräsentation der belohnenden Wirkung von Aggression zukommt (Yamaguchi und Lin 2018). Eine erhöhte Dopaminausschüttung fördert aggressives Verhalten, wobei die Aggression wiederum als Verstärker wirkt.

Wurde eine fremde männliche Maus in den Käfig einer Versuchsmaus bestimmter aggressiver Stämme gesetzt, so griff diese den Eindringling körperlich an. Das aggressive Verhalten hatte für die Versuchsmaus eine belohnende Wirkung, was mit Dopaminausschüttung im Nucleus accumbens einherging (Couppis und Kennedy 2008). Auch unter verschiedenen Arten von Verstärker-Versuchsplänen fungierte dieses fremdaggressive Verhalten für die Versuchsmäuse als Belohnung (May und Kennedy 2009). Nach der Injektion eines Dopaminrezeptoragonists und entsprechender D1- und D2-Rezeptorblockade zeigte die Versuchsmaus dieses Verhalten nicht mehr (Couppis und Kennedy 2008). Insbesondere D1- und D2-Rezeptoren im ventralen Striatum waren in eine belohnende Funktion von Aggression involviert. Die Arbeitsgruppe extrapolierte, dass Individuen intentional gewaltsame Auseinandersetzungen (ähnlich wie Drogen, Nahrung und Sex) aufsuchen, um ihr zerebrales Belohnungssystem zu aktivieren. In einer weiteren Untersuchung an trainierten Mäusen (Golden et al. 2019) lernten die Versuchstiere zunächst, dass sie, nachdem sie einen Hebel gedrückt hatten, untergeordnete Mäuse attackieren konnten, was belohnend wirkte. Die Mäuse konnten ihre appetitive operante Aggression somit selbst aktivieren. Später wurde diese operante Aggression mittels Abstinenz

(kein Hebel) wieder gelöscht. Dennoch drückten die Mäuse, als sie wieder die Möglichkeit hatten, erneut persistierend den Hebel, um folglich eine untergeordnete Maus attackieren zu können. Wurden D1-Rezeptoren im Nucleus accumbens gehemmt, drückten die Mäuse den Hebel seltener; bei der Hemmung von D2-Rezeptoren im Nucleus accumbens trat dieser Effekt nicht auf.

In einem Experiment mit Ratten sollten diese lernen, ihre Reaktion in Abhängigkeit des Kontextes entweder sogleich auszuführen (bei Darbietung eines Tones sowie Darbietung eines Lichtes) oder zunächst zurückzuhalten (bei Darbietung eines Tones ohne Licht). Passten sie ihr Verhalten korrekt an die entsprechende Bedingung an, erhielten sie eine Belohnung (Futter). Wurde bei den Ratten der OFC (eine kortikale Struktur des mesokortikolimbischen Dopaminsystems) gehemmt und gleichzeitig der Nucleus accumbens (eine subkortikale Struktur des mesokortikolimbischen Dopaminsystems) aktiviert, so wiesen die Versuchstiere eine verminderte Verhaltenskontrolle auf und zeigten unabhängig davon, ob der Ton allein oder mit einem Licht dargeboten wurde, eine sofortige Reaktion (Meyer und Bucci 2016). Wurde nur eine der beiden Strukturen stimuliert, d.h. nur der OFC gehemmt oder nur der Nucleus accumbens aktiviert, resultierte eine weniger stark verminderte Verhaltenskontrolle. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass der OFC hemmend auf den Nucleus accumbens einwirkt und das Zusammenwirken beider Strukturen für die belohnungsassoziierte Verhaltenskontrolle von Bedeutung ist.

1.3.2 Humanexperimentelle Untersuchungen

Bereits im Jahre 1971 wurde an der Universität in Stanford in Kalifornien von Zimbardo und Kollegen ein weltweit bekannt gewordenes Experiment (“Stanford prison experiment“) durchgeführt, in dem sich auch die der Aggression immanente appetitive Komponente andeutete (Haney et al. 1973). Das Experiment wurde ursprünglich zu dem Zweck konstruiert, interpersonelle Dynamiken zwischen Gefängniswärtern und Häftlingen in einer simulierten Gefängnisumgebung zu untersuchen. In dem Experiment wurden die Probanden zunächst randomisiert in zwei Gruppen aufgeteilt: 11 Teilnehmer bekamen die Rolle der Gefängniswärter, 10 Teilnehmer die Rolle der Insassen zugewiesen. Dann sollten die Probanden für die Dauer von zwei Wochen ihre Rolle in einer nachgebauten Gefängnisumgebung spielen. Das Experiment wurde bereits nach sechs Tagen aus ethischen Gründen abgebrochen. Die Gefängniswärter zeigten extrem herabwürdigende Verhaltensweisen gegenüber den Häftlingen, die wiederum die sowohl körperlichen als auch

psychischen Erniedrigungen eher passiv erduldeten und mitunter schwerwiegende negative emotionale Reaktionen zeigten. Die Gefängniswärter schienen es nach Ansicht der Versuchsleiter genossen zu haben, sich gegenüber den Häftlingen aggressiv zu verhalten.

Appetitive Aggression bei nicht-klinischen Stichproben aus der Allgemeinbevölkerung wurde systematisch bisher überwiegend in Kriegsgebieten in Afrika von der Forschungsgruppe um Elbert an der Universität Konstanz untersucht. So wurden u.a. Interviews mit Soldaten in Burundi (Nandi et al. 2015) und der Demokratischen Republik Kongo (Köbach et al. 2014) durchgeführt, aber auch mit deutschen Veteranen des Zweiten Weltkrieges (Weierstall et al. 2012). Zum einen gibt es vulnerable Phasen, in denen die Ausprägung der appetitiven Aggression durch bestimmte Umwelteinflüsse erhöht werden kann (Köbach und Elbert 2015). So besaßen insbesondere jene Soldaten in der Demokratischen Republik Kongo eine stark ausgeprägte appetitive Aggression, die im Alter von 16 bis 17 Jahren für die Armee rekrutiert wurden. Zum anderen prädizierte die Anzahl der begangenen aggressiven Handlungen den Grad der appetitiven Aggression, was bedeutet, dass die Neigung, sich appetitiv aggressiv zu verhalten, durch wiederholte physische Gewalthandlungen gefördert wird. Die Anzahl aktiv ausgeführter Gewalthandlungen in der Vergangenheit ist einer der stärksten Prädiktoren für den Ausprägungsgrad der appetitiven Aggression (Köbach et al. 2014). Erlebten die Soldaten insbesondere Gewaltakte, die mit Merkmalen des Jagens verbunden waren wie z.B. Blut, beschrieben diese Soldaten eine hohe Ausprägung appetitiver Aggression. Dies kann aus evolutionsbiologischer Sicht damit begründet werden, dass Blut im Jagdkontext mit dem Töten der Beute, was überlebensnotwendig und mit positiven Gefühlen verbunden war, gekoppelt ist (Nell 2006).

Darüber hinaus fanden die Forscher heraus, dass die Ausprägung der appetitiven Aggression ein Schutzfaktor für die Ausprägung von Symptomen der posttraumatischen Belastungsstörung ist, d.h., je faszinierender und angenehmer Soldaten aggressive Handlungen im Kriegskontext wahrnahmen, umso geringer war die Wahrscheinlichkeit, dass sie posttraumatische Belastungssymptome entwickelten (Hecker et al. 2013; Weierstall et al. 2012).

Um den Ausprägungsgrad der appetitiven Aggression messbar zu machen, wurden zwei Fragebögen entwickelt: Zum einen die "Appetitive Aggression Scale" (AAS) für die Anwendung im Kriegskontext (Weierstall und Elbert 2011) und zum anderen die "Appetitive and Facilitative Aggression Scale" (AFAS) als zivile Version. Die AAS umfasst einen Fragebogen, auf dem die Probanden zunächst ankreuzen, ob sie schon einmal bestimmte Gewalttaten begangen, z.B. eine andere Person verstümmelt haben. In einem sich

anschließenden halbstrukturiertem Interview schätzt der Interviewer unter Bezugnahme der Antworten des Fragebogens verschiedene Charakteristika der appetitiven Aggression von 0 (gar nicht ausgeprägt) bis 4 (extreme Ausprägung) ein, z.B. ob es dem Interviewten mehr Spaß macht, einen Gegner zu besiegen, wenn dieser blutet. Die AAS wurde explizit für Probanden entwickelt, die im Kontext von schweren gewalttätigen, auch bewaffneten Auseinandersetzungen involviert waren und aktiv Gewalttaten (z.B. Mord) begangen haben. Als zivile Version für Probanden aus der Allgemeinbevölkerung fungiert die AFAS, die aus einem Fragebogen besteht, auf dem die Probanden ankreuzen, wie oft sie mit bestimmten gewalttätigen Szenarien in Berührung gekommen waren, z.B. ob sie Sportarten, in denen Blut floss, aufregender fanden. Für die AFAS sind bisher noch keine Normen veröffentlicht worden. Angemerkt sei, dass die AFAS für die hiesige Dissertation verwendet wurde.

Der Promovendin sind neben den eigenen Voruntersuchungen (siehe 1.4 Eigene Voruntersuchungen) lediglich zwei externe Studien bekannt, die explizit die appetitive Aggression hirnfunktionell an nicht-klinischen Probanden (d.h. Probanden ohne psychiatrische Diagnose) aus der Allgemeinbevölkerung (d.h. keine inhaftierten Straftäter) untersucht haben. In einer Magnetenzephalographie- (MEG-) Studie (Moran et al. 2014; Moran 2015) fand sich eine mit reaktiver und appetitiver, d.h. mit Aggression allgemein gekoppelte Aktivierung im linken Frontallhirn. Appetitive Aggression allein führte zu einer Delta-Synchronisation im rechten parietal-temporalen Bereich. Eine Aktivierung dieses Bereiches deutet auf eine bessere Empathiefähigkeit hin (Decety und Lamm 2007), so dass der gefundene Zusammenhang zwischen appetitiver Aggression und der rechten parietal-temporalen Region dahingehend interpretiert wurde, dass ein enthemmtes Belohnungssystem mit Empathiedefiziten einhergehen könnte, so dass Gewalt auf Verhaltensebene Ausdruck finden kann. Des Weiteren wurde ein umso stärkeres appetitives Arousal beschrieben, je höher der AAS-Score der Probanden war.

Die Ergebnisse einer zweiten bildgebenden Studie, welche appetitive Aggression mittels Elektroenzephalographie (EEG) untersuchte, wurden noch nicht veröffentlicht, jedoch auf der 34. Münchner Herbsttagung der Arbeitsgemeinschaft für Methodik und Dokumentation in der Forensischen Psychiatrie im Oktober 2019 in München vorgestellt. Die Arbeitsgruppe der Klinik für Forensische Psychiatrie und Psychotherapie Günzburg um Dudeck untersucht derzeit, ob sich die reaktive und appetitive Aggression (erhoben mit der AFAS) im EEG-Befund bei nach §64 StGB untergebrachten, suchtkranken Straftätern abbilden lassen (Nigel et al. 2019). Für die appetitive Aggression fand sich eine Delta-Aktivität im rechten Parietallappen.

Diese Region wird mit der Theory of mind und Empathie in Verbindung gebracht. Das Ergebnis steht im Einklang mit dem Ergebnis der im vorherigen Absatz vorgestellten MEG-Studie von Moran und Kollegen.

Studien, die die appetitive Aggression wie in hiesiger Untersuchung mittels funktioneller Magnetresonanztomographie (fMRT) untersuchten, sind der Promovendin zum Zeitpunkt der Verschriftlichung der Dissertation nicht bekannt.

Andere fMRT-Studien mit nicht-klinischen Probanden aus der Allgemeinbevölkerung berichten zwar von hedonistischen Aspekten von Aggression, jedoch bilden diese Untersuchungen appetitive Aggression nicht per se ab.

So absolvierten Probanden eine Reaktionszeitaufgabe, welche als Wettbewerb mit einem (fiktivem) Gegner simuliert wurde. Wenn die Probanden nach einem gewonnenen Durchgang ihren Gegner zusätzlich bestrafen konnten vs. aufgrund des Sieges keine Strafe erhielten, fand sich eine erhöhte funktionelle Konnektivität des ventralen Striatums mit anderen Hirnregionen wie z.B. dem OFC (Buades-Rotger et al. 2016). Da die Probanden jedoch zuvor ebenfalls von ihrem Gegner bestraft werden konnten, spiegeln die Aktivierungsmuster eher den hedonistischen Aspekt von Rache wider. Gleiches gilt für die erhöhte Aktivierung im Nucleus accumbens, die gemessen wurde, als Probanden eine Person, von der sie zuvor provoziert worden waren, bestrafen konnten (Chester und DeWall 2016). Wenn die Bestrafung eines unfairen Gegenspielers nicht direkt ausgeführt, sondern antizipiert wurde, waren ebenfalls der mediale OFC und der Nucleus accumbens stärker aktiviert (Seymour et al. 2007). In einer weiteren fMRT-Studie fand sich eine erhöhte striatale Aktivierung, wenn einer anderen Person, die die Probanden beneideten, ein Missgeschick passierte (Takahashi et al. 2009). Dieser Versuchsaufbau bildete den hedonistischen Aspekt von Schadenfreude ab. Appetitive Aggression impliziert jedoch eine intrinsische Motivation sich aggressiv zu verhalten (Köbach und Elbert 2015). Jene Probanden, welche Rache ausübten oder Schadenfreude empfanden, waren hingegen aufgrund von externen Gegebenheiten motiviert, sich aggressiv zu verhalten.

Darüber hinaus wurde appetitive Aggression bisher eher mit psychischen Störungen wie sexuellem Sadismus oder Psychopathie in Verbindung gebracht.

In einer fMRT-Untersuchung wurden beispielsweise Sexualstraftäter, bei denen sexueller Sadismus diagnostiziert worden war, mit nicht sadistischen Sexualstraftätern verglichen (Harenski et al. 2012). Während der Darbietung von Bildern mit schmerzhaften Motiven war die Amygdala der sexuellen Sadisten stärker aktiviert als die Amygdala der nicht sadistischen

Probanden. Die Amygdala, eine subkortikale Struktur im medialen Temporallappen, spielt bei der Verarbeitung von emotionalen und motivational salienten Stimuli eine Rolle (Rosell und Siever 2015). Die sexuellen Sadisten schätzten des Weiteren das Schmerzausmaß höher ein und sie zeigten eine positive Korrelation zwischen der Bewertung des Schmerzausmaßes und der Aktivität im Bereich der anterioren Inselrinde. Der anteriore Inselkortex spielt bei der internen Repräsentation von viszeralen Veränderungen, welche mit Emotionen einhergehen, eine Rolle (Uddin et al. 2017). In weiteren, untersuchten Hirnregionen u.a. dem ventralen Striatum (dessen Bestandteil der Nucleus accumbens ist), wurden keine Auffälligkeiten gefunden.

Psychisch kranke Straftäter, die in einer Klinik für Forensische Psychiatrie und Psychotherapie in Ulm untergebracht waren, hatten umso wahrscheinlicher Gewaltdelikte (Tötungsdelikte, Raub, Körperverletzung) begangen, je höher sie ihre appetitive Aggression mittels der AAS eingeschätzt hatten (Dudeck et al. 2016).

Bei psychopathischen vs. nicht-psychopathischen Inhaftierten zeigten sich bei der Darbietung einer Belohnung (Geld) keine Aktivierungsunterschiede im ventralen Striatum (Pujara et al. 2014). Jedoch reagierten inhaftierte Psychopathen umso sensibler auf eine Belohnung, je psychopathischer sie waren: Die Aktivierung im ventralen Striatum war bei inhaftierten Psychopathen bei Erhalt einer Belohnung umso stärker ausgeprägt, je höher ihr Psychopathie-Score war, d.h., die positive Bedeutung einer Belohnung schien mit zunehmender Schwere der Psychopathie zuzunehmen.

Das Konstrukt der Psychopathie kann in zwei Facetten unterteilt werden: einer impulsiv-antisozialen und einer furchtlos-dominanten (Buckholtz et al. 2010). Die impulsiv-antisoziale Dimension bildet vorrangig deviantes Verhalten ab, die furchtlos-dominante emotionale und interpersonelle Charakteristika. Nicht-klinische, inhaftierte Probanden wiesen beim Anschauen von gewalttätigen Videosequenzen eine umso stärkere Aktivität im ventralen Striatum auf, je mehr interpersonelle und affektive Defizite (furchtlos-dominante Facette der Psychopathie) sie besaßen (Decety et al. 2015).

Bei nicht-klinischen Probanden aus der Allgemeinbevölkerung wurde ein positiver Zusammenhang zwischen einer impulsiv-antisozialen Persönlichkeit und einer Hypersensitivität des mesolimbischen Dopaminsystems, speziell des Nucleus accumbens, gefunden, während die Probanden eine Belohnung erwarteten (nicht, wenn sie sie tatsächlich erhielten) (Buckholtz et al. 2010). Die Autoren schlussfolgerten, dass Personen, die dazu

neigen, sich impulsiv-antisozial zu verhalten, motivierter sind, Verhalten zu zeigen, mit dem sie eine Belohnung erreichen (approach behavior). Zudem trennte bei impulsiv-antisozialen Personen die funktionelle Konnektivität zwischen dem ventralen Striatum und frontalen Bereichen zwischen Inhaftierten vs. Nicht-Inhaftierten (Geurts et al. 2016), wonach eine stärkere funktionelle Konnektivität bei den nicht kriminell gewordenen Probanden auf eine stärkere, von frontalen Regionen ausgehende Verhaltenskontrolle hindeutete. Ein belohnungsassoziierter positiver Zusammenhang zwischen der Ausprägung der Antisozialität und der Aktivität des linken ventralen Striatums wurde ebenfalls bei nicht-klinischen Probanden aus der Allgemeinbevölkerung gefunden (Carré et al. 2013), jedoch verschwand dieser Zusammenhang, wenn die Impulsivität der Probanden kontrolliert wurde. Gleichwohl fand sich ein robuster negativer Zusammenhang zwischen der Ausprägung des "sensation seeking" der Probanden und deren Aktivierung im linken ventralen Striatum: Je mehr die Probanden dazu neigten, nach Abwechslung und neuen Erlebnissen zu streben und je risikofreudiger sie waren, desto geringer war ihre belohnungsassozierte Aktivierung im ventralen Striatum. Die Autoren interpretierten die negative Korrelation dahingehend, dass die geringe Aktivität des Belohnungssystems durch Risikoverhalten kompensiert werden könnte. In einer weiteren Stichprobe, die ebenfalls aus nicht-klinischen und nicht inhaftierten Probanden bestand, wurde ein Zusammenhang zwischen dem Betrachten von Gewaltszenen und mesolimbischer Aktivität gefunden (Porges und Decety 2013), was auf appetitive Aggression hindeuten könnte: Jene Probanden, die angaben, MMA-Szenen zu mögen, wiesen beim Betrachten von MMA-Videos eine stärkere funktionelle Konnektivität des Nucleus accumbens mit Regionen auf, die bei der Repräsentation positiver Gefühle und viszeralsomatischer Wahrnehmungen involviert sind (anteriorer cingulärer Kortex, anteriorer Inselkortex).

Der Promovendin ist zum Zeitpunkt der Verschriftlichung der vorliegenden Dissertation keine Studie bekannt, die explizit hirnfunktionelle Korrelate der appetitiven Aggression bei nicht-klinischen Probanden aus der Allgemeinbevölkerung mittels (f)MRT untersucht hat, so dass dies Gegenstand der vorliegenden Promotion ist.

1.4 Eigene Voruntersuchungen

In einer Pilotstudie (Schöne et al. 2019) wurden $n=16$ Kampfsportlern und $n=24$ Kontrollprobanden (männlich, ohne psychiatrische oder neurologische Vorerkrankung)

gewalttätige vs. neutrale Bilder dargeboten. Beim Betrachten der Gewaltbilder zeigten die Kampfsportler eine höhere Aktivierung in der linken Amygdala. Dies kann dahingehend interpretiert werden, dass die Gewaltbilder bei den Kampfsportlern, d.h. hedonistisch gewaltaffinen Individuen, eine höhere Salienz (Auffälligkeit, Anreiz) aufwiesen. Je aggressiver die Kampfsportler sich einschätzten (erhoben durch den FAF, einem Selbstbeurteilungsfragebogen zur Erfassung von Aggressivitätsfaktoren (Hampel und Selg 1998)), umso geringer war ihre Aktivierung in der linken Amygdala beim Betrachten von Gewaltbildern. Die inverse Korrelation könnte nahe legen, je aggressiver Kampfsportler sind, umso häufiger suchen sie im Alltag aggressive Situationen auf (z.B. umso häufigere Teilnahme an Trainingseinheiten) und umso mehr gewöhnen sie sich an solche Szenen. Die Habituation an Gewalt könnte sich neurobiologisch durch eine Herunterregulierung der Aktivität der Amygdala abbilden.

