

**Bochumer  
Masterarbeiten  
2014**

**MASTER**

**KRIMINOLOGIE UND  
POLIZEIWISSENSCHAFT**

**Dr. Kai Thomas**

**Kriminalität und  
Neuroanatomie**

**Führen Läsionen in Hirnstrukturen zu  
einschlägigen Straftaten?**

**E-Book  
[www.felix-verlag.de](http://www.felix-verlag.de)**



**ISBN 978-3-86293-097-5**

**Kriminalität und Neuroanatomie**  
**- Führen Läsionen in Hirnstrukturen zu einschlägigen Straftaten? -**

Masterarbeit zur Erlangung des Titels  
Master of Arts  
Kriminologie und Polizeiwissenschaft  
der Ruhr-Universität-Bochum

vorgelegt von  
Dr. med. Kai Thomas  
2014

Erstgutachter: Dr. rer. nat. Dipl.-Biol. Klaus Zanger  
Zweitgutachter: Dipl.-Soz. Ruth Sapelza M.A.

**Meiner Familie**

## Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einleitung</b>	<b>5</b>
1.1 Einführung in das Thema	5
1.2 Aufbau der Masterarbeit	9
1.3 Zielsetzung der Masterarbeit	9
<b>2 Das menschliche Gehirn und seine Rolle bei der Begehung von Straftaten</b>	<b>13</b>
2.1 Geschichtliche Betrachtung	13
2.2 Das Gehirn als Ort von Entscheidungsprozessen	16
2.3 Zur Relevanz von Hirnschädigungen im juristischen Kontext	17
2.4 Methodisches Vorgehen	19
2.5 Allgemeiner Aufbau des Gehirns	19
2.6 Hirnregionen und ihr Bezug zu Straftaten	22
2.6.1 Präfrontaler Cortex	22
2.6.2 Das limbische System	27
2.6.2.1 Corpora mamillaria	31
2.6.2.2 Amygdala	35
2.6.2.3 Hippocampus	39
2.6.3 Locus Caeruleus	43
2.6.4 Cerebellum	46
2.7 Funktioneller Zusammenhang verschiedener Strukturen	50
2.7.1 Entwicklung in der Adoleszenz	50
2.7.2 Die antisoziale Persönlichkeit	52
2.7.3 Das Klüver-Bucy Syndrom	53
2.8 Bewertung der Ergebnisse	54
2.9 Aktuelle und zukünftige Probleme der Hirnforschung	55
<b>3 Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>58</b>
<b>4 Literaturverzeichnis</b>	<b>64</b>
<b>5 Eidesstattliche Versicherung</b>	<b>78</b>

## **1 Einleitung**

### **1.1 Einführung in das Thema**

Allen Gesellschaftsformen ist gemein, dass sie durch Rechtsordnungen das Verhältnis der Individuen zueinander regeln. In totalitären Staaten steht die Unterdrückung der Einwohner durch das System einer möglichst frei gestalteten Selbstverwirklichung des Einzelnen entgegen. Speziell in der Demokratie wird jedem Menschen das Recht zur freien Entfaltung der Persönlichkeit eingeräumt (Trockel, 1974). Im Liberalismus wird die Idee dahingehend formuliert, dass eine Selbstverwirklichung des Einzelnen solange möglich ist, wie durch sein Tun keine Rechte anderer Menschen tangiert werden (Ehinger, 1973). Diese juristische, moralische und gesellschaftliche Norm ermöglicht ein geordnetes Zusammenleben in einer Gruppe. Sie garantiert jeder Person ein Grundmaß an Schutz und Sicherheit. Regeln und Gesetze entstehen aus dem Wunsch, den Fortbestand einer Gemeinschaft zu sichern. Wer dagegen verstößt, widersetzt sich unweigerlich diesem Prinzip. Bei genauer Betrachtung sind die Gründe für gesetzeswidriges Handeln vielfältig und individuell von der Person abhängig. Neben leicht nachvollziehbaren Motiven, wie der Steigerung des persönlichen Nutzens, existieren auch vermeintlich irrationale Gesetzesverstöße. Sie entziehen sich vordergründig jeglichem Erklärungsversuch. Speziell Gewalt und Tötungsdelikte geben bei ungeklärten Beweggründen Rätsel auf.