In einer weiteren Pilotstudie (Breitschuh et al. 2018) wurden $n=21$ Kampfsportler und $n=26$ Kontrollprobanden (männlich, ohne psychiatrische oder neurologische Vorerkrankung) hinsichtlich struktureller Unterschiede untersucht. Je aggressiver sich die Kampfsportler einschätzten (FAF), umso geringer war die Konzentration der grauen Substanz im linken Temporalpol. Für die Kontrollprobanden fand sich eine konträre Korrelation: Je aggressiver sie sich einschätzten, umso höher war die Konzentration der grauen Substanz im linken Temporalpol. Der linke Temporalpol spielt eine Rolle bei der Emotions- bzw. Aggressionskontrolle und der Bedrohungsbeurteilung. Das Ergebnis könnte bedeuten, dass aggressivere Kontrollprobanden verstärkt kognitiv ihre Aggressivität hemmen (Top-down-Kontrolle). Die geringere Konzentration bei aggressiveren Kampfsportlern könnte auf ausgeprägte, durch Kampfsport trainierte Fähigkeiten zur Selbstkontrolle hindeuten.

1.5 Hypothesen

Aufbauend auf dem Postulat, dass visuelle Gewaltperzeption bei hedonistisch gewaltaffinen Individuen (Kampfsportler) einen stärkeren Belohnungseffekt hat als bei weniger hedonistisch gewaltaffinen Individuen (Kontrollprobanden), werden für die vorliegende Promotionsarbeit folgende Hypothesen formuliert:

- (1) Nullhypothese (H_0): Kampfsportler und Kontrollprobanden zeigen beim Betrachten von Gewaltbildern im Mittel keine unterschiedliche Aktivierung im Nucleus accumbens. Neben der Gruppenzugehörigkeit hat auch die hedonistische Gewaltaffinität keinen Einfluss auf die Aktivierung im Nucleus accumbens.

(2) Alternativhypothese (H1): Kampfsportler und Kontrollprobanden zeigen beim Betrachten von Gewaltbildern im Mittel unterschiedliche Aktivierungen im Nucleus accumbens. Ebenso zeigt der Nucleus accumbens in Abhängigkeit der hedonistischen Gewaltaffinität der Probanden unterschiedliche Aktivierungen.

Konkret zeigen Kampfsportler beim Betrachten von Gewaltbildern eine stärkere Aktivierung im Nucleus accumbens als Kontrollprobanden. Zudem ist der Nucleus accumbens umso stärker aktiviert, je hedonistisch gewaltaffiner die Probanden sind.

2. Material und Methoden

2.1 Stichprobe

Die Ausgangsstichprobe bestand aus $n=30$ Kampfsportler und $n=33$ Kontrollprobanden ohne Vorerfahrung in der Praktizierung von Kampfsport. Es wurden ausschließlich männliche Probanden untersucht, da physische Gewalt überwiegend ein männliches Phänomen ist (Möller-Leimkühler und Bogerts 2013). Alle Probanden waren Rechtshänder, zwischen 18 und 50 Jahren alt und litten an keiner psychiatrischen oder neurologischen Erkrankung. Die Kampfsportler wurden über Aushänge in Magdeburg (z.B. in Sporthallen), Aufrufen im Internet (z.B. im Bereich der sozialen Medien wie Facebook) und persönliche Kontakte rekrutiert. Da es viele verschiedene Kampfsportarten mit verschiedenen Techniken und Philosophien gibt (z.B. vorrangig auf Selbstverteidigung basierend ohne Angriffstechniken), wurden nur jene Kampfsportdisziplinen eingeschlossen, bei denen der Aspekt des „kata“ (formalisierte Übungen) nachrangig und stattdessen „kumite“ (technische Instruktionen, Drill, Sparring) von zentraler Bedeutung ist sowie die einen kompetitiven Charakter besitzen (Vertonghen et al. 2014). Beispielsweise wurden keine Sportler eingeschlossen, die Aikido praktizierten, da bei Aikido weder Elemente von „kata“ vorhanden sind noch Wettkämpfe durchgeführt werden.

Der Stichprobenumfang reduzierte sich zunächst auf $n=25$ Kampfsportler und $n=30$ Kontrollprobanden aufgrund des Ausschlusses jener Probanden, die zu große Bewegungsartefakte während der hirnfunktionellen Messungen aufwiesen (siehe 2.5 Analyse der (f)MRT Daten). Im Verlauf wurden weitere $n=5$ Kampfsportler und $n=4$ Kontrollprobanden ausgeschlossen, da deren Aktivierungen im Nucleus accumbens sich als Ausreißer erwiesen (siehe 3. Ergebnisse), so dass die Ergebnisse der hiesigen Arbeit letztlich

auf einem Stichprobenumfang von $n=20$ Kampfsportler und $n=26$ Kontrollprobanden basieren. Die $n=20$ Kampfsportler praktizierten vor der Untersuchung durchschnittlich 11 ± 7 Jahre Kampfsport und $n=16$ hatten an Wettkämpfen teilgenommen. Einige Kampfsportler praktizierten mehrere Kampfsportarten; im Folgenden ist jene genannt, die der Proband am längsten ausgeübt hat: $n=5$ Muay Thai, $n=4$ Karate, $n=3$ Kickboxen, $n=3$ Boxen, $n=2$ Ringen, $n=1$ MMA, $n=1$ Taekwondo, $n=1$ Judo.

2.2 Messinstrumente

Nachdem die Probanden von der Promovendin mündlich über die Untersuchung aufgeklärt worden waren (Ziele der Untersuchung, Ablauf, anonymisierte Verarbeitung sowie vertraulicher Umgang mit den Daten usw.), lasen sie zusätzlich die Probandeninformation, welche diese Informationen noch einmal zusammenfasste. Anschließend erklärten die Probanden schriftlich ihr Einverständnis zur Teilnahme an der Untersuchung. Ab dem 25.05.2018 unterschrieben die Probanden zudem eine ergänzende Information gemäß der Europäischen Datenschutz-Grundverordnung.

Die MRT-Tauglichkeit wurde mittels eines standardisierten Fragebogens gewährleistet (siehe Anlage A). Der Fragebogen wurde von der Klinik für Neurologie der Otto-von-Guericke Universität Magdeburg bereitgestellt. Mit dessen Hilfe wurden potentielle Kontraindikationen wie z.B. das Tragen von Metallimplantaten, ein Anfallsleiden oder das Vorhandensein eines Tinnitus' ausgeschlossen. Alle Probanden füllten außerdem ein Stammdatenblatt aus, was demografische Daten, Vorerfahrungen mit Kampfsport und Aktivitäten in der Fußballszene erfasste (Anlage B). Die Händigkeit der Probanden wurde mithilfe des Edinburgher Händigkeitsinventars (EHI) (Oldfield 1971) erhoben. Dies ist ein aus 10 Items bestehender Fragebogen, bei dem die Probanden angeben, ob sie vorzugsweise die linke oder rechte Hand für bestimmte Tätigkeiten nutzen, z.B. beim Schreiben oder beim Abnehmen eines Deckels von einer Schachtel. Zum Ausschluss von Persönlichkeitsstörungen fand das Strukturierte klinische Interview für Achse-II-Störungen (SKID-II) des DSM-IV (Fydrich et al. 1997) Anwendung. Hierbei wurde den Probanden zunächst ein Fragebogen vorgelegt, der aus 117 Items bestand, die sich auf Gefühle, Einstellungen und Verhaltensweisen der Probanden bezogen, z.B. „Vermeiden Sie berufliche Aufgaben oder Aufträge, bei denen Sie mit vielen Menschen zu tun haben?“. Der Proband kreuzte jeweils an, ob das Item auf ihn zutraf oder nicht. Mehrere Items wurden zu einer Skala, d.h. einer Persönlichkeitsstörung,

zusammengefasst. Erreichte der Proband auf einer Skala einen bestimmten Summenwert, führte die Promovendin mit dem Probanden zusätzlich ein halbstrukturiertes Interview durch, um die entsprechenden Items hinsichtlich der Intensität der Ausprägung nach zu explorieren und eine Persönlichkeitsstörung auszuschließen. Zum Ausschluss weiterer psychiatrischer Erkrankungen fand die "Brief psychiatric rating scale" (BPRS) (Overall und Gorham 1962) Anwendung. Diese bestand aus 18 Items, welche psychopathologische Auffälligkeiten repräsentierten und deren Ausprägungsgrad die Promovendin in Form eines halbstrukturierten Interviews auf einer Skala von 1 (nicht vorhanden) bis 7 (extrem stark) beurteilte. Der Summenwert diente als Maß für die, laut Manual, „psychische Gestörtheit“. Zur Erhebung der intellektuellen Fähigkeiten wurden zur Erfassung der fluiden Intelligenz (logisch-abstraktes Denkvermögen) der LPS-3 (Untertest 3: Erkennen von Gesetzmäßigkeiten, aus dem Leistungsprüfsystem) (Horn 1983) sowie zur Erfassung der verbalen Intelligenz der MWT-B (Mehrfachwahl-Wortschatz-Intelligenztest, Version B) (Lehrl 2005) durchgeführt. Der LPS-3 bestand aus 40 Zeilen mit je 8 Symbolen, wobei ein Symbol aufgrund einer Gesetzmäßigkeit nicht zu den anderen 7 passte. Der Proband sollte in jeder Zeile das falsche Symbol finden und durchstreichen, wofür er 5 Minuten Zeit hatte. Der MWT-B bestand aus 37 Zeilen mit je 5 aneinandergereihten Buchstabenreihen, wobei nur eine Buchstabenreihe ein Wort bildete. Der Proband sollte in jeder Zeile dieses finden und unterstreichen, wobei es keine Zeitbegrenzung gab. Des Weiteren füllten alle Probanden die "Appetitive and facilitative aggression scale" (AFAS) aus (Anlage C). Dieser Fragebogen bestand aus 30 Items; 15 Items bildeten die Skala erleichternde (facilitative) Aggression, die restlichen 15 Items die Skala appetitive Aggression. Mit dem Summenwert der appetitiven Aggressionsskala wurde in der vorliegenden Arbeit die hedonistische Gewaltaffinität abgebildet. Für die AFAS wurden bisher noch keine Normen veröffentlicht. Nach Rücksprache der Promovendin mit Prof. Dr. Weierstall-Pust, der mit Kollegen die AFAS entwickelt hat, darf der Fragebogen für die vorliegende Dissertation genutzt werden. Ergänzend wurde den Kampfsportler ein Fragebogen vorgelegt, auf dem sie angaben, aufgrund welcher Motive sie Kampfsport betrieben (Anlage D). Der Fragebogen enthielt 17 Items bzw. Motive, wobei die Kampfsportler jeweils auf einer Skala von 1 (Motiv trifft gar nicht zu) bis 5 (Motiv trifft sehr zu) ankreuzten, wie ausgeprägt das Item auf sie zutraf. Zusätzlich konnten die Kampfsportler weitere, nicht vorgeschlagene Motive hinschreiben. Um die Wahrscheinlichkeit zu minimieren, dass mögliche Unterschiede zwischen den Gruppen (Kampfsportler vs. Kontrollprobanden) auf Alter oder intellektuelle Fähigkeiten zurückzuführen sind, sollten beide Stichproben angepasst sein: Mit dem *t*-Test für

unabhängige Stichproben wurde jeweils geprüft, ob sich beide Gruppen hinsichtlich ihres Alters sowie hinsichtlich ihrer intellektuellen Fähigkeiten (LPS-3, MWT-B) unterschieden. Um zu veranschaulichen, ob sich beide Gruppen in dem Ausmaß, wie angenehm sie Gewalt generell empfinden (AFAS), unterschieden, wurde der für nicht-parametrische Daten indizierte Mann-Whitney-*U*-Test gerechnet. Mit dem *t*-Test für unabhängige Stichproben wurde untersucht, ob sich Kampfsportler und Kontrollprobanden in ihrer mittleren Aktivierung je im linken und rechten Nucleus accumbens unterschieden.

Im MRT hatten die Probanden die Aufgabe, neutrale und gewalttätige Bilder nach dem Ausmaß der Gewalttätigkeit (Skala 1) und nach dem Ausmaß der positiven Wahrnehmung (Skala 2) zu bewerten (für eine genaue Beschreibung des Paradigmas siehe den folgenden Abschnitt 2.3 Paradigma). Ob sich beide Gruppen hinsichtlich der Bewertung der Gewaltbilder unterschieden, wurde jeweils mit dem *t*-Test für unabhängige Stichproben geprüft.

Eine deskriptive Statistik der beiden Gruppen ist im Ergebnisteil in Tabelle 1 gegeben.

Um zu veranschaulichen, aufgrund welcher Motive die Probanden Kampfsport betrieben, wurden der Mittelwert (\bar{x}), die Standardabweichung (*sd*), der Median (*Mdn*), das erste (*Q1*) und dritte Quartil (*Q3*) sowie der Interquartilsabstand (*IQA*) der einzelnen Motive berechnet.

2.3 Paradigma

Im Scanner liegend sahen die Probanden zunächst eine 2 Minuten (min) und 37 Sekunden (s) andauernde Sequenz aus dem Film "The wanderers" (1979), die eine Massenschlägerei zeigt. Anschließend wurde die Instruktion (Anlage E) schriftlich dargeboten. Nachdem der Versuchsleiter nach etwa einer Minute eine Taste drückte, erschien für 2 s ein Fixationskreuz. Dann sah der Proband für 2 s (Expositionszeit) entweder ein gewalttätiges (z.B. 2 Männer treten auf einen am Boden liegenden Mann ein) oder ein neutrales Bild (z.B. 4 Männer beladen einen Transporter mit Umzugskartons). Es folgte ein Interstimulusintervall (ISI) in Form eines schwarzen Bildschirms, dessen Dauer randomisiert gejittert wurde, d.h. zufällig zwischen 4 s bis maximal 10 s variierte. Anschließend (Reaktionsphase 1) erschien eine sechsstufige Likert-Skala, mit deren Hilfe der Proband per Tastendruck einschätzte, wie gewalttätig er das Bild empfunden hatte (von 1 = überhaupt nicht gewalttätig bis 6 = extrem gewalttätig). Für die Antwort gab es keine Begrenzung der Reaktionszeit. Nach dem Tastendruck erschien eine zweite (Reaktionsphase 2) ebenfalls sechsstufige Likert-Skala; hier antwortete der Proband via Tastendruck, wie angenehm er das Bild empfunden hatte (von 1 =

überhaupt nicht angenehm bis 6 = sehr angenehm). Nach dem Tastendruck erschien wieder das Fixationskreuz und der nächste Durchgang begann. Abbildung 1 visualisiert einen gewalttätigen und einen neutralen Durchgang.

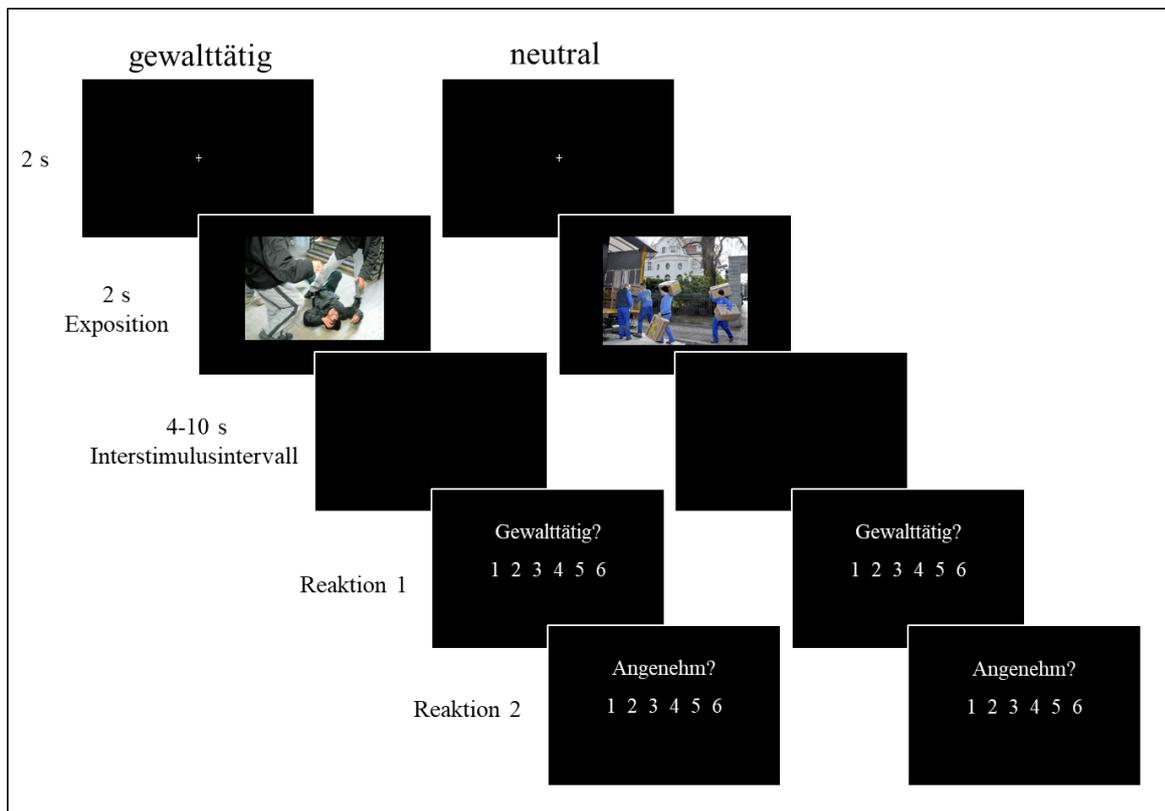


Abbildung 1: Exemplarische Darstellung zweier Durchgänge des Paradigmas. Links ist ein Durchgang mit einem gewalttätigen und rechts ein Durchgang mit einem neutralen Bild dargestellt (s = Sekunden).

Insgesamt durchliefen die Probanden 60 Durchgänge mit 30 gewalttätigen und 30 neutralen Bildern. Ein Durchgang dauerte maximal 24 s, so dass die Durchführungszeit dieses Paradigmas, je nach Reaktionszeit des Probanden, in etwa 25 min in Anspruch nahm.

Vorab wurden insgesamt 38 gewalttätige und 40 neutrale Bilder von einer unabhängigen Stichprobe aus der Allgemeinbevölkerung ($N=30$, männlich, mindestens 18 Jahre alt, keine Vorerfahrung in der Praktizierung von Kampfsport) hinsichtlich Gewalttätigkeit (von 1 = überhaupt nicht gewalttätig bis 6 = extrem gewalttätig) und positiver Wahrnehmung des Bildes (von 1 = überhaupt nicht angenehm bis 6 = sehr angenehm) bewertet. Anschließend wurde über die 38 gewalttätigen und über die 40 neutralen Bilder hinweg der Mittelwert (und

die Standardabweichung) der Skala Gewalttätigkeit sowie der Skala der positiven Wahrnehmung berechnet. Für die vorliegende Studie wurden jene 30 gewalttätigen Bilder ausgewählt, die die höchsten Mittelwerte auf der Skala Gewalttätigkeit aufwiesen. Darüber hinaus wurden jene 30 neutralen Bilder ausgewählt, die die geringsten Mittelwerte auf der Skala der positiven Wahrnehmung besaßen.

2.4 Akquisition der (f)MRT Daten

Der Erhebungszeitraum erstreckte sich vom 07.06.2017 bis 11.07.2019.

Die MRT-Bilder wurden mithilfe eines 3 Tesla MRT Scanners Prisma der Firma Siemens (MAGNETOM Prisma, Syngo MR D13D; Siemens, Erlangen, Deutschland) mit einer 64-Kanal Kopfspule an der Neurologischen Universitätsklinik der Otto-von-Guericke Universität Magdeburg erfasst. Alle Probanden erhielten Ohrstöpsel als Lärmschutz und wurden mit speziellen Kissen und auf einer Tempurmatte gelagert.

Das strukturelle Bild wurde als "whole brain", T1-gewichtet, dreidimensional (MPRAGE) mit einer isotropen Auflösung von 1 mm gemessen. Mit der 3D-Sequenz wurden 192 sagittale Schichten von rechts nach links aufgenommen. Das "Field of View" (FOV) betrug zum einen 256 x 256 mm² in der Schicht AP (anterior zu posterior) und FH (Fuß zu Kopf) und zum anderen 192 mm in RL (rechts nach links). Daraus resultierte eine Bildmatrix von 256 x 256 x 192. Die Messparameter waren: TR = 2500 ms, TE = 2,82 ms, TI = 1100 ms, Flipwinkel 7 Grad, keine parallele Bildgebung. Die Messzeit der strukturellen Aufnahme betrug 9 min und 20 s.

Zur Erfassung des "Blood Oxygenation Level Dependent" (BOLD) Kontrasts für die funktionellen Bilder wurde das Echo Planar Imaging (EPI, T2*-gewichtete Gradienten Echo Imaging) mit den folgenden Parametern genutzt: TR = 2000 ms, TE = 30 ms, Flipwinkel = 80 Grad, Matrix 106 x 106 x 64, FOV 212 x 212 mm², Voxelgröße 2 x 2 x 2 mm³, parallele Bildgebung (PAT = 2). Es wurden 64 axiale Schichten mit einem Schichtabstand von 10% der Schichtdicke (0,2 mm), die entlang einer Linie von der anterioren zur posterioren Kommissur ausgerichtet waren, gemessen. Es wurde eine Multiband beschleunigte EPI-Sequenz verwendet, die vom "Center for Magnetic Resonance Research of the University of Minnesota" zur Verfügung gestellt wurde. Mit dieser Sequenz lassen sich mehrere Schichtblöcke simultan messen, es wurde ein Beschleunigungsfaktor von 2 verwendet. Aufgrund des Aufbaus der Aufgabe (siehe 2.3 Paradigma) variierte die Messzeit von Proband

zu Proband und entsprechend auch die Volumenanzahl. Die Messzeit betrug in der Regel etwa 25 min bei etwa 500 Volumen.

2.5 Analyse der (f)MRT Daten

Die Datenanalyse erfolgte mithilfe von MATLAB R2015b (The Mathworks Inc. 2015) und SPM12 (Wellcome Centre for Human Neuroimaging, Institute of Neurology, UCL 2014). Zunächst wurden die Daten in der folgenden Reihenfolge vorverarbeitet (preprocessing):

- Akquisitionszeitkorrektur (slice timing). Die Schichten wurden in folgender Reihenfolge gemessen: 1, 33, 16, 48, 31, 63, 14, 46, 29, 61, 12, 44, 27, 59, 10, 42, 25, 57, 8, 40, 23, 55, 6, 38, 21, 53, 4, 36, 19, 51, 2, 34, 17, 49, 32, 64, 15, 47, 30, 62, 13, 45, 28, 60, 11, 43, 26, 58, 9, 41, 24, 56, 7, 39, 22, 54, 5, 37, 20, 52, 3, 35, 18, 50. Es wurden immer 2 aufeinander folgende Schichten gleichzeitig gemessen.
- Bewegungskorrektur (realignment): Angewandt wurde die “rigid-body“ Methode, d.h., es wurden 6 Parameter bestimmt, welche die Transformation des jeweiligen funktionellen Bild auf das Referenzbild (hier: gemittelttes funktionelles Bild) beschrieben. Von der weiteren Analyse ausgeschlossen wurden jene Probanden, bei denen mindestens einer der 6 Parameter $\leq -2,5$ mm bzw. $\geq 2,5$ mm (Translation) oder $\leq -2,5^\circ$ bzw. $\geq 2,5^\circ$ (Rotation) war.
- Koregistrierung (coregistration): Bilder verschiedener Modalitäten (strukturell und funktionell) wurden gleichermaßen ausgerichtet.
- Normalisierung (normalisation): Die Bilder wurden mithilfe von MNI templates, die von SPM12 bereitgestellt wurden, in einen standardisierten Raum überführt.

Da im Folgenden eine “Region of Interest“ (ROI) Analyse gerechnet wurde, wurden die Bilder im Rahmen der Vorverarbeitung nicht räumlich geglättet (smoothing) (Alakörkkö et al. 2017). Anschließend wurde für jeden Probanden ein allgemeines lineares Modell erster Ordnung (first level) über das gesamte Gehirn (whole brain) mit den zwei Regressoren gewalttätige und neutrale Bilder, einem 128 sekundigen Hochpassfilter und der Funktion einer hämodynamischen Antwort (HRF, Hemodynamic Response Function) modelliert, d.h., die BOLD-Antwort als Folge der dargebotenen Stimuli (Bilder) wurde durch „Faltung“ der hämodynamischen Antwort modelliert. Für die ROI Analyse wurden mithilfe des Hammers Atlas‘ (Gousias et al. 2008; Hammers et al. 2003) die Koordinaten für den linken ($x=-8,08$;

y=8,38; z=-9,01; 151 Voxel) und rechten Nucleus accumbens (x=9,38; y=9,29; z=-8,42; 139 Voxel) extrahiert, mit deren Hilfe wiederum anatomische Masken für diese zwei Regionen erstellt wurden (Abbildung 2).

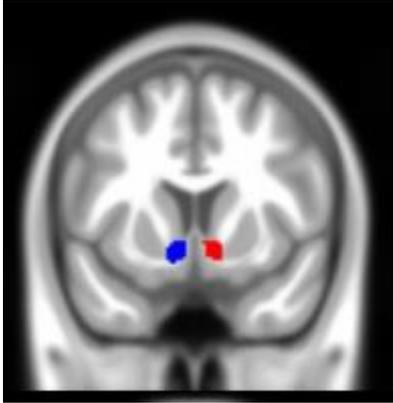


Abbildung 2: Anatomische Abgrenzung des linken (rot) und rechten (blau) Nucleus accumbens in der koronaren Schnittebene.

Mithilfe der Toolbox REX (Response Exploration) (Duff et al. 2007) und den anatomischen Masken wurden anschließend die Kontrastwerte für den Kontrast gewalttätige > neutrale Bilder (d.h. stärkere Aktivierung bei Darbietung der Gewaltbilder im Vergleich zur Darbietung der neutralen Bilder) für die beiden ROIs pro Proband gemittelt. So ergaben sich für jeden Probanden je ein mittlerer Aktivierungswert für den linken und ein mittlerer Aktivierungswert für den rechten Nucleus accumbens. Diese Daten wurden in SPSS 24 (Statistical Package for the Social Sciences, Version 24) (IBM Corp. Released 2016) übertragen.

Um Gruppenvergleiche rechnen zu können, wurde nun ein lineares gemischtes Modell (Linear Mixed-Effects Model) mit SPSS gerechnet (second level) (IBM Corp. 2017; SPSS Inc. 2005). Lineare gemischte Modelle sind eine Erweiterung der allgemeinen linearen Modelle (General Linear Model, GLM). Sie sind voraussetzungsärmer, da sie mit Daten rechnen können, die korreliert sind oder ungleiche Varianzen haben. Die Berechnungen linearer gemischter Modelle basieren auf der Maximum-Likelihood-Methode, jene von GLMs demgegenüber auf der Varianzanalyse. Bei linearen gemischten Modellen wird ein linearer Zusammenhang zwischen der abhängigen und den unabhängigen Variablen angenommen. Weitere Voraussetzungen sind, dass die abhängige Variable quantitativ ist und aus einer Normalverteilung stammt sowie dass die Faktoren kategorial und die Kovariaten quantitativ

sind. Zur Überprüfung auf Normalverteilung von Verteilungen wurde der Kolmogorov-Smirnov-Test angewandt (Bortz und Weber 2005, S. 165).

Als Subjekte, d.h. Beobachtungseinheiten, wurde die ID (Identifikator, anonymisiert) der Probanden genutzt. Als Variable, die die Messwiederholung kennzeichnet, wurde die Hemisphäre mit 2 Stufen (linker Nucleus accumbens, rechter Nucleus accumbens) definiert. Als Faktoren gingen die Gruppe mit 2 Stufen (Kampfsportler, Kontrollen) und die Hemisphäre mit ebenfalls 2 Stufen ein. Der AFAS-Wert wurde als Kovariate in das Modell aufgenommen. Die mittlere Aktivierung im linken und rechten Nucleus accumbens während des Betrachtens von Gewalt- minus neutralen Bildern fungierte als abhängige Variable. Die beiden Faktoren und die Kovariate fungierten als unabhängige Variablen. Mit Hilfe des Modells wurden in Form von festen Effekten die 3 Haupteffekte der unabhängigen Variablen und deren Interaktionseffekte (Gruppe*Hemisphäre, Gruppe*AFAS, Hemisphäre*AFAS, Gruppe*Hemisphäre*AFAS) auf die abhängige Variable untersucht. Das heißt, dass der Einfluss der Gruppenzugehörigkeit, der Hemisphäre und des AFAS-Wertes sowie deren Interaktionen auf die Aktivierungen im linken und rechten Nucleus accumbens untersucht wurden. Die statistische Überprüfung der Effekte erfolgte mit Hilfe von *F*-Tests, wobei das Signifikanzniveau auf 95% ($\alpha=0,050$) festgesetzt wurde. Eine Bonferroni-Korrektur (FWE-Korrektur, "Family-Wise Error Rate") aufgrund einer Alpha-Fehler-Kumulierung war nicht nötig, da kein Faktor mehr als 2 Stufen besaß. Bei einem signifikanten Ergebnis wurde per Sichtung der Daten die Direktionalität des Effekts geprüft. Bivariate Korrelationen zwischen dem ordinalskalierten AFAS-Wert und den intervallskalierten Aktivierungen im Nucleus accumbens wurden mit der Rangkorrelation nach Spearman berechnet (Bortz und Weber 2005, S. 232).

3. Ergebnisse

3.1 Charakteristika der Stichprobe

Die Ausgangsstichprobe bestand aus $n=30$ Kampfsportler und $n=33$ Kontrollprobanden. Von der weiteren Analyse wurden zunächst $n=5$ Kampfsportler und $n=3$ Kontrollprobanden ausgeschlossen, da die Bewegungskorrektur (realignment) der bildgebenden Daten dieser Probanden ergab, dass mindestens einer der 6 Bewegungsparameter $\leq -2,5$ mm bzw. $\geq 2,5$ mm (Translation) oder $\leq -2,5^\circ$ bzw. $\geq 2,5^\circ$ (Rotation) war. Anschließend wurde für die verbliebenen Probanden beider Gruppen je ein Boxplot über die Aktivierungen im linken und

rechten Nucleus accumbens (abhängige Variablen) erstellt, um Ausreißer zu extrahieren und folglich zu eliminieren. Als milde Ausreißer sind jene Werte definiert, die außerhalb des eineinhalbfachen Bereiches des Interquartilsabstandes liegen; als extreme Ausreißer gelten jene Werte, die sich außerhalb des dreifachen Bereiches des Interquartilsabstandes befinden (Bortz und Weber 2005, S. 40). Der Interquartilsabstand reicht vom ersten bis zum dritten Quartil und umfasst die mittleren 50% der Daten. Wie aus den Abbildungen 3 und 4 hervorgeht, wurden $n=5$ Kampfsportler (hier mit den Nummerierungen 34, 35, 42, 44 und 51 gekennzeichnet) und $n=4$ Kontrollprobanden (Nummerierungen 9, 10, 22 und 27) als Ausreißer identifiziert und von der weiteren Analyse ausgeschlossen.

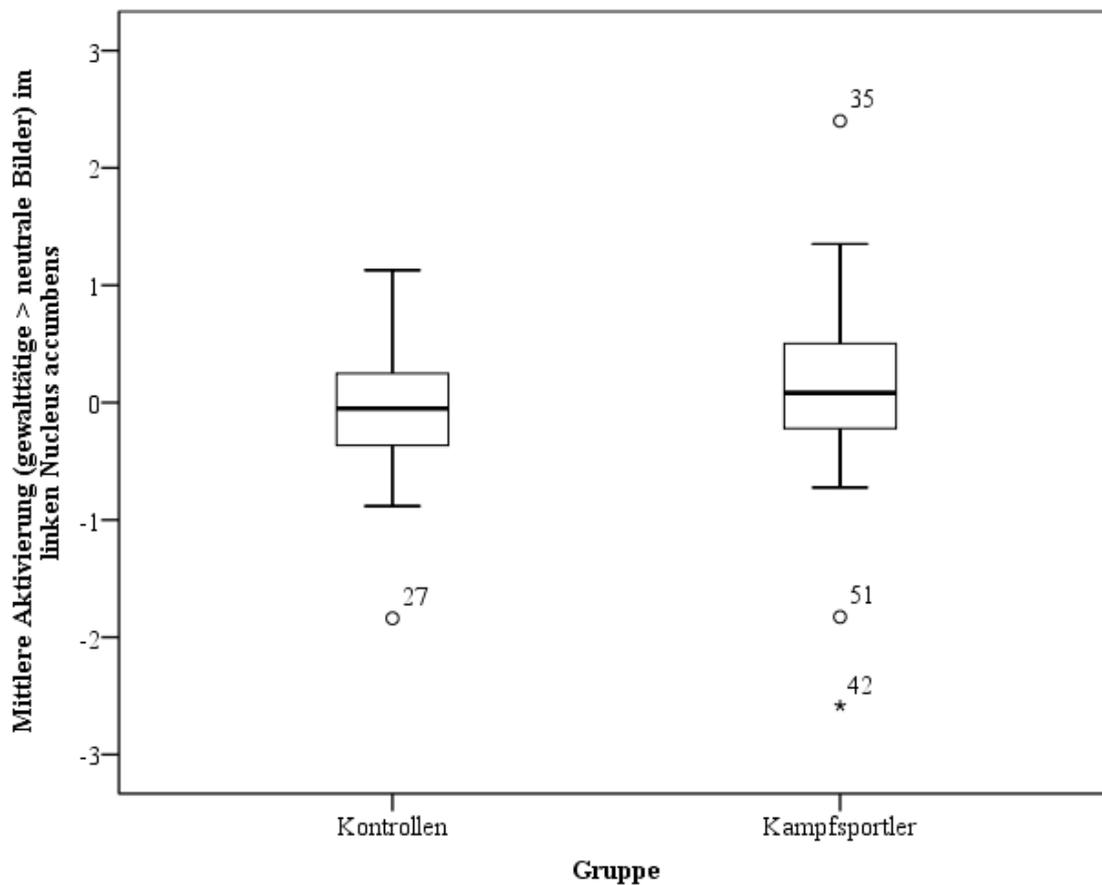


Abbildung 3: Boxplots der mittleren Aktivierungswerte im linken Nucleus accumbens (y-Achse) je Gruppe (x-Achse). Die Box markiert den Interquartilsabstand, d.h. die mittleren 50% der Daten, die sich im Bereich des ersten bis dritten Quartils befinden. Der waagerechte Strich in der Box markiert den Median. Die untere Antenne markiert den kleinsten und die obere den größten Datenwert inklusive der Ausreißer (° = milder Ausreißer, * = extremer Ausreißer).

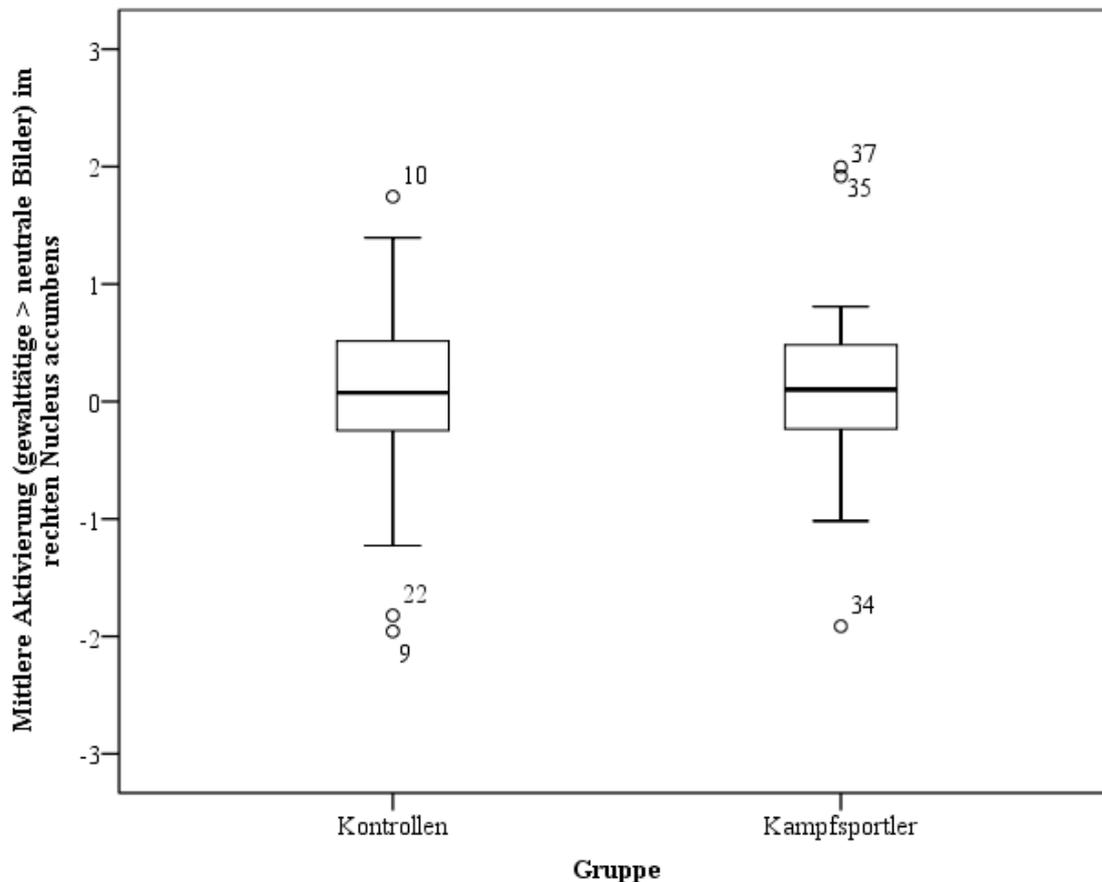


Abbildung 4: Boxplots der mittleren Aktivierungswerte im rechten Nucleus accumbens (y-Achse) je Gruppe (x-Achse). Die Box markiert den Interquartilsabstand, d.h. die mittleren 50% der Daten, die sich im Bereich des ersten bis dritten Quartils befinden. Der waagerechte Strich in der Box markiert den Median. Die untere Antenne markiert den kleinsten und die obere den größten Datenwert exklusive der Ausreißer (° = milder Ausreißer, * = extremer Ausreißer).

Somit gingen $n=20$ Kampfsportler und $n=26$ Kontrollprobanden in die weitere Analyse ein. Beide Gruppen unterschieden sich nicht signifikant hinsichtlich ihres Alters (t -Test für unabhängige Stichproben, $t(44)=0,063$, $p=0,950$; Kampfsportler: $27,4\pm 8,4$ Jahre; Kontrollprobanden: $27,5\pm 6,9$ Jahre). Ebenso unterschieden sie sich nicht signifikant hinsichtlich ihrer intellektuellen Fähigkeiten, d.h. weder hinsichtlich der fluiden Intelligenz (t -Test für unabhängige Stichproben, $t(44)=0,576$, $p=0,568$; Kampfsportler: $116,050\pm 11,038$; Kontrollprobanden: $117,730\pm 8,775$) noch hinsichtlich der verbalen Intelligenz (t -Test für unabhängige Stichproben, $t(44)=-1,445$, $p=0,155$; Kampfsportler: $107,950\pm 11,673$; Kontrollprobanden: $103,850\pm 7,540$). Bei einem IQ-Mittelwert von 100 Punkten und einer Standardabweichung von 15 Punkten wiesen beide Gruppen eine knapp überdurchschnittliche

fluide Intelligenz und eine der Norm entsprechende verbale Intelligenz auf. Beide Gruppen waren hinsichtlich ihres Alters und ihrer Intelligenz angepasst.