Straftaten stellen im Allgemeinen eine große Herausforderung an die Gesellschaft dar. Der Umgang mit Tätern, das zu verhängende Strafmaß für einen Gesetzesverstoß und die Reaktion der Bevölkerung auf ein Delikt sind hier nur Teilaspekte einer komplexen Problematik. Unweigerlich kommt die Frage des „Warum“ auf. Warum hat der Täter die Tat verübt? Sie beinhaltet den Wunsch, das menschliche Handeln, speziell das kriminelle Verhalten, erklär- und begreifbar zu machen. Eng verbunden mit ihr ist das Bedürfnis,

daraus Lehren ziehen zu können, die erneute Straftaten verhindern oder zumindest weniger wahrscheinlich machen.

Typisch für das Individuum ist die Vorstellung, man selber würde niemals zu einem Verbrecher werden. Als Kriminellen möchte sich kaum jemand titulieren lassen. Gegen die Normen der Gesellschaft können aus Sicht der meisten Leute nur „die Anderen“ verstoßen.

Die Experimente von Stanley Milgram unter dem Titel „obedience to authority“ zeigten auf eindrucksvolle Weise, dass selbst zuvor nie kriminell gewordene Menschen in der Lage sind, moralisch und juristisch unrechtmäßig zum Nachteil Anderer zu handeln (Milgram, 1968). In dem bekanntesten der Versuche mimte ein Schauspieler einen vermeintlichen Probanden, der durch Stromstöße zum Lernen von Begriffen animiert werden sollte. Ein weiterer Proband führte beim falschen Wiederholen eben jener Begriffe die Bestrafung für den ersten Probanden durch. Letzterer wusste nicht, dass ihm ein professioneller Schauspieler gegenüber saß und die Stromstöße nicht echt waren. Ein Versuchsleiter animierte den Probanden fortlaufend höhere und intensivere Stromstöße zu geben, um den angeblich zu erzielenden Lerneffekt beim Merken der Begriffe zu erreichen. Die Versuchsteilnehmer handelten befehlsgemäß. Sie verabreichten dem Gegenüber die Stromstöße. In den Versuchen waren sie zunehmend mit dem (vorgespielten) Leid ihres Opfers konfrontiert, machten aber dennoch weiter. Die Verantwortung für ihr Handeln schoben sie auf die Autorität und die Ermächtigung durch den Versuchsleiter.

Die Studie veränderte die akademische Sicht dahingehend, dass jedem Menschen grundsätzlich unter begünstigenden Faktoren die Fähigkeit zugesprochen wurde, zum Verbrecher werden zu können (Benjamin & Simpson, 2009).

Der Nachweis, dass sogenannte Durchschnittsbürger in relativ kurzer Zeit jegliche ethischen Prinzipien beiseite lassen können, stellte die Suche nach einer rein organischen Ursache für Delinquenz in Frage. Die Beteiligung der Bevölkerung an Greueltaten, wie den Massenmorden im zweiten Weltkrieg oder dem Aufbau von Konzentrationslagern, konnte damit nicht erklärt

werden. Es blieb die schon früher gemachte Erkenntnis, dass die meisten Menschen durch Autorität zu unmoralischen Taten verleitet werden können (Adorno, 1973).

In den 1960er und 70er Jahren nahmen sich verstärkt die Kulturwissenschaften, allen voran die Soziologie, der Thematik an. Kriminalität wurde als Folge von sozialen Problemen, zwischenmenschlichen Konflikten und ökonomischen Gefällen gesehen (Schneider, H.J., 2007). Dennoch verschwand der medizinisch-naturwissenschaftliche Erklärungsansatz niemals vollständig aus dem fachlichen Diskurs. Mit dem flächendeckenden Einsatz bildgebender Verfahren zur Darstellung des Gehirns, eröffneten sich zahlreiche Versuchsmöglichkeiten für eine gezielte Forschung an unterschiedlichen Populationen. Mörder, Pädophile, Gefängnisinsassen, Maßregelvollzugspatienten und zahlreiche andere Personengruppen konnten in größeren Fallzahlen untersucht werden (vgl. Kap. 2). Besonderes Augenmerk wurde auf Individuen gelegt, bei denen hirnstrukturelle Veränderungen vermutet wurden.