Die Kampfsportler beschrieben eine hochsignifikant höhere hedonistische Gewaltaffinität (Mann-Whitney-*U*-Test, $Z=-3,193$, $p=0,001$; Kampfsportler: $11,050\pm 8,882$, $Mdn=8,000$, $Q1=5,250$, $Q3=18,250$, $IQA=13,000$; Kontrollprobanden: $4,380\pm 3,971$, $Mdn=4,000$, $Q1=1,000$, $Q3=6,000$, $IQA=5,000$). Beide Gruppen unterschieden sich beim Betrachten von Gewaltbildern nicht in ihrer mittleren Aktivierung im linken Nucleus accumbens (*t*-Test für unabhängige Stichproben, $t(44)=-1,002$, $p=0,322$; Kampfsportler: $0,181\pm 0,544$; Kontrollprobanden: $0,029\pm 0,482$) ebenso wenig wie im rechten Nucleus accumbens (*t*-Test für unabhängige Stichproben, $t(44)=1,333$, $p=0,189$; Kampfsportler: $0,016\pm 0,452$; Kontrollprobanden: $0,196\pm 0,588$). Beide Gruppen bewerteten das Ausmaß der Gewalttätigkeit der Gewaltbilder nicht unterschiedlich (*t*-Test für unabhängige Stichproben, $t(44)=0,505$, $p=0,616$; Kampfsportler: $4,542\pm 0,824$; Kontrollprobanden: $4,662\pm 0,781$). Jedoch nahmen die Kampfsportler die Gewaltbilder signifikant positiver wahr als die Kontrollprobanden (*t*-Test für unabhängige Stichproben, $t(44)=-2,423$, $p=0,020$; Kampfsportler: $1,816\pm 0,648$; Kontrollprobanden: $1,424\pm 0,449$).

Die folgende Tabelle fasst die Charakteristika der Stichprobe zusammen.

Tabelle 1: Deskriptive Statistiken der Stichprobe (\bar{x} =Mittelwert, sd =Standardabweichung, Mdn =Median, $Q1$ =erstes Quartil, $Q3$ =drittes Quartil, IQA =Interquartilsabstand, p =Signifikanzlevel, IQ=Intelligenzquotient, LPS-3=Untertest 3 aus dem Leistungsprüfsystem, MWT-B=Version B des Mehrfachwahl-Wortschatz-Intelligenztests, AFAS=Appetitive and Facilitative Aggression Scale, $*$ = $p \leq 0,050$, $**$ = $p \leq 0,010$).

	Kampfsportler ($n=20$)	Kontrollprobanden ($n=26$)	Teststatistik
Alter (in Jahren)	$\bar{x}=27,400$ $sd=8,369$	$\bar{x}=27,540$ $sd=6,592$	$t(44)=0,063, p=0,950$
IQ der fluiden Intelligenz (LPS-3)	$\bar{x}=116,050$ $sd=11,038$	$\bar{x}=117,730$ $sd=8,775$	$t(44)=0,576, p=0,568$
IQ der verbalen Intelligenz (MWT-B)	$\bar{x}=107,950$ $sd=11,673$	$\bar{x}=103,850$ $sd=7,540$	$t(44)=-1,445, p=0,155$
AFAS (hedonistische Gewaltaffinität)	$Mdn=8,000$ $Q1=5,250$ $Q3=18,250$ $IQA=13,000$ $\bar{x}=11,050$ $sd=8,882$	$Mdn=4,000$ $Q1=1,000$ $Q3=6,000$ $IQA=5,000$ $\bar{x}=4,380$ $sd=3,971$	$Z=-3,193, p=0,001^{**}$
Aktivierung im linken Nucleus accumbens	$\bar{x}=0,181$ $sd=0,544$	$\bar{x}=0,029$ $sd=0,482$	$t(44)=-1,002, p=0,322$
Aktivierung im rechten Nucleus accumbens	$\bar{x}=-0,016$ $sd=0,452$	$\bar{x}=0,196$ $sd=0,588$	$t(44)=1,333, p=0,189$
Gewalttätigkeit der Gewaltbilder	$\bar{x}=4,542$ $sd=0,824$	$\bar{x}=4,662$ $sd=0,781$	$t(44)=0,505, p=0,616$
positive Wahrnehmung der Gewaltbilder	$\bar{x}=1,816$ $sd=0,648$	$\bar{x}=1,424$ $sd=0,449$	$t(44)=-2,423, p=0,020^{*}$

Hinsichtlich der Motive, d.h., warum die Probanden Kampfsport betrieben, wurde als am stärksten ausgeprägtes Motiv mit dem höchsten Mittelwert „Es macht mir Spaß.“ genannt ($\bar{x}=4,550, sd=0,945, Mdn=5,000, Q1=4,250, Q3=5,000, IQA=0,750$). Das durchschnittlich am zweitstärksten ausgeprägte Motiv war „Körperbeherrschung“ ($\bar{x}=4,370, sd=0,832, Mdn=5,000, Q1=4,000, Q3=5,000, IQA=1,000$) gefolgt von „ausgewogenes

Ganzkörpertraining“ ($\bar{x}=4,150$, $sd=0,933$, $Mdn=4,000$, $Q1=3,250$, $Q3=5,000$, $IQA=1,750$), „Selbstverteidigung“ ($\bar{x}=4,100$, $sd=1,021$, $Mdn=4,000$, $Q1=3,250$, $Q3=5,000$, $IQA=1,750$) und „Ablenkung vom Alltagsstress, Flucht aus Normalität“ ($\bar{x}=3,850$, $sd=1,040$, $Mdn=4,000$, $Q1=3,000$, $Q3=5,000$, $IQA=2,000$).

3.2 Ergebnisse des Modells

Es waren alle Voraussetzungen zur Berechnung des linearen gemischten Modells erfüllt: Die abhängige Variable war intervallskaliert und somit quantitativ. Darüber hinaus waren die Aktivierungen im linken Nucleus accumbens ($d=0,097$, $p=0,200$) und die Aktivierungen im rechten Nucleus accumbens ($d=0,098$, $p=0,200$) normalverteilt. Die Faktoren Gruppe und Hemisphäre waren nominalskaliert und somit qualitativ. Die Kovariate war ordinalskaliert und somit quantitativ.

Hinsichtlich der festen Effekte (Tabelle 2) ergaben sich folgende Ergebnisse: Der Interaktionseffekt Hemisphäre*AFAS war signifikant ($F_{df(Zähler)=1, df(Nenner)=91,791}=6,587$, $p=0,012^*$), d.h., die Wechselwirkung zwischen der Hemisphäre und des AFAS-Wertes beeinflusste die Aktivierung im linken und rechten Nucleus accumbens signifikant. Die Sichtung der Daten ergab, dass die Aktivierung im Nucleus accumbens in der linken Hemisphäre stieg und gleichzeitig im Nucleus accumbens in der rechten Hemisphäre sank, je höher der AFAS-Wert war.

Darüber hinaus resultierte ein tendenzieller ($p<0,100$) Haupteffekt, dass die Hemisphäre die abhängige Variable beeinflusste ($F_{df(Zähler)=1, df(Nenner)=91,791}=3,011$, $p=0,086$), d.h., dass beim Betrachten von Gewaltbildern tendenziell die Hemisphäre einen Einfluss auf die Aktivierung im Nucleus accumbens hat.

Die Gruppe hatte keinen signifikanten Einfluss ($F_{df(Zähler)=1, df(Nenner)=91,791}=0,295$, $p=0,589$) auf die Aktivierung im Nucleus accumbens, ebenso wenig wie die AFAS ($F_{df(Zähler)=1, df(Nenner)=91,791}=0,004$, $p=0,950$), die Interaktion Gruppe*Hemisphäre ($F_{df(Zähler)=1, df(Nenner)=91,791}=1,972$, $p=0,164$), die Interaktion Gruppe*AFAS ($F_{df(Zähler)=1, df(Nenner)=91,791}=0,169$, $p=0,682$) und die Dreifachinteraktion Gruppe*Hemisphäre*AFAS ($F_{df(Zähler)=1, df(Nenner)=91,791}=2,007$, $p=0,160$).

Tabelle 2: Ergebnisse des linearen gemischten Modells hinsichtlich der Tests auf feste Effekte (AFAS=Appetitive and Facilitative Aggression Scale, F=empirischer F-Wert, $*=p \leq 0,050$).

	Zähler Freiheitsgrade	Nenner Freiheitsgrade	F	Signifikanz
Konstanter Term	1	91,791	1,187	0,279
Gruppe	1	91,791	0,295	0,589
Hemisphäre	1	91,791	3,011	0,086
AFAS	1	91,791	0,004	0,950
Gruppe*Hemisphäre	1	91,791	1,972	0,164
Gruppe*AFAS	1	91,791	0,169	0,682
Hemisphäre*AFAS	1	91,791	6,587	0,012*
Gruppe*Hemisphäre*AFAS	1	91,791	2,007	0,160

3.3 Überprüfung der Hypothesen

- (1) Nullhypothese (H0): Die Nullhypothese wird teilweise beibehalten. Einerseits unterschieden sich Kampfsportler und Kontrollen beim Betrachten von Gewaltbildern nicht in der mittleren Aktivierung im Nucleus accumbens. Andererseits besaß die hedonistische Gewaltaffinität (AFAS) einen signifikanten Einfluss auf die Aktivierung im Nucleus accumbens; diesbezüglich konnte die Nullhypothese zugunsten der Alternativhypothese verworfen werden.
- (2) Alternativhypothese (H1): Der AFAS-Wert besaß einen Einfluss auf die Aktivierung im Nucleus accumbens. Je höher der AFAS-Wert war, desto stärker war der linke und gleichzeitig umso geringer der rechte Nucleus accumbens beim Betrachten von Gewaltbildern über alle Probanden hinweg aktiviert.

Der AFAS-Wert und die Aktivierung im linken Nucleus accumbens korrelierten über alle Probanden hinweg mit $r=0,323*$ ($p=0,028$) signifikant miteinander, wohingegen der AFAS-Wert und die Aktivierung im rechten Nucleus accumbens nicht miteinander in Zusammenhang standen ($r=-0,151$, $p=0,317$).

Das folgende Streudiagramm stellt die Ergebnisse grafisch dar.

4. Diskussion

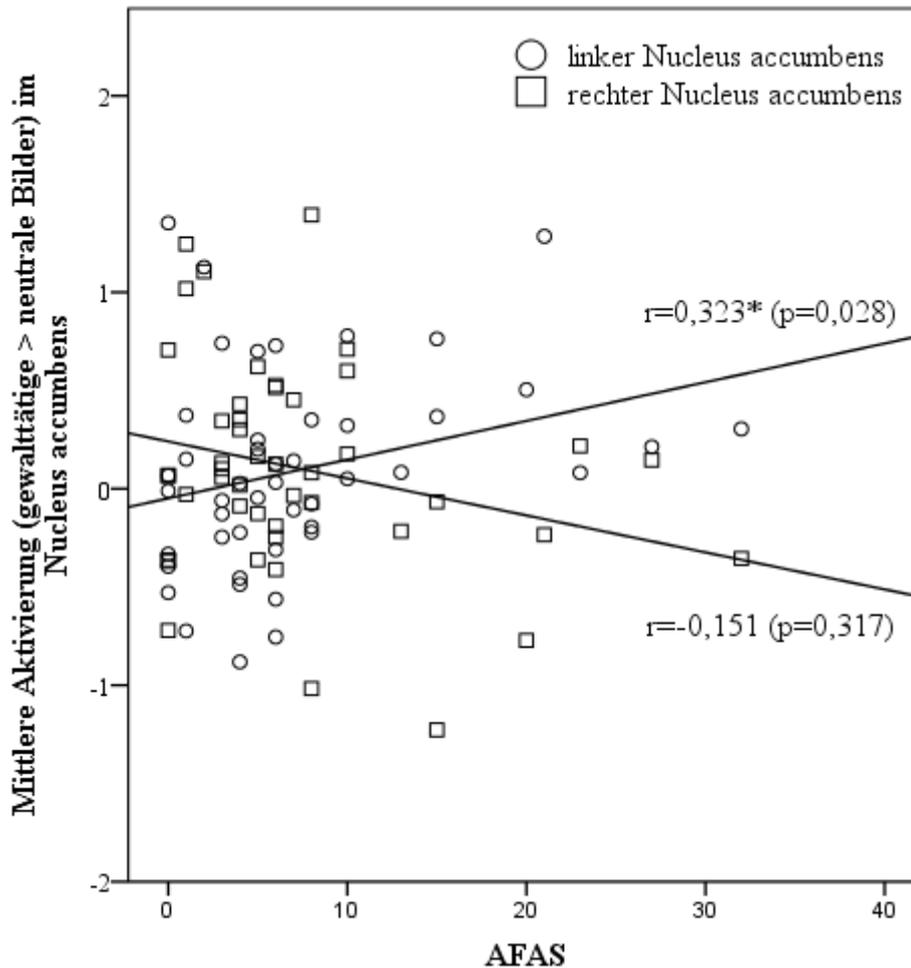


Abbildung 5: Streudiagramm des Zusammenhangs zwischen der “Appetitive and Facilitative Aggression Scale“ (AFAS) und den Aktivierungen im linken und rechten Nucleus accumbens (r =Korrelation, p =Signifikanzlevel, $*=p\leq 0,050$). Das Diagramm umfasst alle Probanden (Kampfsportler und Kontrollen).

4. Diskussion

Die vorliegende Promotionsarbeit verfolgte das Ziel, bei hedonistisch gewaltaffinen Individuen (Kampfsportler) die appetitive Komponente der visuellen Gewaltperzeption hirnfunktionell abzubilden.

Beide Gruppen unterschieden sich auf deskriptiver Ebene signifikant in der Ausprägung ihrer hedonistischen Gewaltaffinität (AFAS), indem die Kampfsportler im Vergleich zu den Kontrollprobanden eine höhere beschrieben. Dazu im Einklang steht der Befund, dass die Anzahl begangener aggressiver Handlungen als der bedeutsamste Prädiktor für die

Ausprägung der appetitiven Aggression gilt (Köbach et al. 2014), da davon auszugehen ist, dass die Kampfsportler mehr aggressive Handlungen als die Kontrollprobanden begangen haben, weil sie Kampfsport trainiert haben. Zudem bewerteten die Kampfsportler der hiesigen Stichprobe die Gewaltbilder signifikant positiver als die Kontrollprobanden. Auf neuronaler Ebene wurde jedoch kein signifikanter Gruppeneffekt gefunden, sondern ein Effekt, der sich unabhängig von der Gruppenzugehörigkeit auf den Zusammenhang zwischen der Nucleus accumbens Aktivierung und der hedonistischen Gewaltaffinität bezog.

4.1 Lateralisierungseffekt

Kampfsportler und Kontrollprobanden unterschieden sich beim Betrachten von Gewaltbildern nicht signifikant in ihrer mittleren Aktivierung im Nucleus accumbens, jedoch war über alle Probanden hinweg beim Betrachten von Gewaltbildern der linke Nucleus accumbens umso stärker und gleichzeitig der rechte Nucleus accumbens umso geringer aktiviert, je hedonistisch gewaltaffiner sich die Probanden beschrieben. Dieser Lateralisierungseffekt deutet auf eine hemisphärisch spezialisierte Verarbeitung positiver Wahrnehmung von visuellen Gewaltstimuli hin. Das Ergebnis führt zu einer der bedeutendsten ungelösten Fragestellungen der modernen Neurowissenschaften (Tops et al. 2017): Warum gibt es eine funktionelle Spezialisierung zwischen der linken und rechten Hemisphäre? Diese Fragestellung fand in der Literatur bisher wenig Beachtung. Die affektive Lateralisierung scheint von der Valenz der entsprechenden Emotion abhängig zu sein (Costanzo et al. 2015). Die Valenz einer Emotion, d.h. deren Wertigkeit, lässt sich auf einem Kontinuum von positiv bis negativ abbilden (Demaree et al. 2005). Generell ist die linke Hemisphäre des Vorderhirns eher bei der Repräsentation von positiven Emotionen sowie einer Annäherungsmotivation mit entsprechend appetitivem Verhalten involviert, das rechte Vorderhirn demgegenüber eher bei negativen Emotionen mit Vermeidungsmotivation und entsprechendem Fluchtverhalten (Craig 2005). Das vorliegende Ergebnis stützt diese Sichtweise. Die belohnende Wirkung der Gewaltbilder wurde bei hedonistisch gewaltaffineren Personen sichtbar, indem die Aktivierung im linken Nucleus accumbens stieg und im rechten sank. Das Aktivierungsmuster im Nucleus accumbens, einer zentralen Struktur des mesolimbischen Belohnungssystems (Kareken 2019), deutet somit als hirnfunktionelles Korrelat der appetitiven Aggression darauf hin, dass hedonistisch gewaltaffinere Probanden während des visuellen Konsums von Gewalt eine angenehme, positive Emotion empfunden haben. Die Lateralisierung von Emotionen bezieht sich eher auf bestimmte kortikale und subkortikale

Strukturen des Gehirns und nicht auf die gesamte Hemisphäre per se (Costanzo et al. 2015). Beispielsweise ist die Emotion Freude (positive Valenz) im linken und die Emotion Traurigkeit (negative Valenz) im rechten anterioren insularen Kortex lateralisiert. Die linke im Vergleich zur rechten Amygdala jedoch war generell bei den Emotionen Freude und Traurigkeit stärker aktiviert, d.h., die Amygdala weist bei der Emotionsverarbeitung keine hemisphärische Spezialisierung auf, sondern kodiert vielmehr die emotionale Salienz (Auffälligkeit, Anreiz). Costanzo et al. (2015) konnten diese Zusammenhänge nur für Rechtshänder nachweisen, bei Linkshändern fanden sie diese Aktivierungsmuster nicht, so dass sie schlussfolgerten, dass positive Emotionen in bestimmten Strukturen der linken Hemisphäre und negative Emotionen in bestimmten Strukturen der rechten Hemisphäre bei Rechtshändern lateralisiert sind. Diese Sichtweise wurde durch die Ergebnisse der vorliegenden Studie gestützt, da ausschließlich rechtshändige Probanden sowie mit dem Nucleus accumbens eine a priori definierte, spezielle subkortikale Struktur untersucht wurden.

Die Intensität der Dopaminausschüttung in einer bestimmten Hirnregion dient als Indikator für die Intensität der Aktivierung dieser Region. Je mehr Dopamin freigesetzt wird oder je mehr der Abbau von Dopamin gehemmt wird, umso mehr Aktivität in Form eines erhöhten BOLD-Signals kann mittels fMRT gemessen werden (Knutson und Gibbs 2007). Hämodynamische Veränderungen fungieren somit als indirekte Messung neuronaler Aktivität (Wang et al. 2016). Als Probanden eine "Monetary Incentive Delay Task" (MID, ein etabliertes Paradigma zur Messung belohnungsassoziierter Aktivierung) bearbeiteten, korrelierte während der Belohnungserwartung die neuronale Aktivität im ventralen Striatum (gemessen mit fMRT) positiv mit der Dopamintransmission (gemessen mit der Positronen-Emission-Tomographie (PET)) in eben dieser Struktur (Schott et al. 2008). Kritisch anzumerken ist, dass die positive Korrelation bei einer belohnungsassozierten Aufgabe zwischen der Dopaminausschüttung im ventralen Tegmentum und dem BOLD-Signal von der Auswertungsmethode abhängig sein könnte, ob sie signifikant ist (whole brain Analyse) oder nicht (ROI Analyse) (Urban et al. 2012). Bisherige, überwiegend in tierexperimentellen Untersuchungen gewonnene Erkenntnisse deuten dennoch darauf hin, dass das mesolimbische Dopaminsystem hemisphärisch spezialisiert ist (Molochnikov und Cohen 2014). In einer Untersuchung an Mäusen konnte gezeigt werden (Holloway et al. 2019), dass die Dopamintransmission im rechten im Vergleich zum linken Nucleus accumbens erhöht ist, nachdem der Nucleus dentatus (ein Kerngebiet im Kleinhirn) elektrisch stimuliert wurde. Erhielt der Nucleus accumbens Signale vom ventralen Tegmentum (einer Nervenzellgruppe im Mittelhirn), so resultierte keine unterschiedlich stark ausgeprägte Dopamintransmission

weder im rechten noch im linken Nucleus accumbens. Die Autoren schlussfolgerten, dass die dopaminerge Lateralisierung des mesolimbischen Dopaminsystems von der Stimulierung des Kleinhirns und nicht vom mesolimbischen Pfad per se reguliert wird. Generell ist das Kleinhirn an der Übersetzung eines emotionalen Zustandes in autonome und motorische Antworten beteiligt (Strata et al. 2011). Die Ergebnisse (Holloway et al. 2019) können nicht ohne weiteres auf die vorliegende Untersuchung bezogen werden, da zum einen Tiere (Mäuse) untersucht und zum anderen keine Emotionen induziert worden sind. In einer Untersuchung an Ratten konnte eine positive Korrelation zwischen der Dopaminkonzentration im rechten PFC und der Ängstlichkeit gefunden werden (Andersen und Teicher 1999): Je ängstlicher die Ratten waren, umso mehr Dopamin wurde ausgeschüttet. Dieser Zusammenhang fand sich nicht im Nucleus accumbens. Dies deutet darauf hin, dass Angst als negative Emotion nicht im Nucleus accumbens, sondern in anderen kortikalen Strukturen, wie hier dem PFC, oder in anderen subkortikalen Strukturen, wie der Amygdala im Rahmen von erlebnisbasierter Angstkonditionierung (Braem et al. 2017), lateralisiert verarbeitet wird.

Es gibt zwei neuronale Netzwerke, die die Selbstregulierung von Menschen und Tieren steuern: sogenannte „prädictive/ proaktive und reaktive Kontrollsysteme“ (PARCS) (Tops et al. 2017). Das proaktive Kontrollsystem kommt vorrangig dann zum Einsatz, wenn eine Situation als bekannt und sicher interpretiert wird und sich folglich die Reaktion an Erfahrungen bzw. internalisierten Modellen ausrichtet. Das reaktive Kontrollsystem kommt vorrangig dann zum Einsatz, wenn die Situation als neu und unvorhergesehen eingeschätzt wird und sich die Reaktion folglich an externen Umweltbedingungen orientiert. Das proaktive Netzwerk ist in der linken Hemisphäre lateralisiert, das reaktive in der rechten. Appetitive Aggression ist eine Erweiterung der instrumentellen Aggression und wird proaktiv ausgeführt (Augsburger 2017). Verhält sich eine Person appetitiv aggressiv, empfindet sie an der Gewalt Freude und ist in einer positiven Stimmung. Gleichzeitig suggeriert dies eine sichere Umwelt und erfordert keine sofortige (Verteidigungs-) Reaktion, so dass die Person sich z.B. genussvoll einen Gewaltfilm ansehen kann. Würde sich eine Person in ängstlicher Stimmungslage befinden, würde dies eine bedrohliche Umwelt suggerieren, was zu einer sofortigen Handlung motiviert, um den negativen emotionalen Zustand zu verändern. Das Ergebnis der hiesigen Studie stützt die Theorie der PARCS dahingehend, dass die Aktivierung im Nucleus accumbens in der linken Hemisphäre stieg, was zum proaktiven Netzwerk gehört und jene im rechten Nucleus accumbens (reaktives Netzwerk) sank.

4.2 Beeinflussung der Aktivität des Nucleus accumbens durch kortikale Hemmung und Habituation

Es wurde kein signifikanter Gruppeneffekt gefunden, d.h., Kampfsportler und Kontrollprobanden unterschieden sich nicht in ihrer mittleren Aktivierung im Nucleus accumbens beim Betrachten von Gewaltbildern. Ein nicht signifikantes Ergebnis bedeutet nicht, dass es diesen Zusammenhang nicht gibt, sondern lediglich, dass die Nullhypothese (beide Gruppen unterscheiden sich nicht) aufgrund der vorliegenden Daten nicht verworfen werden kann (Backhaus et al. 2018). Der subjektive Wert eines Verstärkers (Delgado 2007) beeinflusst die Aktivierung im Nucleus accumbens, so dass die vorliegende Untersuchung im Rahmen ihrer Alternativhypothese davon ausgegangen war, dass die Gewaltbilder insbesondere die Kampfsportler und weniger die Kontrollprobanden „ansprechen“, d.h., dass die Gewaltbilder bei den Kampfsportlern eine positivere Valenz (Freude) induzieren und belohnend wirken. Hierfür sprach zumindest das Ergebnis auf deskriptiver Ebene, dass die Kampfsportler die Gewaltbilder positiver einschätzten als die Kontrollprobanden.

Die Aktivierung im subkortikalen Nucleus accumbens könnte jedoch durch kortikale, insbesondere frontale Strukturen gehemmt worden sein (Elbert et al. 2010; Potegal 2012). Für diese Top-down-Regulierung könnte der PFC, eine wichtige Kontrollinstanz für menschliches Verhalten (Duverne und Koechlin 2017) bedeutsam sein. Insbesondere der OFC, der ventromedial gelegene Teil des PFCs, der beim hedonistischen Erleben von Belohnungen involviert ist (Kringelbach 2005), scheint hier eine wichtige Rolle zu spielen.

Menschen in westlichen Kulturkreisen werden üblicherweise zu einer gewaltfreien Lebensweise erzogen. Im Rahmen von Sozialisationsprozessen wird ihnen vermittelt, dass die Anwendung physischer Gewalt nicht erwünscht und gesetzlich verboten ist und sanktioniert wird. Menschen lernen, dass die Opfer von Gewalt leiden und sie lernen, Mitleid mit ihnen zu haben und sich empathisch in sie hinein zu fühlen. Menschen lernen, dass Gewalt moralisch verwerflich ist und dass Personen, die sich aggressiv verhalten, negativ beurteilt werden. In diesem Kontext wirkt es zunächst kontraintuitiv, Gewalt positiv zu bewerten oder gar zu mögen. Die appetitive Aggression wird demnach durch erworbene, kognitive Bewertungen gehemmt (Elbert et al. 2010). Die neuronale Ebene betrachtend bedeutet dies, dass die Freude bzw. Faszination an Gewalt, welche durch die Aktivierung des Nucleus accumbens repräsentiert wird, von der top-down gerichteten Aktivierung des OFCs kontrolliert wird.

In einer fMRT-Studie wurde der Zusammenhang zwischen der Bewertung gewalttätiger Stimuli und des sozialen Kontextes untersucht (Porges und Decety 2013). Gaben Probanden

an, sich ungern MMA-Szenen anzuschauen und wurden ihnen anschließend MMA-Videos gezeigt, so wiesen diese Probanden eine stärkere funktionelle Konnektivität zwischen dem bilateralen Nucleus accumbens und u.a. dem dorsolateralen PFC auf. Die vom PFC ausgehende Inhibition des Nucleus accumbens kann als kognitive Kontrolle der appetitiven Komponente interpretiert werden. Jene Probanden, die zuvor angegeben hatten, MMA-Szenen zu mögen, wiesen beim Betrachten der MMA-Videos eine stärkere funktionelle Konnektivität des Nucleus accumbens nicht mit frontalen Regionen auf, sondern mit dem anterioren cingulären Kortex und der anterioren Insel (Regionen, die bei der Repräsentation positiver Gefühle und viszeralsomatischer Wahrnehmungen involviert sind). In einer weiteren hirnfunktionellen Studie (Decety und Porges 2011) wurden Probanden Bilder gezeigt, auf denen eine Person entweder eine andere verletzte oder einer anderen Person half. Die Probanden hatten die Aufgabe, sich in den Akteur (Täter vs. Helfer) hineinzusetzen. Die Perspektivenübernahme des Täters führte im Vergleich zur Perspektivenübernahme des Helfers zu einer verstärkten Aktivierung in verschiedenen präfrontalen Bereichen (linker dorsolateraler PFC, ventrolateraler PFC und inferiorer frontaler Gyrus, dessen anatomischer Bestandteil der OFC ist). Zwar hatten in dieser Studie die Probanden mit dem Hineinversetzen in die Akteure von aggressiven vs. helfenden Situationen eine andere Aufgabenstellung als in der vorliegenden Untersuchung, jedoch weist die Aktivierung präfrontaler Bereiche während des Imaginierens einer gewalttätigen Person auf einen kortikal hemmenden Einfluss in Form einer neuronalen Herabregulierung subkortikaler Strukturen wie des Nucleus accumbens hin. In einer weiteren fMRT Studie sahen Probanden Kriegsvideos aus der Ich-Perspektive eines Soldaten (Molenberghs et al. 2015). Die Probanden bzw. der Soldat töteten entweder gegnerische Soldaten („gerechtfertigte“ Gewalt) oder Zivilisten („nicht gerechtfertigte“ Gewalt). Die Tötung von Zivilisten ging mit einer stärkeren Aktivierung im bilateralen OFC einher, was dahingehend interpretiert werden kann, dass die Tötung von Zivilisten keine legitimierte Gewalt ist und dementsprechend die frontale Hemmung größer ist. Im Gegensatz dazu stellt das Töten feindlicher Soldaten nicht nur eine erwünschte, sondern mitunter überlebensnotwendige Aufgabe im Krieg dar (Nandi et al. 2015). Somit ist eine prä- bzw. orbitofrontale Hemmung subkortikaler Belohnungsareale nicht nötig. Analog wäre es legitim, sich Gewalt z.B. in Filmen oder auf Bildern wie in hiesiger Untersuchung anzusehen. Auch der reziproke Zusammenhang zwischen der funktionellen Konnektivität zwischen dem Nucleus accumbens und dem lateralen PFC einerseits und der Höhe der hedonistisch-aggressiven Antwort nach Provokation (Rache) andererseits (Chester und DeWall 2016) stützen die Überlegungen der Top-down-Regulierung: Je stärker sich die

Probanden an ihrem Gegner gerächt hatten, desto geringer war die funktionelle Konnektivität zwischen dem Nucleus accumbens und dem lateralen PFC.

Jedoch wurde in der hiesigen Untersuchung keine höhere Aktivierung im Nucleus accumbens bei den Kampfsportlern gefunden. Unter der hypothesengeleiteten Annahme, dass Kampfsportler hedonistisch gewaltaffiner sind (was zumindest auf deskriptiver Ebene auch mit der AFAS bestätigt wurde) und dies durch eine erhöhte Aktivierung des Nucleus accumbens repräsentiert wird, deuten die Ergebnisse eher darauf hin, dass bei den Kampfsportlern im Vergleich zu den Kontrollen eine stärkere Hemmung vom PFC bzw. OFC auf den Nucleus accumbens erfolgt sein könnte. Obwohl sich die Kampfsportler im Rahmen der hiesigen Untersuchung die Gewaltbilder ansehen „durften“, sich wie erwähnt darüber hinaus gemäß der AFAS als hedonistisch gewaltaffiner beschrieben haben und freiwillig und gern seit mehreren Jahren Gewalt in Form von Kampfsport ausübten, könnte es sein, dass sie die appetitive Aggression herunterreguliert haben. Diese kognitive Kontrolle könnte damit begründet werden, dass die Kampfsportler nicht als Personen, die Gewalt per se befürworten, deklariert werden wollten und dass diese Gedanken (kortikal) die Freude (subkortikal) an Gewaltszenen reduzierte. Im Rahmen der Datenerhebung verbalisierten einige Kampfsportler gegenüber der Promovendin diese Überlegungen. Obwohl Kampfsport eine legale Art und Weise ist, Gewalt auszuüben, erscheint dies dahingehend plausibel, als dass in der Gesellschaft Kampfsportler oft leichthin als brutal eingeschätzt werden (Sogorski 2013). Einschränkend ist zu betonen, dass die Aktivierung frontaler Bereiche in der Auswertung der hiesigen Promotion nicht berücksichtigt wurde und die Frage, inwiefern eine frontale Top-down-Kontrolle konkret die Aktivierung des mesolimbischen Belohnungssystems beeinflusst, Gegenstand weiterer Analysen ist.

Zudem ist es möglich, dass Kampfsportler nicht ausschließlich aufgrund der appetitiven Komponente Kampfsport ausgeübt haben, sondern ebenso z.B. zur Selbstverteidigung oder aus der Motivation heraus, ihre körperliche Fitness zu verbessern (Burke et al. 2011). In einer polnischen Stichprobe gaben fast zwei Drittel (62%) der befragten Kampfsportler an, Kampfsport auszuüben, weil es ihnen Freude bereitet, gefolgt von „sich fit und eine gesunde Körperform halten“ (22%) (Biernat et al. 2018). In der hiesigen Stichprobe rangierte das Motiv, „aus Spaß“ Kampfsport zu betreiben, ebenfalls auf Rang eins (auf einer Skala von 1 bis 5 wies das Motiv „Spaß“ mit $\bar{x}=4,550$ ($sd=0,945$) den höchsten Mittelwert auf). Nach der Freude am Kampfsport gaben die hier untersuchten Kampfsportler ähnlich wie jene in der polnischen Stichprobe physische Aspekte als zweit- und dritt wichtigste Motive an: Kampfsport fördert die „Körperbeherrschung“ und stellt ein „ausgewogenes

Ganzkörpertraining“ dar. Entsprechend wäre bei den Kampfsportlern, die Kampfsport vorrangig aus Gründen der körperlichen Fitness oder auch zur Gewichtsreduktion ausüben, die Aktivität im Nucleus accumbens bei Gewaltperzeption geringer als bei den Kampfsportlern, die vordergründig aus Spaß Boxen, Ringen usw. trainieren und nur geringen Wert auf physische Aspekte legen.

Der fehlende signifikante Gruppeneffekt könnte außerdem auch dadurch begünstigt worden sein, dass Kampfsportler aufgrund jahrelangen Trainings und teilweise auch aufgrund von Teilnahmen an Wettkämpfen an aggressive Situationen gewöhnt sind. Gewalttätige Handlungen führen anfangs noch zu positiven Emotionen und einem positivem Arousal, welche sich aufgrund von Habituation über die Zeit abschwächen (Nell 2006). In einer Untersuchung an Kampfsportlern (Vertonghen et al. 2014) wurde ebenfalls über eine Abnahme emotionaler Symptome bei fortgeschrittenen Kampfsportlern (die mindestens 2 Jahre Kick-, Thaiboxen, Karate, Judo oder Aikido trainiert hatten) im Vergleich zu unerfahrenen (mit weniger als 2 Jahren Kampfsporterfahrung) berichtet. Die für die hiesige Promotion untersuchten $n=20$ Kampfsportler hatten vor dem Messzeitpunkt durchschnittlich 11 Jahre (bei einer Standardabweichung von 7 Jahren) Kampfsport ausgeübt und $n=16$ hatten an Wettkämpfen teilgenommen. Die Habituation an Gewalt könnte mit einer Herabregulierung der Aktivität im Nucleus accumbens einhergegangen sein. Die Herabregulierung neuronaler Aktivität aufgrund des wiederholten Aussetzens emotionsinduzierender Stimuli wurde beispielsweise bereits für die Amygdala beschrieben (Plichta et al. 2014; Schöne et al. 2019). Somit könnten die Gewaltbilder aufgrund von Habituationseffekten für Kampfsportler eine geringere belohnende Wirkung gehabt haben, was mit einer Herabregulierung der Aktivierung im Nucleus accumbens einhergegangen sein könnte. Da im Rahmen der Hypothese davon ausgegangen wurde, dass für die Kontrollprobanden die Gewaltbilder ohnehin eher gering belohnend wirken, könnte dies letztlich dazu geführt haben, dass sich beide Gruppen nicht signifikant hinsichtlich ihrer Aktivierung im Nucleus accumbens unterscheiden haben.

4.3 Limitationen

4.3.1 Tattoos

Die Probanden waren überwiegend untattooziert und wenn sie Tattoos besaßen, dann waren diese nur wenige Zentimeter groß und in relativ weiter Entfernung von der Kopfspule (z.B. an der Wade). Sind Personen tattooziert und unterziehen sich einer MRT-Messung, besteht das geringe, gleichwohl vorhandene Risiko, dass es zu einer Verbrennung jener Hautschichten kommen kann, die das Tattoo umfasst (Wang und Hindman 2019). Die Farbe des Tattoos kann u.a. aus Metallen bestehen, die aufgrund ferromagnetischer Strahlung während der MRT-Messung in Bewegung gesetzt werden und Wärme erzeugen können. Aufgrund dessen gelten Tattoozierungen als Risikofaktor für thermische Verbrennungen, was durch einige Fallberichte gestützt wird. Beispielsweise wurde von einem 24-jährigen Amerikaner berichtet (Ross und Matava 2011), der während einer MRT-Messung einen brennenden Schmerz im Bereich seiner beiden Tattoos, je im oberen Bereich des linken und rechten Knies, verspürte. Nachdem die Messung sofort beendet und die entsprechenden Stellen gekühlt worden sind, war eine leichte Schwellung und Rötung der betreffenden Hautregionen zu erkennen, welche nach 12 Stunden persistiert waren. Das generelle Risiko für Verbrennungen ist sehr gering, so wurden in einer Studie insgesamt 330 tattoozierte Personen MRT-Messungen unterzogen (Callaghan et al. 2019) und lediglich bei einem Probanden kam es zu einer leichten Erhitzung der Hautregion um sein Tattoo am Hemdgelenk, was innerhalb von 24 Stunden persistierte. Da es sich bei der hiesigen Untersuchung jedoch um eine Forschungsstudie an Probanden ohne psychische oder neurologische Erkrankung handelte und die Messungen somit nicht medizinisch indiziert waren, wurden mehrere Probanden aufgrund ihrer Tattoozierungen nicht eingeschlossen, um keinerlei gesundheitliche Risiken einzugehen. Der Ausschluss wurde im Rahmen der Aufklärung für die MRT-Messung im Zusammenhang mit den Kollegen der Klinik für Neurologie der Otto-von-Guericke Universität Magdeburg sichergestellt (siehe auch Anlage 1). Während der Rekrutierungsphase wurde ersichtlich, dass viele Kampfsportler tattooziert sind und folglich nicht in die Untersuchung eingeschlossen werden konnten. Somit basieren die hiesigen Ergebnisse auf gänzlich untattoozierten oder lediglich kleine Tattoos tragende Kampfsportler. Aufgrund der augenscheinlich großen Anzahl tattoozierter Personen in der Population der Kampfsportler stellt sich die Frage, ob es systematische Unterschiede zwischen diesen vs. den hier eingeschlossenen Kampfsportlern gibt und ob dies die Ergebnisse beeinflusst haben könnte.

4.3.2 *Verschiedene Kampfsportdisziplinen*

Es gibt viele verschiedene Kampfsportarten: Einerseits gibt es Disziplinen, die weniger den Wettkampfcharakter betonen, sondern überwiegend aus Selbstverteidigungstechniken bestehen und Wert auf tradierte Bewegungsabläufe legen („kata“), wie z.B. Kung Fu. Andererseits gibt es Disziplinen, die sich bei der Praktizierung an Elementen des „kumite“ (z.B. Sparring) ausrichten, bei denen oft und viel physischer Kontakt besteht (z.B. Muay Thai als Vollkontaktsport) und die Wettkampfcharakter besitzen (combat sport), wie z.B. Boxen und Karate. Die Art des Kampfsports kann als Mediatorvariable die Ergebnisse beeinflussen (Vertonghen et al. 2014). Wie beschrieben (siehe 2.1 Stichprobe), wurden in die hiesige Untersuchung „härtere“ Kampfsportdisziplinen eingeschlossen, die sich an Elementen des „kumite“ orientieren. Somit bestand zwar a priori eine Selektion der Kampfsportdisziplinen hinsichtlich des Ausmaßes der Aggressivität, dennoch bestand die Stichprobe letztlich aus 8 verschiedenen Kampfsportarten (Muay Thai, Karate, Kickboxen, Boxen, Ringen, MMA, Taekwondo, Judo). Folglich ist es kritisch, generelle Schlussfolgerungen über die „eine“ Stichprobe der Kampfsportler zu ziehen, da die verschiedenen Kampfsportdisziplinen hinsichtlich ihrer Stile und ihrer Techniken variieren.

In bisherigen Studien wurden oft nicht nur verschiedene Kampfsportarten unter eine Stichprobe subsumiert, sondern es wurden gleichzeitig Männer und Frauen untersucht ohne geschlechtsspezifische Besonderheiten zu berücksichtigen (z.B. Fabio und Towey 2018, Vertonghen et al. 2014). Des Weiteren wurde für diese heterogenen Gruppen nach Zusammenhängen zu verschiedenen Komponenten von Aggression untersucht. Beide Aspekte erschweren es, die hiesigen Ergebnisse mit jenen von anderen Studien zu vergleichen. Eine Studie, die den Zusammenhang zwischen Kampfsport und der appetitiven Aggression untersucht, ist der Promovendin, mit Ausnahmen der Arbeiten der eigenen Arbeitsgruppe (siehe 1.4 Eigene Voruntersuchungen) nicht bekannt. Stattdessen wurden z.B. physische Aggression und Impulsivität untersucht: So wiesen Probanden, die Karate, Kung Fu oder Ju Jitsu praktizierten, umso weniger physische Aggressionen (erhoben mit dem Aggressionsfragebogen nach Buss und Perry) auf, je erfahrener sie waren, d.h., je länger sie bereits Kampfsport trainiert hatten (Fabio und Towey 2018). MMA-Athleten wiesen eine höhere Impulsivität (erhoben mit der Barrett Impulsivitätsskala) auf als Boxer (Banks et al. 2014).