Eine 5 Jahres Follow-up Studie an hirntraumatisierten Patienten zeigte eine vermehrte Anzahl männlicher Probanden, die sexuell übergriffig wurden (Simpson, Blaszczyński & Hodgkinson, 1999). Bei den untersuchten Personen handelte es sich um Menschen, die zuvor nicht straffällig oder in irgendeiner Weise durch sexuelle Distanzminderung auffällig geworden waren. Hierdurch konnte ein konkreter zeitlicher Bezug zwischen dem Unfallereignis und einer Verhaltensänderung festgestellt werden. Für den Bereich der sexuell motivierten Straftaten scheinen demnach bestimmte Veränderungen im Gehirn prädisponierend zu sein. Unklar blieb bei dieser Untersuchung, ob der Bezug zu bestimmten strukturellen Änderungen für alle Menschen im gleichen Maße zutrifft und ob stets die gleichen Delikte wie z.B. Exhibitionismus, Vergewaltigung oder sexuelle Nötigung damit einhergehen.

In einer weiteren Follow-up Studie wurde untersucht, ob Schädelhirntraumen zu vermehrter Aggressivität führen. 25% der über 5 Jahre beobachteten Personen wiesen eine Neigung zu körperlichen Übergriffen gegen Dritte oder zu suizidalen Handlungen auf (Baguley, Cooper & Felmingham, 2006).



Aus retrospektiven Studien sind neuroanatomische Auffälligkeiten im präfrontalen Cortex und im Temporallappen bei Gewalttätern bekannt (Schiltz et al., 2013).

Die vorgenannten Studien konzentrierten sich entweder auf ein ausgesuchtes Klientel und die Art der verübten Straftaten oder fokussierten die Folgen von neuroanatomischen Veränderungen in einem bestimmten Bereich des menschlichen Gehirns. Es wurde jedoch bisher kein Versuch unternommen, eine Brücke zwischen der juristischen, soziologischen und medizinischen Sichtweise auf Verbrechen herzustellen.

Verschiedene Wissenschaftsdisziplinen forschen seit langem an den Ursachen für kriminelles Verhalten. Die Soziologie und Pädagogik fokussieren dabei besonders auf die äußeren Umstände, die eine Straffälligkeit begünstigen. Je nach Betrachtungsweise stehen ökonomische Ursachen, Sozialisierungseffekte, Geschlechterspezifitäten, politische oder religiöse Motive, Einflüsse von Medien und verschiedene Erziehungskonzepte im Fokus (Schneider, H.J., 2007). Die eigentlichen Ursachen werden in den äußeren Einflüssen gesehen, die auf ein Individuum einwirken. Durch eine entsprechend ungünstige Konstellation von Faktoren reagiert der Betroffene mit kriminellem Verhalten.

Die Rechtswissenschaften untersuchen weniger die Ursachen von Kriminalität, sondern befassen sich speziell mit der Definition und Abgrenzung verschiedener Delikte. Ferner beschäftigt sich die Rechtsprechung mit den Folgen einer Tat und den daraus resultierenden Konsequenzen in Form von Strafmaßnahmen.

In der Medizin und Psychologie werden andere Ziele bei der Untersuchung krimineller Handlungen verfolgt. Beide Wissenschaftsdisziplinen gehen davon aus, dass im Individuum selbst die Ursache für sein Wirken zu finden ist. Speziell in der Humanmedizin werden verschiedene Ansätze diskutiert, die allesamt Aspekte der Funktionsweise des menschlichen Organismus repräsentieren. Über ihre Gewichtung bei der Bewertung des Einflusses auf das Handeln des Menschen existieren in der Literatur sehr unterschiedliche

Meinungen. Grundsätzlich wird bei der Ursachenforschung in die Bereiche hirnstrukturelle Auffälligkeiten, hirnfunktionelle Auffälligkeiten, biochemische Variablen und Genetik differenziert (Stolpmann & Müller, 2010).

## **1.2 Aufbau der Masterarbeit**

Im Folgenden werden die zugrunde liegenden Arbeitshypothesen (Kap. 1.3) dargestellt, deren Klärung das Ziel der Masterarbeit ist. Als Untersuchungsgegenstand für die Literaturrecherche wurde das menschliche Gehirn gewählt.

Die Bedeutung des Gehirns bei der Begehung von Straftaten wird ausführlich im Hauptteil erörtert (Kap. 2). Um eine möglichst umfassende Einordnung in den thematischen Kontext zu erhalten, wird eine kurze geschichtliche und juristische Betrachtung der Forschung zum menschlichen Gehirn und seiner Bedeutung in der Frage der Schuldfähigkeit gegeben. Anschließend erfolgt, nach Hirnarealen unterteilt, die Beschreibung von Anatomie, Funktion und Relevanz von Strukturen für konkrete Straftaten. Die Bewertung der Ergebnisse dient der kritischen Diskussion zur Erörterung der eingangs aufgestellten Hypothesen. Spezielle Probleme der Hirnforschung werden aufgegriffen und auf mögliche Lösungen verwiesen.