4.3.3 *Nucleus accumbens repräsentiert verschiedene Belohnungsaspekte*

Ein weiterer potentieller Störfaktor könnten die Charakteristika der affektiven Stimuli umfassen, so ist z.B. nach wie vor eine noch offene Forschungsfrage, wie sich die Art des affektiven Verstärkers auf die Aktivierung im Belohnungssystem auswirkt (Delgado 2007). Ob primäre Verstärker (z.B. Nahrung) zu einer vergleichbaren oder unterschiedlich starken neuronalen Antwort führen wie sekundäre Verstärker (z.B. Geld), bleibt zu erforschen. Primäre Belohnung dient der Befriedigung von angeborenen, physiologischen Bedürfnissen wie z.B. Hunger (Halbeisen 2020). Sekundäre Belohnung ist dahingehend erlernt, dass sie zur Erfüllung eines primären Wunsches dienen (z.B. mit Geld Lebensmittel kaufen). In der vorliegenden Untersuchung wurden Gewaltbilder als affektive Stimuli genutzt vor dem Hintergrund, dass appetitive Aggression als angenehm und belohnend wahrgenommen wird. Appetitive Aggression ist ein sekundärer Verstärker und es ist nicht auszuschließen, dass primäre Verstärker eine höhere neuronale Aktivierung induziert hätten.

Der Nucleus accumbens ist nicht per se ein neuronales Belohnungszentrum (Floresco 2015). Vielmehr werden dem mesolimbischen Dopaminsystem, dessen Bestandteil der Nucleus accumbens ist, drei Funktionen zugeschrieben (Berridge 2007): Erstens hängt die Dopamintransmission davon ab, ob während des Konsums der Belohnung ein hedonistisches Empfinden auftritt („mögen“). In der vorliegenden Untersuchung sollten die Probanden während der visuellen Perzeption der Gewaltstimuli diese als hedonistisch erleben. Einschränkend ist zu sagen, dass einige Studien gezeigt haben, dass die mesolimbische Dopaminausschüttung nicht mit der Intensität des hedonistischen Empfindens per se zusammen hängt, was im Falle von schmackhafter Nahrung gezeigt wurde (Berridge 2007). Zweitens hängt die Dopamintransmission davon ab, ob das Individuum lernt, dass es nach einem bestimmten Verhalten eine Belohnung erhält, d.h. diese antizipiert (Belohnungslernen). Hierbei ist die Aktivität im Nucleus accumbens umso stärker, je größer der Vorhersagefehler („prediction error“) hinsichtlich der Belohnung ist. Der Vorhersagefehler ist umso größer, je größer die Differenz zwischen der erwarteten und der tatsächlichen Belohnung ist, d.h., er wäre groß, wenn bei Erwartung von gar keiner oder lediglich einer kleinen Belohnung stattdessen eine große eintritt (Sultz 2016). Drittens hängt die Dopamintransmission davon ab, wie ausgeprägt die Belohnung aufgrund ihrer Salienz von dem betroffenen Individuum gewollt wird („Verlangen“) (Berridge 2007). Studien deuten darauf hin, dass die mesolimbische Dopamintransmission vorrangig das „Verlangen“ eines Individuums repräsentiert, z.B. das Verlangen nach Drogen (Craving). Es ist schwierig, die verschiedenen

Belohnungskonzepte trennscharf zu untersuchen, wenn z.B. ein Individuum eine Belohnung haben möchte (Verlangen), dann antizipiert es gleichzeitig dessen positive Wirkung.

Zusammenfassend können neuronale Effekte demnach dadurch beeinflusst werden, ob die Belohnung antizipiert oder konsumiert wird (Wang et al. 2016). Die Antizipation einer Belohnung geht mit einer Annäherungsmotivation bzw. Annäherungsverhalten einher, was bei dem Konsum der Belohnung nicht nötig ist. Tierstudien deuten darauf hin, dass im Nucleus accumbens eher eine Belohnungsantizipation repräsentiert wird: Nach einer Verringerung der Dopamintransmission im Nucleus accumbens von Ratten, welche durch eine selektive Zerstörung von dopaminergen Neuronen induziert wurde, war ein geringeres Annäherungsverhalten seitens der Versuchstiere zu beobachten (Parkinson et al. 2002). Ventralstriatale Neurone von Affen feuerten stärker, wenn ein Hinweisreiz dargeboten wurde, der auf eine darauffolgende Belohnung verwies (Cromwell und Schultz 2003). Menschliches Craving, d.h. ein Verlangen nach der Belohnung (in dem Fall nach der Droge Kokain), was einer Belohnungsantizipation gleichkommt, korrelierte ebenfalls mit der Aktivität im Nucleus accumbens (Breiter et al. 1997). Der Versuchsaufbau der vorliegenden Untersuchung bildete keine Belohnungsantizipation ab, sondern einen Konsum der Belohnung in Form des Betrachtens der Gewaltbilder. Die neuronale, mesolimbische Aktivierung könnte durch die Art der Belohnungsdarbietung (konsumierend statt antizipatorisch) negativ beeinflusst worden sein.

Des Weiteren besteht der Nucleus accumbens aus verschiedenen Subregionen (Floresco 2015). Es lassen sich anatomisch betrachtet grob eine medial gelegene Hülle und ein lateral gelegener Kern unterscheiden, die jeweils differentielle Verbindungen zu kortikalen Regionen haben und jeweils nochmals in Subregionen untergliedert werden können. In der vorliegenden Untersuchung wurde die Aktivität im gesamten Nucleus accumbens gemessen und für die Auswertung gemittelt. Es ist unklar, inwiefern das Ergebnis beeinflusst worden wäre, wenn jene Aktivierungen, die entweder ausschließlich in der Hülle oder ausschließlich im Kern auftraten, untersucht worden wären. Einschränkend ist jedoch zu sagen, dass es derzeit technisch kaum umsetzbar ist, mittels fMRT die Aktivierungen ausschließlich in der Hülle oder im Kern zu messen, da der Nucleus accumbens eine sehr kleine Struktur ist und in einem anatomisch störanfälligen Bereich liegt, d.h., es besteht das Risiko, dass es unklar sein kann, was die eigentliche Signalquelle der gemessenen Aktivität ist ("susceptibility"-Effekte). Das Risiko von Signalauslöschungen in störanfälligen Bereichen sinkt mit steigender Auflösung der gemessenen Scans (Zhou et al. 2017). In hiesiger Untersuchung wurden die Probanden an einem 3 Tesla MRT gemessen; ein 7 Tesla MRT würde eine höhere Auflösung bieten.

4.4 Ausblick

Ein Paradebeispiel für die hedonistische Komponente von Gewalt ist Hooliganismus, eine Form von kollektiver Gewalt (Möller-Leimkühler und Bogerts 2013). Hooligans haben eine Disposition zu Gewalt, sie benennen den „Kick“ und den „Spaß an der Gewalt“ als zentrale Motive für die Durchführung von spontanen oder verabredeten Prügeleien (Lösel und Bliesener 2006). Hooligans besitzen eine Faszination für körperliche Gewalt (Bundesgerichtshof, vom 22.01.2015), die sie in Deutschland zumindest bis 2015 legal bei spontanen oder verabredeten Prügeleien ausleben konnten. Seit dem Urteil des Bundesgerichtshofes (BGH) im Jahre 2015 (gegen Anhänger des Fußballklubs SG Dynamo Dresden) werden Hooligangruppierungen als kriminelle Vereinigungen eingestuft, die Straftaten in Form von Körperverletzungen begehen. Demnach ist es nunmehr für Hooligans verboten, „Matches“ auszutragen. Die Beteiligten selbst sehen die Prügeleien eher als sportliche Auseinandersetzung „unter harten Männern“ an und betonen neben dem Nervenkitzel auch das Zusammengehörigkeitserleben in der Gruppe (Bliesener 2009). Gruppendynamische Prozesse wie der empfundene Rückhalt in der Gruppe können hedonistisch motivierte, kollektive Gewalt fördern. Als Probanden innerhalb einer Gruppe eine kompetitive Reaktionszeitaufgabe absolvierten, schädeten sie ihren Gegenspielern bereitwilliger, als wenn sie die Aufgabe nicht in einer Gruppe, sondern allein bearbeiteten (Cikara et al. 2014). Die Bestrafung des Gegenspielers in der Gruppenbedingung ging mit einer verminderten Aktivierung im medialen PFC, einer kortikalen Kontrollinstanz, einher. Die potentielle strafrechtliche Verfolgung erschwert die Rekrutierung von Hooligans für wissenschaftliche Untersuchungen, da Hooligans um ihre Anonymität fürchten, wie ein Hooligan in einem persönlichen Gespräch mit der Promovendin bestätigte. Die hirnfunktionelle Untersuchung neuronaler Korrelate der appetitiven Aggression bei Hooligans bleibt dennoch Ziel der hiesigen Arbeitsgruppe.

Die wissenschaftliche Auseinandersetzung mit der appetitiven Aggression ist von enormer Bedeutung, da sie einen wichtigen Beitrag zur Gewaltprävention leisten kann, da effektive Gewaltprävention bei den Tätern ansetzt und nicht bei den Opfern (Nell 2006). Dies gilt umso mehr, als dass appetitive Aggression eine universale Eigenschaft aller Menschen ist (Moran 2015). Appetitive Aggression sollte zukünftig stärker im multifaktoriellen Bedingungsgefüge von Gewalt berücksichtigt werden und auch im Allgemeinen Aggressionsmodell Einzug finden.

5. Zusammenfassung

Sowohl die Gewaltperzeption als auch die direkte Ausübung von Gewalt können eine hedonistische Komponente haben. Diese appetitive Aggression war bereits in der Antike sichtbar, als die Zuschauer euphorisiert Gladiatorenkämpfe verfolgten. In der heutigen Zeit sehen sich die Menschen begeistert z.B. Sportwettkämpfe oder Actionfilme im Fernsehen an. Die Praktizierung von Kampfsport ist eine legale Art und Weise, Gewalt auszuüben.

Im Rahmen einer funktionellen Magnetresonanztomographie (fMRT) Studie wurde das hirnfunktionelle Korrelat der visuellen Gewaltperzeption bei männlichen, psychiatrisch und neurologisch unauffälligen Kampfsportlern und Kontrollprobanden aus der Allgemeinbevölkerung untersucht. Die Hypothese besagte, dass das dopaminerge mesolimbische Belohnungssystem in Form des Nucleus accumbens‘ bei dem Betrachten von Gewalt- vs. neutralen Bildern bei den Kampfsportlern sowie bei hedonistisch gewaltaffineren Personen (erhoben mit der ‘‘Appetitive and Facilitative Aggression Scale‘‘, AFAS) stärker aktiviert wird. Es wurde ein lineares gemischtes Modell gerechnet, wobei die Aktivierungen im linken und rechten Nucleus accumbens als abhängige Variable und die Faktoren Gruppenzugehörigkeit und Hemisphäre sowie die Kovariate hedonistische Gewaltaffinität als drei unabhängige Variablen in das Modell eingingen.

Die Auswertung bezog sich auf einen Stichprobenumfang von 20 Kampfsportlern und 26 Kontrollprobanden. Beim Betrachten von Gewaltbildern war der linke Nucleus accumbens umso stärker und gleichzeitig der rechte Nucleus accumbens umso geringer aktiviert, je hedonistisch gewaltaffiner die Probanden waren ($F_{df(\text{Zähler})=1, df(\text{Nenner})=91,791}=6,587, p=0,012$). Dieser Lateralisierungseffekt deutet darauf hin, dass die positive Wahrnehmung visueller Gewaltstimuli hemisphärisch spezialisiert verarbeitet wird, da positive Emotionen in Strukturen der linken Hemisphäre repräsentiert werden. Der fehlende signifikante Gruppeneffekt kann damit begründet werden, dass Kampfsportler aufgrund ihres Hobbys an Gewalt habituiert sind, was mit einer Herabregulierung der Aktivierung im Nucleus accumbens einhergeht. Darüber hinaus könnten kortikale Strukturen wie der Orbitofrontalkortex (OFC) den Nucleus accumbens hemmen. Die Untersuchung der Top-down-Kontrolle der appetitiven Aggression sowie die Untersuchung von Hooligans, welche aus Spaß gewalttätige Auseinandersetzungen suchen, sollte Gegenstand zukünftiger Forschung sein.

6. Literaturverzeichnis

1. Alakörkkö, T., H. Saarimäki, E. Glerean, J. Saramäki, O. Korhonen: Effects of spatial smoothing on functional brain networks. *Eur. J. Neurosci.* 46 (9). 2471–2480 (2017)
2. Allen, J.J., C.A. Anderson, B.J. Bushman: The General Aggression Model. *Curr. Opin. Psychol.* 19. 75–80 (2018)
3. Andersen, S.L., M. Teicher: Serotonin laterality in amygdala predicts performance in the elevated plus maze in rats. *Neuroreport* 10 (17). 3497–3500 (1999)
4. Anderson, C.A., B.J. Bushman: Human aggression. *Annu. Rev. Psychol.* 53. 27–51 (2002)
5. Anderson, C.A., B.J. Bushman, B.D. Bartholow, J. Cantor, D. Christakis, S.M. Coyne et al.: Screen Violence and Youth Behavior. *Pediatrics* 140 (Suppl 2). S142-S147 (2017)
6. Augsburger, M. (2017): Becoming cruel in the face of war - Sex-specific, individual, and social aspects affecting the relation between exposure to traumatic stress and aggression. Dissertation. Universität Konstanz, Konstanz. Mathematisch-naturwissenschaftliche Sektion Fachbereich Psychologie. Online verfügbar unter <https://kops.uni-konstanz.de/handle/123456789/38396>, zuletzt geprüft am 01.11.2019.
7. Backhaus, K., B. Erichson, W. Plinke, R. Weiber: Varianzanalyse. In: K. Backhaus, B. Erichson, W. Plinke, R. Weiber (eds.): *Multivariate Analysemethoden*. pp. 163-201. Springer Berlin Heidelberg 2018.
8. Banks, S.J., B. Mayer, N. Obuchowski, W. Shin, M. Lowe, M. Phillips et al.: Impulsiveness in professional fighters. *J. Neuropsychiatry Clin. Neurosci.* 26 (1). 44–50 (2014)
9. Berridge, K.C.: The debate over dopamine's role in reward: the case for incentive salience. *Psychopharmacology* 191 (3). 391–431 (2007)
10. Biernat, E., J. Krzepota, D. Sadowska: Martial Arts as a Form of Undertaking Physical Activity in Leisure Time Analysis of Factors Determining Participation of Poles. *Int. J. Environ. Res.* 15 (9). pii: E1989 (2018)
11. Bliesener, T.: Hooliganismus. In: A. Beelmann und K.J. Jonas (eds.): *Diskriminierung und Toleranz. Psychologische Grundlagen und Anwendungsperspektiven*. pp. 319–336. Vol. 1. VS Verlag für Sozialwissenschaften Wiesbaden 2009.
12. Bortz, J., R. Weber: *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler*. Vol. 6. Springer Medizin (Springer-Lehrbuch). Heidelberg 2005.
13. Braem, S., J. de Houwer, J. Demanet, K.S.L. Yuen, R. Kalisch, M. Brass: Pattern Analyses Reveal Separate Experience-Based Fear Memories in the Human Right Amygdala. *J. Neurosci.* 37 (34). 8116–8130 (2017)
14. Breiter, H.C., R.L. Gollub, R.M. Weisskoff, D.N. Kennedy, N. Makris, J.D. Berke et al.: Acute effects of cocaine on human brain activity and emotion. *Neuron* 19. 591–611 (1997)

6. Literaturverzeichnis

15. Breitschuh, S., M. Schöne, L. Tozzi, J. Kaufmann, H. Strumpf, D. Fenker et al.: Aggressiveness of martial artists correlates with reduced temporal pole grey matter concentration. *Psychiatry Res. Neuroimaging* 281. 24–30 (2018)
16. Bromberg-Martin, E.S., M. Matsumoto, O. Hikosaka: Dopamine in motivational control: rewarding, aversive, and alerting. *Neuron* 68 (5). 815–834 (2010)
17. Buades-Rotger, M., C. Brunnlieb, T.F. Münte, M. Heldmann, U.M. Krämer: Winning is not enough: ventral striatum connectivity during physical aggression. *Brain Imaging Behav.* 10 (1). 105–114 (2016)
18. Buckholz, J.W., M.T. Treadway, R.L. Cowan, N.D. Woodward, S.D. Benning, R. Li et al.: Mesolimbic dopamine reward system hypersensitivity in individuals with psychopathic traits. *Nat. Neurosci.* 13 (4). 419–421 (2010)
19. Bundesgerichtshof, Urteil vom 22.01.2015, Aktenzeichen 3 StR 233/14.
20. Burke, D.T., M. Protopapas, P. Bonato, J.T. Burke, R.F. Landrum: Martial arts: time needed for training. *Asian J. Sports Med.* 2 (1). 31–36 (2011)
21. Bushman, B.J., C.A. Anderson: It is time to pull the plug on the hostile versus instrumental aggression dichotomy? *Psychol. Rev.* 108 (1). 273–279 (2001)
22. Callaghan, M.F., C. Negus, A.P. Leff, M. Creasey, S. Burns, J. Glensman et al.: Safety of Tattoos in Persons Undergoing MRI. *New Engl J Med.* 380 (5). 495–496 (2019)
23. Carré, J.M., L.W. Hyde, C.S. Neumann, E. Viding, A.R. Hariri: The neural signatures of distinct psychopathic traits. *Soc. Neurosci.* 8 (2). 122–135 (2013)
24. Chester, D.S., C.N. DeWall: The pleasure of revenge: retaliatory aggression arises from a neural imbalance toward reward. *Soc. Cogn. Affect. Neurosci.* 11 (7). 1173–1182 (2016)
25. Cikara, M., A.C. Jenkins, N. Dufour, R. Saxe: Reduced self-referential neural response during intergroup competition predicts competitor harm. *NeuroImage* 96. 36–43 (2014)
26. Costanzo, E.Y., M. Villarreal, L.J. Drucaroff, M. Ortiz-Villafañe, M.N. Castro, M. Goldschmidt et al.: Hemispheric specialization in affective responses, cerebral dominance for language, and handedness: Lateralization of emotion, language, and dexterity. *Behav. Brain Res.* 288. 11–19 (2015)
27. Couppis, M.H., C.H. Kennedy: The rewarding effect of aggression is reduced by nucleus accumbens dopamine receptor antagonism in mice. *Psychopharmacology* 197 (3). 449–456 (2008)
28. Craig, A.D.B.: Forebrain emotional asymmetry: a neuroanatomical basis? *Trends Cogn. Sci.* 9 (12). 566–571 (2005)
29. Cromwell, H.C., W. Schultz: Effects of expectations for different reward magnitudes on neuronal activity in primate striatum. *J. Neurophysiol.* 89 (5). 2823–2838 (2003)

6. Literaturverzeichnis

30. Decety, J., C. Chen, C.L. Harenski, K.A. Kiehl: Socioemotional processing of morally-laden behavior and their consequences on others in forensic psychopaths. *Hum. Brain Mapp.* 36 (6). 2015–2026 (2015)
31. Decety, J., C. Lamm: The role of the right temporoparietal junction in social interaction: how low-level computational processes contribute to meta-cognition. *Neuroscientist* 13 (6). 580–593 (2007)
32. Decety, J., E.C. Porges: Imagining being the agent of actions that carry different moral consequences: an fMRI study. *Neuropsychologia* 49 (11). 2994–3001 (2011)
33. Delgado, M.R.: Reward-related responses in the human striatum. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 1104. 70–88 (2007)
34. Demaree, H.A., D.E. Everhart, E.A. Youngstrom, D.W. Harrison: Brain lateralization of emotional processing: historical roots and a future incorporating "dominance". *Behav. Cogn. Neurosci. Rev* 4 (1). 3–20 (2005)
35. Dudeck, M., Z. Sasic-Vasic, S. Otte, K. Rasche, K. Leichauer, S. Tippelt et al.: The association of adverse childhood experiences and appetitive aggression with suicide attempts and violent crimes in male forensic psychiatry inpatients. *Psychiatry Res.* 240. 352–357 (2016)
36. Duff, E.P., R. Cunnington, G.F. Egan: REX: response exploration for neuroimaging datasets. *Neuroinformatics* 5 (4). 223–234 (2007)
37. Duntley, J.D., D.M. Buss: Homicide adaptations. *Aggress. Violent Behav.* 16 (5). 399–410 (2011)
38. Duverne, S., E. Koechlin: Rewards and Cognitive Control in the Human Prefrontal Cortex. *Cereb. Cortex* 27 (10). 5024–5039 (2017)
39. Elbert, T., J.K. Moran, M. Schauer: Lust for violence: Appetitive aggression as a fundamental part of human nature. *Neuroforum* 23 (2). A77-A84 (2017)
40. Elbert, T., M. Schauer, J.K. Moran: Two pedals drive the bi-cycle of violence: reactive and appetitive aggression. *Curr. Opin. Psychol.* 19. 135–138 (2018)
41. Elbert, T., R. Weierstall, M. Schauer: Fascination violence: on mind and brain of man hunters. *Eur. Arch. Psychiatry Clin. Neurosci.* 260 Suppl 2. S100-S105 (2010)
42. Fabio, R.A., G.E. Towey: Cognitive and personality factors in the regular practice of martial arts. *J. Sport Med. Phys. Fit.* 58 (6). 933–943 (2018)
43. Floresco, S.B.: The nucleus accumbens: an interface between cognition, emotion, and action. *Annu. Rev. Psychol.* 66. 25–52 (2015)
44. Fydrich, T., B. Renneberg, B. Schmitz, H.U. Wittchen: SKID-II. Strukturiertes Klinisches Interview für DSM-IV Achse II: Persönlichkeitsstörungen. Interviewheft. Hogrefe Göttingen 1997.

6. Literaturverzeichnis

45. Geurts, D.E.M., K. von Borries, I. Volman, B.H. Bulten, R. Cools, R.J. Verkes: Neural connectivity during reward expectation dissociates psychopathic criminals from non-criminal individuals with high impulsive/antisocial psychopathic traits. *Soc. Cogn. Affect. Neurosci.* 11 (8). 1326–1334 (2016)
46. Golden, S.A., M. Jin, C. Heins, M. Venniro, M. Michaelides, Y. Shaham: Nucleus Accumbens Drd1-Expressing Neurons Control Aggression Self-Administration and Aggression Seeking in Mice. *J. Neurosci.* 39 (13). 2482–2496 (2019)
47. Gómez, J.M., M. Verdú, A. González-Megías, M. Méndez: The phylogenetic roots of human lethal violence. *Nature* 538 (7624). 233–237 (2016)
48. Gousias, I.S., D. Rueckert, R.A. Heckemann, L.E. Dyet, J.P. Boardman, A.D. Edwards, A. Hammers: Automatic segmentation of brain MRIs of 2-year-olds into 83 regions of interest. *NeuroImage* 40 (2). 672–684 (2008)
49. Halbeisen, G.: Verstärker. In: M.A. Wirtz (eds.): *Dorsch - Lexikon der Psychologie*. Vol. 19. Hogrefe Göttingen 2020.
50. Hammers, A., R. Allom, M.J. Koeppe, S.L. Free, R. Myers, L. Lemieux et al.: Three-dimensional maximum probability atlas of the human brain, with particular reference to the temporal lobe. *Hum. Brain Mapp.* 19 (4). 224–247 (2003)
51. Hampel, R., H. Selg: FAF. Fragebogen zur Erfassung von Aggressivitätsfaktoren. Vol. 2. Hogrefe Göttingen 1998.
52. Haney, C., C. Banks, P. Zimbardo: Interpersonal dynamics in a simulated prison. *Int. J. Criminol. Penol.* 1. 69–97 (1973)
53. Harenski, C.L., D.M. Thornton, K.A. Harenski, J. Decety, K.A. Kiehl: Increased frontotemporal activation during pain observation in sexual sadism. *Arch. Gen. Psychiatry* 69 (3). 283–292 (2012)
54. Harnischmacher, R.F.J.: *Der Hooligan und sein Weltbild. Eine Einführung in dieses Zeitphänomen der Gewalt. Die Kriminalpolizei Zeitschrift der Gewerkschaft und Polizei* (Juni). 1-5 (2006)
55. Hecker, T., K. Hermenau, A. Maedl, M. Schauer, T. Elbert: Aggression inoculates against PTSD symptom severity-insights from armed groups in the eastern DR Congo. *Eur. J. Psychotraumatol.* 4. 1-9 (2013)
56. Holloway, Z.R., N.B. Paige, J.F. Comstock, H.G. Nolen, H.J. Sable, D.B. Lester: Cerebellar Modulation of Mesolimbic Dopamine Transmission Is Functionally Asymmetrical. *Cerebellum* 18 (5). 922–931 (2019)
57. Horn, W.: *Leistungsprüfsystem. LPS*. Vol. 2. Hogrefe Göttingen 1983.
58. IBM Corp.: *IBM SPSS Advanced Statistics 25*. IBM Corp. Armonk, NY. 2017.
59. IBM Corp.: *IBM SPSS Statistics for Windows. Version 24.0*. IBM Corp. Armonk, NY. Released 2016.

6. Literaturverzeichnis

60. Jones, D.: Human behaviour: killer instincts. *Nature* 451 (7178). 512–515 (2008)
61. Jonsson, S., J. Morud, R. Stomberg, M. Ericson, B. Söderpalm: Involvement of lateral septum in alcohol's dopamine-elevating effect in the rat. *Addict. Biol.* 22 (1). 93–102 (2017)
62. Kareken, D.A.: Missing motoric manipulations: rethinking the imaging of the ventral striatum and dopamine in human reward. *Brain Imaging Behav.* 13 (2). 306–313 (2019)
63. Knutson, B., S.E.B. Gibbs: Linking nucleus accumbens dopamine and blood oxygenation. *Psychopharmacology* 191 (3). 813–822 (2007)
64. Köbach, A., T. Elbert: Sensitive Periods for Developing a Robust Trait of Appetitive Aggression. *Front. Psychiatry* 6. 144 (2015)
65. Köbach, A., S. Schaal, T. Elbert: Combat high or traumatic stress: violent offending is associated with appetitive aggression but not with symptoms of traumatic stress. *Front. Psychol.* 5. 1518 (2014)
66. Kringelbach, M.L.: The human orbitofrontal cortex: linking reward to hedonic experience. *Nat. Rev. Neurosci.* 6 (9). 691–702 (2005)
67. Lehrl, S.: Mehrfach-Wortschatz-Intelligenztest. MWT-B. Vol. 5. Spitta GmbH Balingen 2005.
68. Lösel, F., T. Bliesener: Hooliganismus in Deutschland: Verbreitung, Ursachen und Prävention. *MschKrim* 89. 229–245 (2006)
69. May, M.E., C.H. Kennedy: Aggression as positive reinforcement in mice under various ratio- and time-based reinforcement schedules. *J. Exp. Anal. Behav.* 91 (2). 185–196 (2009)
70. Mayes, G.R.: Naturalizing cruelty. *Biol. Philos.* 24 (1). 21–34 (2009)
71. Meyer, H.C., D.J. Bucci: Imbalanced Activity in the Orbitofrontal Cortex and Nucleus Accumbens Impairs Behavioral Inhibition. *Curr. Biol.* 26 (20). 2834–2839 (2016)
72. Molenberghs, P., C. Ogilvie, W.R. Louis, J. Decety, J. Bagnall, P.G. Bain: The neural correlates of justified and unjustified killing: an fMRI study. *Soc. Cogn. Affect. Neurosci.* 10 (10). 1397–1404 (2015)
73. Möller-Leimkühler, A.M., B. Bogerts: Kollektive Gewalt: Neurobiologische, psychosoziale und gesellschaftliche Bedingungen. *Nervenarzt* 84 (11). 1345-1358 (2013)
74. Molochnikov, I., D. Cohen: Hemispheric differences in the mesostriatal dopaminergic system. *Front. Syst. Neurosci.* 8. 110 (2014)
75. Moran, J.K. (2015): Neuropsychological and Psychophysiological Substrates of Appetitive Aggression. Dissertation. Universität Konstanz, Konstanz. Mathematisch-Naturwissenschaftliche Sektion Fachbereich Psychologie. Online verfügbar unter <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:352-0-286214>, zuletzt geprüft am 04.11.2019.

6. Literaturverzeichnis

76. Moran, J.K., R. Weierstall, T. Elbert: Differences in brain circuitry for appetitive and reactive aggression as revealed by realistic auditory scripts. *Front. Behav. Neurosci.* 8. 425 (2014)
77. Nandi, C., A. Crombach, M. Bambonye, T. Elbert, R. Weierstall: Predictors of posttraumatic stress and appetitive aggression in active soldiers and former combatants. *Eur. J. Psychotraumatol.* 6. 26553 (2015)
78. Nell, V.: Cruelty's rewards: the gratifications of perpetrators and spectators. *Behav. Brain Sci.* 29 (3). 211-224, discussion 224-257 (2006)
79. Nigel, S., M. Dudeck, J. Streb, R. Weierstall, J.K. Moran: Appetitive und reaktive Aggression auf neuronaler Ebene. Abstraktband. 34. Münchner Herbsttagung der Arbeitsgemeinschaft für Methodik und Dokumentation in der Forensischen Psychiatrie. München, 10.-12.10.2019 LMU München Abteilung für Forensische Psychiatrie.
80. O'Doherty, J.P.: Reward representations and reward-related learning in the human brain: insights from neuroimaging. *Curr. Opin. Neurobiol.* 14 (6). 769–776 (2004)
81. Oldfield, R.C.: The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory. *Neuropsychologia* 9 (1). 97–113 (1971)
82. Olds, J.: Pleasure centers in the brain. *Scientific American* 195 (4). 105–117 (1956)
83. Olds, J., P. Milner: Positive reinforcement produced by electrical stimulation of septal area and other regions of rat brain. *J. Comp. Physiol. Psychol.* 47 (6). 419–427 (1954)
84. Overall, J.E., D.R. Gorham: The brief psychiatric rating scale. *Psychol. Rep.* 10. 799–812 (1962)
85. Parkinson, J.A., J.W. Dalley, R.N. Cardinal, A. Bamford, B. Fehnert, G. Lachenal et al.: Nucleus accumbens dopamine depletion impairs both acquisition and performance of appetitive Pavlovian approach behaviour: implications for mesoaccumbens dopamine function. *Behav. Brain Res.* 137. 149–163 (2002)
86. Plichta, M.M., O. Grimm, K. Morgen, D. Mier, C. Sauer, L. Haddad et al.: Amygdala habituation: a reliable fMRI phenotype. *NeuroImage* 103. 383–390 (2014)
87. Porges, E.C., J. Decety: Violence as a source of pleasure or displeasure is associated with specific functional connectivity with the nucleus accumbens. *Front. Hum. Neurosci.* 7. 447 (2013)
88. Potegal, M.: Temporal and frontal lobe initiation and regulation of the top-down escalation of anger and aggression. *Behav. Brain Res.* 231 (2). 386–395 (2012)
89. Pujara, M., J.C. Motzkin, J.P. Newman, K.A. Kiehl, M. Koenigs: Neural correlates of reward and loss sensitivity in psychopathy. *Soc. Cogn. Affect. Neurosci.* 9 (6). 794–801 (2014)
90. Rosell, D.R., L.J. Siever: The neurobiology of aggression and violence. *CNS Spectr.* 20 (3). 254–279 (2015)

6. Literaturverzeichnis

91. Ross, J.R., M.J. Matava: Tattoo-induced skin "burn" during magnetic resonance imaging in a professional football player: a case report. *Sports health* 3 (5). 431–434 (2011)
92. Schöne, M., S. Seidenbecher, L. Tozzi, J. Kaufmann, H. Griep, D. Fenker et al.: Neurobiological correlates of violence perception in martial artists. *Brain Behav.* 9 (5). e01276 (2019)
93. Schott, B.H., L. Minuzzi, R.M. Krebs, D. Elmenhorst, M. Lang, O.H. Winz et al.: Mesolimbic functional magnetic resonance imaging activations during reward anticipation correlate with reward-related ventral striatal dopamine release. *J. Neurosci.* 28 (52). 14311–14319 (2008)
94. Schultz, W.: Reward functions of the basal ganglia. *J. Neural Transm.* 123 (7). 679–693 (2016)
95. Seymour, B., T. Singer, R. Dolan: The neurobiology of punishment. *Nat. Rev. Neurosci.* 8 (4). 300–311 (2007)
96. Siegel, A., S. Bhatt, R. Bhatt, S.S. Zalcman: The neurobiological bases for development of pharmacological treatments of aggressive disorders. *Curr. Neuropharmacol.* 5 (2). 135–147 (2007)
97. Sogorski, L.: Student als Kampfsportler. Zu Schmerzen aufgelegt. *Der Spiegel.* 09.08.2013. Online verfügbar unter <https://www.spiegel.de/lebenundlernen/uni/mixed-martial-arts-ultraharter-kampfsport-a-912272.html>, zuletzt geprüft am 12.11.2019.
98. SPSS Inc.: *Linear Mixed-Effects Modeling in SPSS: An Introduction to the MIXED Procedure.* SPSS Inc. Chicago 2005.
99. Strata, P., B. Scelfo, B. Sacchetti: Involvement of cerebellum in emotional behavior. *Physiol. Res.* 60 (Suppl. 1). S39-S48 (2011)
100. Takahashi, H., M. Kato, M. Matsuura, D. Mobbs, T. Suhara, Y. Okubo: When your gain is my pain and your pain is my ga neural correlates of envy and schadenfreude. *Science* 323 (5916). 937–939 (2009)
101. The Mathworks Inc.: *MATLAB. Version 8.6 (R2015b).* Natick Massachusetts 2015.
102. Tops, M., M. Quirin, M.A.S. Boksem, S.L. Koole: Large-scale neural networks and the lateralization of motivation and emotion. *Int. J. Psychophysiol.* 119. 41–49 (2017)
103. Uddin, L.Q., J.S. Nomi, B. Hébert-Seropian, J. Ghaziri, O. Boucher: Structure and Function of the Human Insula. *J. Clin. Neurophysiol.* 34 (4). 300–306 (2017)
104. Urban, N.B.L., M. Slifstein, S. Meda, X. Xu, R. Ayoub, O. Medina et al.: Imaging human reward processing with positron emission tomography and functional magnetic resonance imaging. *Psychopharmacology* 221 (1). 67–77 (2012)
105. Vertonghen, J., M. Theeboom, W. Pieter: Mediating factors in martial arts and combat sports: an analysis of the type of martial art, characteristics, and social background of young participants. *Percept. Mot. Skills* 118 (1). 41–61 (2014)

6. Literaturverzeichnis

106. Wang, J.F., N.M. Hindman: Prevention of thermal burns from magnetic resonance imaging in patients with tattoos. *J. Am. Acad. Dermatol.* 80 (5). e101-e102 (2019)
107. Wang, K.S., D.V. Smith, M.R. Delgado: Using fMRI to study reward processing in humans: past, present, and future. *J. Neurophysiol.* 115 (3). 1664–1678 (2016)
108. Weierstall, R., T. Elbert: The Appetitive Aggression Scale-development of an instrument for the assessment of human's attraction to violence. *Eur. J. Psychotraumatol.* 2. 1-11 (2011)
109. Weierstall, R., Elbert, T.: Formen und Klassifikation menschlicher Aggression. In: J. Endrass, A. Rossegger, F. Urbaniok und B. Borchard (eds.): *Interventionen bei Gewalt- und Sexualstraftätern. Risk-Management, Methoden und Konzepte der forensischen Therapie.* pp. 3-26. Medizinisch Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft Berlin 2012.
110. Weierstall, R., S. Huth, J. Knecht, C. Nandi, T. Elbert: Appetitive aggression as a resilience factor against trauma disorders: appetitive aggression and PTSD in German World War II veterans. *PloS one* 7 (12). e50891 (2012)
111. Wellcome Centre for Human Neuroimaging, Institute of Neurology, UCL: SPM. Version 12. London 2014. Online verfügbar unter <http://www.fil.ion.ucl.ac.uk/spm/>, zuletzt geprüft am 06.11.2019.
112. Yamaguchi, T., D. Lin: Functions of medial hypothalamic and mesolimbic dopamine circuitries in aggression. *Curr. Opin. Behav. Sci.* 24. 104–112 (2018)
113. Zhou, D., J. Cho, J. Zhang, P. Spincemaille, Y. Wang: Susceptibility underestimation in a high-susceptibility phantom: Dependence on imaging resolution, magnitude contrast, and other parameters. *Magn. Reson. Med.* 78 (3). 1080–1086 (2017)

Danksagungen

Danksagungen

Die Danksagung ist in der Version aus Datenschutzgründen nicht enthalten.

Danksagungen

Erklärung zur Abfassung der Dissertation

Erklärung zur Abfassung der Dissertation

Ich erkläre, dass ich die der Medizinischen Fakultät der Otto-von-Guericke-Universität zur Promotion eingereichte Dissertation mit dem Titel

Der Nucleus accumbens als hirnfunktionelles Korrelat appetitiver Gewaltperzeption bei Kampfsportlern

in der Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie

mit Unterstützung durch

Prof. Dr. Bernhard Bogerts

ohne sonstige Hilfe durchgeführt und bei der Abfassung der Dissertation keine anderen als die dort aufgeführten Hilfsmittel benutzt habe.

Bei der Abfassung der Dissertation sind Rechte Dritter nicht verletzt worden.

Ich habe diese Dissertation bisher an keiner in- oder ausländischen Hochschule zur Promotion eingereicht. Ich übertrage der Medizinischen Fakultät das Recht, weitere Kopien meiner Dissertation herzustellen und zu vertreiben.

Magdeburg, den 13.12.2019

Maria Schöne

Darstellung des Bildungsweges

Darstellung des Bildungsweges

Der Lebenslauf ist in der Version aus Datenschutzgründen nicht enthalten.

Anlagenübersicht

Anlagenübersicht

- Anlage A Fragebogen für Teilnehmer/innen an Magnetresonanztomographie-untersuchungen an der Klinik für Neurologie der OvG-Universität Magdeburg
- Anlage B Stammdatenblatt
- Anlage C Appetitive and Facilitative Aggression Scale (AFAS)
- Anlage D Fragebogen zu Motiven für Kampfsport
- Anlage E Instruktion des Paradigmas

Fragebogen für Teilnehmer/innen an Magnetresonanztomographieuntersuchungen an der Klinik für Neurologie der OvG-Universität Magdeburg

Name:.....
Vorname:..... Geschlecht:.....Gewicht:.....
Geburtsdatum:.....Größe :

Straße und Hausnummer:.....
Wohnort:.....
Telefon/eMail:...../.....
Beruf:.....

Beantworten Sie bitte folgende Fragen zu möglichen Gegenanzeigen für Ihre Teilnahme an den Untersuchungen (Zutreffendes unterstreichen bzw. ausfüllen):

Sind Sie Träger eines Herzschrittmachers oder anderer elektrischer Geräte ? ja weiß nicht nein

Tragen Sie metallische Implantate (zum Beispiel Zahnschrauben, Zahndraht, künstliche Gelenke, Knochennägel oder metallische mechanische Verhütungsmittel)? ja weiß nicht nein

Wurden bei Ihnen in der Vergangenheit Operationen durchgeführt? ja weiß nicht nein

Wenn ja, wann und welche:

.....

Befinden sich an oder in Ihrem Körper andere metallische Fremdkörper (z.B. Piercing, Metallsplitter) ? ja weiß nicht nein

Tragen Sie ein medizinisches Pflaster ? ja weiß nicht nein

Haben Sie Tattoos (inklusive Permanent MakeUp) ? ja weiß nicht nein

Haben oder hatten Sie einen Tinnitus? ja weiß nicht nein

Haben Sie ein Anfallsleiden (Fallsucht, Epilepsie)? ja weiß nicht nein

Leiden Sie unter Platzangst? ja weiß nicht nein

Besteht die Möglichkeit, dass Sie schwanger sind? ja weiß nicht nein

Beantworten Sie bitte folgende für unsere Untersuchungen wichtigen Fragen:

Sind Sie Brillenträger/in? ja weiß nicht nein

Tragen Sie Kontaktlinsen? ja weiß nicht nein

Haben Sie Hörprobleme? ja weiß nicht nein

Sind Sie linkshändig oder rechtshändig? links weiß nicht rechts

Ich habe alle Fragen auf dieser Seite wahrheitsgemäß und nach bestem Wissen beantwortet.

Ort Datum Unterschrift der Probandin/des Probanden

Informationsblatt

Sehr geehrte Probandin! Sehr geehrter Proband!

Wenn Sie Ihr Einverständnis erklären, nehmen Sie an Untersuchungen teil, bei denen die Methode der Magnetresonanztomographie (MRT) angewandt wird. Im folgenden erhalten Sie einige Informationen zu derartigen Messungen. Selbstverständlich können Sie sich mit allen Fragen zu diesem Thema jederzeit, auch nach Beginn der Untersuchungen, an die Mitarbeiter des Labors für Magnetresonanztomographie wenden.