Die abschließende Zusammenfassung ist verbunden mit einem Ausblick in zukünftige Forschungsbereiche.

## **1.3 Zielsetzung der Masterarbeit**

Durch Untersuchungen auf dem Gebiet der Psychiatrie, Neurologie und Neuroanatomie ist belegt, dass die derzeit bekannten psychischen Störungen mit biochemischen und morphologischen Veränderungen im menschlichen Gehirn einhergehen. Dabei führt nicht jede Erkrankung wie z.B. Schizophrenie, Depression oder eine Persönlichkeitsstörung automatisch zu delinquentem Verhalten (Zhou et al., 2012). Betroffen ist lediglich eine kleine Gruppe psychisch beeinträchtigter Personen. Umgekehrt

gibt es eine Vielzahl potenziell gesunder Menschen, die Straftaten unterschiedlichster Art begehen und gemäß Strafrecht als voll schuldig angesehen werden.

Durch die Einführung moderner, bildgebender Verfahren wie MRT und CT erfährt die Frage nach der Vorhersagbarkeit delinquenten Verhaltens und seiner Ursachenforschung gegenwärtig neue Bedeutung. Die Sichtbarmachung von Entscheidungsprozessen durch die Bestimmung von Stoffwechselaktivität in bestimmten Hirnarealen lässt bei einigen Wissenschaftlern bereits die Hoffnung aufkeimen, man könne in naher Zukunft die Gedanken und Absichten eines Menschen anhand seiner Hirnaktivität ablesen (Burgess, Gonen-Yacoovi & Volle, 2011).

Die Untersuchungen an Gehirnen verstorbener Straftäter zeigen bisweilen starke Abweichungen von der Norm (Groß, 2002). Mit der Etablierung der Leichenschau im 19. Jahrhundert und der Zielsetzung auf den Zusammenhang zwischen Krankheit und Ursache, rückten eben jene Auffälligkeiten ins Blickfeld wissenschaftlichen Interesses. Die gewonnenen Erkenntnisse ließen Rückschlüsse auf die Funktion einzelner Hirnareale zu. Gleichwohl handelte es sich um wenige Daten und Einzelfälle. Die pathologischen und rechtsmedizinischen Untersuchungsweisen waren uneinheitlich und erlaubten keine Vergleichbarkeit, welche dem heutigen Standard entsprochen hätte (Groß, 2002). Erst im 20. Jahrhundert konnte eine Verbesserung erzielt werden, die nicht zuletzt durch die Veröffentlichungen in wissenschaftlichen Fachzeitschriften und internationale Kongresse vorangetrieben wurde.

Die Modernisierung polizeilicher Ermittlungsarbeit, Tataufklärung und die Reformen des Strafrechtssystems im 19. und 20. Jahrhundert ermöglichten eine genauere Betrachtung von Tätergruppen und Persönlichkeiten. Einzelne Personengruppen wie Mörder, Vergewaltiger, Gewalttäter wurden für die medizinische Forschung in größerem Rahmen zugänglich. Hierdurch konnte die Fallzahl in Untersuchungen deutlich erhöht werden, was zu einer solideren Datenbasis führte.

Die elektronische Veröffentlichung erleichtert heutzutage erheblich die Recherche der weltweit gewonnenen Erkenntnisse. Durch den Zugriff auf Datenbanken im World-Wide-Web ist die Suche nach Literatur schnell und umfassend möglich. So kann überprüft werden, ob es übereinstimmende Ergebnisse gibt, die abschließende Schlussfolgerungen zulassen.

Die erwähnten Verbesserungen in Medizin, Kriminalistik und Datenerfassung ermöglichen die Überprüfung von Hypothesen, welche nur in der Zusammenschau vieler wissenschaftlicher Arbeiten geklärt werden können.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist eine Verknüpfung medizinisch gesicherter Erkenntnisse über die Funktionsweise des menschlichen Gehirns mit den soziologisch-juristischen Zuordnungen zu konkreten Delikten. Auffälligkeiten im Aufbau, neuroanatomische Abweichungen von der Normpopulation und Hirnläsionen nach Unfällen werden seit langem für Aggressivität und Sexualstörungen verantwortlich gemacht. Die Medizin konzentriert sich allerdings kaum auf die Übertragung der Forschung in einen soziologisch-juristischen Kontext. Ob Aggressivität konkret zu Körperverletzung, Mord, Beleidigung oder Sachbeschädigung führt, erscheint weiterhin unklar. Gleiches gilt für den Bereich der Sexualität. Ob eine Hypersexualität, bzw. sexuelle Enthemmung, zu Exhibitionismus, Vergewaltigungen oder Pädophilie führen kann, muss kritisch überprüft werden.