Allgemeine Informationen

Vor Beginn einer Untersuchung werden Sie vom Untersuchungsleiter ausführlich über die für den Tag geplanten Messungen und deren Zielstellung informiert. Sie haben das Recht, ohne Angabe von Gründen die Teilnahme an der Messung abzulehnen. Auch während der gesamten Untersuchung werden Sie vom Untersuchungsleiter jederzeit gehört und können ohne Angabe von Gründen den Abbruch der Untersuchung verlangen.

Die Untersuchungen dürfen erst beginnen, wenn Sie den Probandenfragebogen und die Einverständniserklärung ausgefüllt und unterschrieben haben.

Die bei den Untersuchungen mit Ihnen gewonnenen Daten werden mit Computern weiterverarbeitet und sollen eventuell für wissenschaftliche Veröffentlichungen verwendet werden. Die Verarbeitung und Veröffentlichung erfolgt in anonymisierter Form, damit ist eine Zuordnung zu Ihrer Person nicht möglich.

Für Ihren Weg zur und von der Untersuchung besteht kein Unfallversicherungsschutz.

Ablauf einer Untersuchung

Für die Untersuchungen müssen Sie sich auf eine Liege legen. Bei einigen Messungen wird in der Nähe des zu untersuchenden Körperteils eine Spule angebracht. Auf der Liege werden Sie dann langsam in die Röhre des Magnetresonanztomographen geschoben oder gefahren. Dort befinden Sie sich während der gesamten Untersuchung, die normalerweise 60 bis 90 Minuten dauert, in einem starken Magnetfeld, das für die Untersuchung benötigt wird. Während der eigentlichen Messung werden zusätzliche Hochfrequenzfelder, die Sie weder spüren noch hören können, und sogenannte Magnetfeldgradienten, die sich als klopfendes oder piepsendes Geräusch bemerkbar machen, eingeschaltet. Während der gesamten Untersuchungen sollten Sie versuchen, möglichst ruhig liegen zu bleiben. Bei Untersuchungen mit der funktionellen Magnetresonanztomographie müssen Sie zusätzlich einige Aufgaben erfüllen, die Ihnen zuvor vom Untersuchungsleiter erklärt werden. Auch bei diesen Untersuchungen ist es von großer Bedeutung, daß Sie sich wenig bewegen. Um dies zu erleichtern, wird Ihr Kopf während einer funktionellen Magnetresonanztomographieuntersuchung mit Polstern und anderen Hilfsmitteln schmerzfrei fixiert.

Methode der Magnetresonanztomographie (MRT)

Die MRT ist ein weitverbreitetes Standardverfahren der bildgebenden Diagnostik, welches bei Einhaltung der Sicherheitsvorschriften nach heutigem Wissensstand keine schädigenden Nebenwirkungen verursacht. Sie nutzt den Effekt, daß die Atomkerne des Wasserstoffs, aus dem wir zu einem ganz großen Teil bestehen, magnetisch sind. Bildlich kann man sich diese als winzig kleine Kompaßnadeln vorstellen. In einem starken *Magnetfeld* orientieren sich die Atomkerne des Wasserstoffs nun so, wie sich eine Kompaßnadel im Erdmagnetfeld ausrichtet. Mittels geeigneter Antennen, die hier Spulen genannt werden, strahlt man für Bruchteile von Sekunden Radiowellen mit geeigneter Frequenz, der sogenannten *Resonanzfrequenz*, aus, die den Orientierungszustand der

Wasserstoffatomkerne stören. Veranschaulicht drehe man mit dem Finger die Kompaßnadel in Ost-West-Richtung. So wie beim Loslassen der Kompaßnadel diese sich wieder in Nord-Süd-Richtung zurückdreht so drehen sich die Atomkerne des Wasserstoffs nach Abschalten der Radiowellen zurück in ihre ursprüngliche Richtung. Dabei senden sie nun ihrerseits Radiowellen zurück, deren Stärke und zeitliches Verhalten vom Gewebetyp abhängt. Zudem kann man durch das zusätzliche Schalten von sogenannten Magnetfeldgradienten den räumlichen Ursprung der Radiowellen eindeutig festlegen. Ein Computer errechnet schließlich aus den aufgezeichneten Radiowellen die Schnittbilder, welche man fachlich auch als *Tomogramme* bezeichnet.

Ziele der Untersuchungen

Mit einer Magnetresonanzuntersuchung können verschiedene Ziele verfolgt werden. Beispielsweise kann ein Bild aufgenommen werden, mit dem Abstände und Volumina von unterschiedlichen Strukturen vermessen werden sollen. Eine andere Variante, nämlich die sogenannte funktionelle Magnetresonanztomographie (fMRT), misst die Vorgänge im Gehirn begleitenden Durchblutungsänderungen mit hoher räumlicher Auflösung. Sie werden vor jeder Untersuchung ausführlich über das konkrete Ziel der Messung informiert.

Mögliche Risiken der Methode

Der Magnetresonanztomograph hält alle für die Sicherheit des Betriebes und insbesondere die Sicherheit der Probanden oder Patienten erforderlichen Grenzwerte ein. Es wurde vom TÜV einer Sicherheitsprüfung unterzogen und wird darüber hinaus in den vorgeschriebenen Intervallen überprüft. Dennoch müssen die nachfolgenden Punkte beachtet werden:

- (a) Herzschrittmacher können im Magnetfeld ihre Funktionsfähigkeit verlieren. Deshalb dürfen Personen mit Herzschrittmachern nicht an den Untersuchungen teilnehmen.
- (b) Personen mit Cochlea-Implantaten, Neurostimulatoren, Defibrillatoren oder Pumpensystemen sollten nicht einem hohen Magnetfeld ausgesetzt werden, da es auch in diesen Fällen zu Risiken durch magnetische Kräfte oder Felder kommen kann.
- (c) Metallische Implantate und andere Fremdkörper wie Geschoßteile können ebenfalls ferromagnetisch sein, durch magnetische Kräfte ihre Position im Körper verändern und dadurch innere Verletzungen hervorrufen.
- (d) Auf ferromagnetische Gegenstände (z. B. Gegenstände, die Eisen oder Nickel enthalten) im Bereich des Magneten (z. B. Messer, Schraubenzieher, Münzen, Haarspangen, ...) wird eine starke Anziehungskraft ausgeübt. Die Gegenstände werden mit großer Geschwindigkeit in den Magneten gezogen und können Versuchspersonen erheblich verletzen.
- (e) Kleine Metallsplitter im Auge können durch magnetische Kräfte bewegt oder gedreht werden und das Auge verletzen.
- (f) Bei einer Messung mit der Magnetresonanztomographie kommt es zur Abstrahlung von hochfrequenter elektromagnetischer Strahlung, wie sie z. B. bei Radiosendern und Funktelefonen auftritt. Dies kann zu einer geringfügigen, aber nicht spürbaren Erwärmung des untersuchten Gewebes führen.
- (g) Bei großflächigen Tattoos kann es zu starken Erwärmungen kommen.
- (h) Das Schalten der Magnetfeldgradienten erzeugt als unerwünschten Nebeneffekt Lärm, der Schallpegel von über 100 dB(A) erreichen kann. Deshalb müssen Sie bei allen Messungen entweder schallabsorbierende Kopfhörer oder Lärmschutzohrenstopfen tragen, die von uns zur Verfügung gestellt werden. Bei Einhaltung dieser Vorsichtsmaßnahme kann eine Schädigung des Hörsystems ausgeschlossen werden.

Einwilligungserklärung

Name der Probandin/des Probanden _____

Ich bin über Wesen, Bedeutung und Tragweite der geplanten Untersuchungen mit der Magnetresonanztomographie eingehend unterrichtet worden. Dazu lag mir ein entsprechender Fragebogen zu Kontraindikationen sowie ein Informationsblatt vor. Zu dem Ablauf und den möglichen Risiken konnte ich Fragen stellen; die mir erteilten Informationen habe ich inhaltlich verstanden. Ich willige hiermit in die Teilnahme an den Untersuchungen ein. Mir ist bekannt, daß ich meine Einwilligung jederzeit ohne Angabe von Gründen widerrufen kann.

Ich weiß, daß die bei Untersuchungen mit mir gewonnenen Daten mit Computern weiterverarbeitet und eventuell für wissenschaftliche Veröffentlichungen verwendet werden sollen. Hiermit bin ich einverstanden, wenn die Verarbeitung und Veröffentlichung in einer Form erfolgt, die eine Zuordnung zu meiner Person ausschließt. Auch diese Einwilligung kann ich jederzeit ohne Angabe von Gründen widerrufen.

Ich weiß, dass die Erstellung einer individuellen Diagnostik nicht das Ziel der hier durchgeführten Messungen ist und dass die aufgenommenen Bilder nicht systematisch auf Auffälligkeiten untersucht werden. Sollten dennoch zufällig in den erhobenen Daten Besonderheiten bemerkt werden, bin ich damit einverstanden, dass die Bilder zur Beurteilung an einen Arzt weitergeleitet werden. Erscheint es nach dieser ersten Beurteilung sinnvoll und notwendig, werde ich über den Befund informiert und beraten.

Mir ist bekannt, dass für meine Wege zur und von der Untersuchung kein Unfallversicherungsschutz besteht.

Ort	Datum	Unterschrift der Probandin/des Probanden
-----	-------	--

Ort	Datum	Unterschrift der Mitarbeiterin/des Mitarbeiters, die/der das Informationsgespräch geführt hat
-----	-------	--

Stammdatenblatt

ID: _____

Erhebungsdatum: ____ . ____ . ____

Untersucher/in: _____

Soziodemographische Daten

1. Geburtsdatum: ____ . ____ . ____

2. Alter (in Jahren): _____

3. Staatsangehörigkeit:

deutsch andere: _____

4. Familienstatus:

- nicht in Partnerschaft lebend
- in Partnerschaft lebend
- verheiratet / in eingetragener Lebenspartnerschaft lebend
- geschieden / eingetragene Lebenspartnerschaft aufgehoben bzw. getrennt lebend
- verwitwet / eingetragener Lebenspartner verstorben

5. Höchster erreichter Bildungsabschluss:

- kein Schulabschluss
- Förderschulabschluss
- Hauptschulabschluss
- Realschulabschluss
- Abitur
- Fachhochschulabschluss/Universitätsabschluss

6. Beruf - gelernt: _____

- aktuell ausgeübt: _____

Gesundheit

1. Sehfähigkeit:

- keine Beeinträchtigungen
- Beeinträchtigung

2. Korrektur der Sehfähigkeitsbeeinträchtigung:

- Brille
- Kontaktlinsen
- keine Korrektur

3. Wurden Sie schon einmal psychologisch oder nervenärztlich behandelt oder beraten?

- Nein
- Ja, und zwar _____

4. Nehmen Sie zurzeit Medikamente ein? Wenn ja, geben Sie bitte Präparate und Dosen an:

5. Größe: _____ cm

6. Gewicht: _____ kg

7. Alkohol:

Nein

Ja, und zwar _____ (Menge: am Tag / pro Woche / pro Monat)

8. Rauchen:

Nein

Ja, ca. _____ Zigaretten am Tag

9. Andere Drogen:

Nein

Ja, und zwar _____

Studienspezifische Fragen

1. Waren Sie schon einmal Opfer von körperlicher Gewalt?

Nein

Ja

Wenn ja, beschreiben Sie die Situation:

2. Haben Sie jemals in Ihrem Leben aktiv **Kampfsport** betrieben?

Nein

Ja, und zwar _____

Wenn ja:

a) Betreiben Sie aktuell Kampfsport?

Nein

Ja, und zwar _____

b) Wie lange haben Sie insgesamt in Ihrem Leben welchen Kampfsport aktiv betrieben?

_____ : _____ Jahre

c) Haben Sie schon einmal an Wettkämpfen teilgenommen?

Nein

Ja, und zwar _____ Mal

d) Verfolgen Sie Wettkämpfe live in Stadien / Arenen?

Nein

Ja

e) Verfolgen Sie Wettkämpfe in den Medien (z. B. Fernsehen, Internet)?

Nein

Ja

3. Sind Sie ein **Fußball** Fan?

- Nein
- Ja, und zwar von _____

Wenn ja:

a) Welcher Fan-Gruppierung ordnen Sie sich am ehesten selbst zu?

- Kategorie A-Fan (friedlich, Kuttenfan)
- Kategorie B-Fan (gewaltbereit)
- Kategorie C-Fan (gewaltsuchend, Hooligan)
- Ultra
- Sympathisant (gelegentliches Fußball Schauen im TV)
- Sonstige: _____

b) Verfolgen Sie (fast) alle Spiele Ihres Teams?

- Ja, Auswärts- und Heimspiele im Stadion
- Ja, aber nur Heimspiele im Stadion
- Nein, vorrangig im Fernsehen
- Nein

c) Wenn Sie Spiele im Stadion verfolgen, wie unterstützen Sie Ihr Team? (Mehrfachantwort möglich)

- Tragen von Fan-Schals und -Kleidung
- Aufhängen von Transparenten
- Fahنشwingen
- Fangesänge
- rhythmisch klatschen
- Choreographien
- Pyrotechnik (z. B. Rauchbomben, Bengalische Feuer)
- Entwenden gegnerischer Zaunfahnen/Fanartikel
- Krawalle/Schlägereien
- Sonstiges: _____

d) Beteiligen Sie sich darüber hinaus aktiv in der Fan-Szene?

- Nein
- Ja, und zwar _____

e) Waren Sie schon einmal an Auseinandersetzungen/Schlägereien in Zusammenhang mit Sport- bzw. Fußballveranstaltungen beteiligt?

- Nein
- Ja, ca. _____ Mal

f) Haben Sie sich schon einmal mit anderen Fans zu einer Schlägerei verabredet?

- Nein
- Ja, ca. _____ Mal

Wo haben Sie diese Schlägereien ausgetragen?

Bemerkungen:

Appetitive and Facilitative Aggression Scale (AFAS)

Lieber Teilnehmer, liebe Teilnehmerin,
 bitte beantworten Sie die folgenden Fragen und achten Sie darauf keine auszulassen.
 Manche Leute reagieren auf Frustrationen oder Ungerechtigkeiten im Alltag eher gelassen,
 andere zeigen eher ihren Ärger. Hier folgen einige Fragen, wie Sie sich **in ihrem Leben
 bisher** gefühlt und verhalten haben. Kreuzen Sie bitte jeweils eine der Antwortmöglichkeiten
 an, je nachdem welche Häufigkeit auf Sie zutrifft. Versuchen Sie, spontan zu antworten und
 nicht zu lange nachzugrübeln.
 Vielen Dank!

	Wie häufig in Ihrem Leben...	Nie	Selten	Manchmal	Oft	Sehr oft
1.	Traten Sie aus Frust einen Gegenstand oder warfen ihn umher?					
2.	Fanden Sie Sportarten aufregender, in denen Blut floss?					
3.	Waren Sie so gereizt, dass Sie sich an anderen Menschen abreagierten?					
4.	Wollten Sie jemanden noch mehr einschüchtern, wenn Sie merkten, dass diese Person Angst vor Ihnen hatte?					
5.	Schlugen Sie aus Ärger so fest auf den Tisch, dass Ihnen die Faust danach weh tat?					
6.	Wollten Sie möglichst vor Ort sein, wenn Sie von einem grausamen Ereignis hörten?					
7.	Provozierten Sie andere, einfach weil es Ihnen Spaß machte?					
8.	Wenn Sie wütend auf jemanden waren, malten Sie sich schlimme Dinge aus, die der betreffenden Person zustoßen könnten?					
9.	Schauten Sie einer Schlägerei zu, auch wenn Sie sich selbst dabei in Gefahr gebracht haben?					
10.	Rutschte Ihnen die Hand aus, weil jemand Sie provozierte?					
11.	Machte es Ihnen Spaß, sich zu prügeln?					
12.	Wenn Sie sich bedroht fühlten, ging es Ihnen besser, wenn Sie sich vorstellten der betreffenden Person zu schaden?					
13.	Gewöhnten Sie sich an die Bilder von Gewalt, sodass Sie immer grausamere Bilder anschauen mussten, um genauso fasziniert zu sein?					
14.	Wenn Sie frustriert waren, suchten Sie körperliche Auseinandersetzungen, um den Frust abzubauen?					
15.	Fanden Sie Gewaltfilme aufregend, in denen die Opfer richtig leiden mussten?					

16.	Machte es Ihnen Spaß, mit anderen Ihre Kräfte zu messen, auch wenn Sie den anderen weh taten?					
17.	Fühlten Sie sich für einen Moment besser, wenn Sie Ihren Frust an anderen ausließen?					
18.	Stachelten Sie andere dazu an, jemanden zu beleidigen oder zu mobben?					
19.	Standen Sie so unter Druck, dass Sie andere Menschen beschimpften, um diesen Druck abzubauen?					
20.	Wenn Sie jemanden körperlich angriffen, fühlten Sie sich stark?					
21.	Schlugen Sie zu, wenn Sie sich in die Enge getrieben fühlten?					
22.	Waren Sie gemein und mussten Sie das nächste Mal gemeiner sein, um wieder die positive Aufregung zu spüren?					
23.	Fühlten Sie sich erleichtert, wenn Sie jemanden anschrien?					
24.	Faszinierte Sie eine Prügelei so sehr, dass Sie nicht aufhören konnten, sich zu prügeln?					
25.	Wenn Sie sich ärgerten, schlugen Sie zu, um Ihrem Ärger Luft zu machen?					
26.	Beschimpften oder beleidigten Sie andere, um sich gut zu fühlen?					
27.	Ließen Sie andere Ihren Ärger spüren, wenn Sie wegen denen nicht das bekamen, was Sie wollten?					
28.	Gab Ihnen eine Prügelei ein so gutes Gefühl, dass Sie auch Verletzungen in Kauf nahmen?					
29.	Fühlten Sie sich besser, wenn Sie jemanden schlugen, durch den Sie sich bedroht fühlten?					
30.	Zerstörten Sie Dinge, wenn Ihnen etwas weh tat?					
		Nie	Selten	Manchmal	Oft	Sehr oft

ID: _____

Erhebungsdatum: ____ . ____ . ____

Fragebogen zu Motiven

Warum betreiben Sie Kampfsport?

Kreuzen Sie bitte jeweils eine der fünf Antwortmöglichkeiten danach an, ob das jeweilige Motiv für Sie **gar nicht** (1) oder sogar **sehr** (5) zutrifft.

	1	2	3	4	5
zur Selbstverteidigung	<input type="checkbox"/>				
Ablenkung vom Alltagsstress, Flucht aus Normalität	<input type="checkbox"/>				
Abbau von Aggressionen/Wut	<input type="checkbox"/>				
Es macht mir Spaß.	<input type="checkbox"/>				
gegen die Langeweile	<input type="checkbox"/>				
ausgewogenes Ganzkörpertraining	<input type="checkbox"/>				
mentale Selbstbeherrschung	<input type="checkbox"/>				
Körperbeherrschung	<input type="checkbox"/>				
Stärkung des Selbstbewusstseins	<input type="checkbox"/>				
um andere zu schlagen/verletzen	<input type="checkbox"/>				
Interesse wurde geweckt (z. B. durch Schulsport, Medien, Veranstaltungen)	<input type="checkbox"/>				
andere (z. B. Bekannte, Idole) betreiben ebenfalls Kampfsport	<input type="checkbox"/>				
aus kulturellen Gründen	<input type="checkbox"/>				
professionelle Karriere als Wunsch/Ziel	<input type="checkbox"/>				
Spaß an Wettkämpfen/Vergleichen, Messen mit anderen	<input type="checkbox"/>				
Talent wurde entdeckt (z. B. im Schulsport)	<input type="checkbox"/>				
durch Ausbildung/Studium (z. B. Sportwissenschaften)	<input type="checkbox"/>				

Gibt es für Sie noch weitere Gründe Kampfsport zu betreiben?

- _____
- _____
- _____
- _____
- _____

Anlage E

Im Folgenden sehen Sie einige Bilder.

Bitte bewerten Sie diese von 1-6 dahingehend, wie gewalttätig Sie diese empfinden.

1 bedeutet: gar nicht gewalttätig

6 bedeutet: sehr gewalttätig

Bitte bewerten Sie anschließend von 1-6, wie angenehm Sie diese empfinden.

1 bedeutet: gar nicht angenehm

6 bedeutet: sehr angenehm

Bitte bewerten Sie erst nach der Aufforderung.