Die Frage bleibt, inwiefern ein organisches Korrelat zu einem ganz speziell zu erwartenden, kriminellen Verhalten führt. Eine eindeutige Antwort könnte die jahrhunderte lange Diskussion über Ursache und Wirkung um ein beträchtliches Maß voranbringen. Juristen und Gesellschaftswissenschaftler wären dann in der Lage einzelne Straftaten einem konkreten Defekt zuzuordnen. Sicherlich würde dies nicht beantworten, wie der Umgang mit einem Verbrecher gestaltet werden soll. Man könnte allerdings eine für die Öffentlichkeit befriedigende Erklärung für vordergründig unverständliche Taten präsentieren. Die erlebte Hilflosigkeit der Wissenschaft hätte ein Ende. Verbrechen müssten nicht länger als von der Natur gegeben hingenommen

werden. Es wäre ursächlich greifbar- mehr noch, es wäre auf einen Ort eingrenzbar, nämlich das Gehirn.

Um die Frage nach der Verknüpfung von Kriminalität und Neuroanatomie zu erforschen, werden für die vorliegende Masterarbeit folgende Arbeitshypothesen angenommen:

1. Die Läsion einzelner Hirnareale führt zu Verhaltensänderungen, die mit der Begehung von Straftaten einhergehen können.
2. Die Art des verübten Delikts ist abhängig vom geschädigten Hirnbereich und für diesen charakteristisch.

## **2 Das menschliche Gehirn und seine Rolle bei der Begehung von Straftaten**

### **2.1 Geschichtliche Betrachtung**

Cesare Lombroso postulierte im 18. Jahrhundert einen Zusammenhang zwischen dem Äußeren eines Menschen und seinem Verhalten. Er stellte die Theorie auf, dass die Schädelform Rückschlüsse auf von einer Person begangene oder noch zu erwartende Verbrechen zuließe (Lombroso, 1876). Fast 100 Jahre zuvor hatte der deutsche Arzt Franz Joseph Gall weitreichende Überlegungen zur Frage der Kriminalitätsentstehung angestellt. Er behauptete nicht nur, dass Charaktereigenschaften direkt aus Mimik, Gestik und Aussehen abzuleiten wären, sondern ordnete sie als Erster bestimmten Hirnarealen zu (Renner 2011). Gemeinhin wird er damit als Begründer der Phrenologie angesehen. Die von Gall formulierten Zusammenhänge stützten sich auf die Annahme, dass die Schädelform eine Aussage über die strukturellen Gegebenheiten des Gehirns zuließe, was nach heutigem Stand der Wissenschaft nicht der Fall ist (Walsa, 1998).

Anfang des 19. Jahrhunderts gewann die Frage nach Ursachen für Verhaltensweisen neuen Aufschwung. Durch die Lehre Sigmund Freuds, Alfred Adlers und Carl Gustav Jungs wurde der Einfluss von exogenen Faktoren auf das Individuum betont (Rapp, 1988). Der Mensch und sein Tun waren demnach durch die auf ihn einwirkenden äußeren Begebenheiten erklärbar. Gleichzeitig gab dieser Ansatz jedem Individuum die Möglichkeit zur selbstbestimmten Veränderung.

Das von Lombroso und Gall als feste statische Größe angenommene, vorbestimmte und durch körperliche Merkmale vermeintlich vorhersagbare Verhalten war (vorläufig) aus der wissenschaftlichen Lehre verschwunden.

Mit der Einführung bildgebender Verfahren in der Medizin rückte der anatomische Aufbau des Gehirns erneut in den Fokus gezielter Untersuchungen. Erstmals konnte am lebenden Menschen beobachtet

werden wie sich auffällige Strukturänderungen in den Hirnarealen auf das Verhalten auswirken können. Durch die Forschungsarbeiten von Allan Cormack und die technische Umsetzung von Godfrey Hounsfield wurde 1972 der erste Computertomograf fertig gestellt, der in einem Londoner Krankenhaus eingesetzt wurde (Raju, 1999). 1973 entwickelten Lauterbur und Mansfield unabhängig von einander die Magnetresonanztomografie, die heute in fast allen Krankenhäusern und Forschungszentren zur Diagnostik zur Verfügung stehen (Lauterbur, 1973; Mansfield & Grannell, 1973).

Die Kenntnisse über die Funktion einzelner Hirnareale führte zur Entwicklung der später kritisch betrachteten Psychochirurgie (White & Williams, 2009). In den USA und Australien wurden vor allem in den 1960er Jahren experimentelle, stereotaktische Hirnoperationen durchgeführt. Teilweise geschah dies unter ethisch äußerst bedenklichen Umständen, wie im Fall von Richard Lousma aus Michigan / USA (Koch, 1976).

Lousma war in mehreren psychiatrischen Einrichtungen untergebracht, da er 1954 im Zustand der Schuldunfähigkeit eine Krankenschwester vergewaltigt und ermordet hatte. 1973 schlugen ihm Ärzte einer Forschungsgruppe an der Lafayette Klinik der Wayne State University in Detroit vor, an einer Vergleichsstudie zur Verödung der Amygdala teilzunehmen. Im Gegenzug wurde ihm ein Leben in Freiheit in Aussicht gestellt. Die gewonnenen Daten sollten mit anderen Patienten verglichen werden, die das Medikament Cyproteronacetat zur Triebdämpfung erhielten. Ziel der Neurochirurgen war der Nachweis, dass eine Hirnoperation der medikamentösen Behandlung überlegen wäre. Letztlich wurde der operative Eingriff durch einen Anwalt verhindert, der bei dem Bezirksgericht in Detroit Beschwerde einlegte. Lousma zog seine Einverständniserklärung zurück. Zusätzlich stellte sich heraus, dass er unzureichend über den Eingriff aufgeklärt worden war. Außerdem hatten zwei Gutachter festgestellt, dass die jahrelange Psychotherapie – anders als von den Ärzten dargestellt – erfolgreich gewesen sei und man eine Entlassung aus der geschlossenen Psychiatrie befürworten könne.

Der Fall erregte viel Aufsehen und führte zu einem Umdenken in der Anwendung der Psychochirurgie (Koch, 1976). Andere Mediziner wiesen

darauf hin, dass bei der geplanten Zerstörung der Amygdala mit großer Wahrscheinlichkeit sogar eine Verschlechterung des Verhaltens im Sinne einer Hypersexualität eingetreten wäre (vgl. Kap. 2.7.3). In den folgenden Jahren nahm die Zahl an psychochirurgischen Eingriffen ab (Hayempour, 2013). Ein möglicher Grund mag die Zunahme medikamentöser Therapieoptionen in den 1970er und 1980er Jahren gewesen sein (Sammet, 2005). Es wurden pharmakologische Wirkstoffe entwickelt, die ebenfalls antiaggressiv und Trieb dämpfend wirkten, ohne ethisch ähnlich bedenklich zu sein wie ein stereotaktischer Eingriff in das Gehirn.

In Deutschland hatte die Psychochirurgie populäre Vertreter. In einer Publikation der Akademie für kriminologische Grundlagenforschung stellte der Neurologe Fritz Roeder die Vorzüge von Amygdalektomien und der Durchtrennung von Stirnhirnbahnen (basofrontale Traktotomie) dar (Roeder, 1971). Er postulierte, dass Aggressionen wesentlich gebessert, wenn nicht gar vollständig beseitigt werden könnten. Entsprechende Studien an geistig Behinderten und Epileptikern hätten zu positiven Befunden geführt (Roeder, 1971). Völlig außer Acht ließ er dabei die sozialen und kulturellen Ursachen von Gewalt. Zudem setzte er Aggression automatisch mit Kriminalität gleich. Ungeachtet dessen wurden stereotaktische Operationen zur Verhaltensmanipulation in Deutschland in den 1970er Jahren regelmäßig durchgeführt (Albrecht & Wille, 1981), bis auch hier die medikamentöse Behandlung in den Vordergrund rückte.

Die Psychochirurgie war letzten Endes ein Beispiel für den Glauben der Forscher an die vermeintlich unbegrenzten Möglichkeiten der Methode. Durch anfängliche Erfolge motiviert, meinten einige Wissenschaftler, man könne jegliches Gewaltverhalten durch stereotaktische Eingriffe auslöschen. Als bedenklich erwies sich die Debatte, die durch einen Brief der Neurochirurgen Vernon Mark, William Sweet und Frank Ervin an das „Journal of the American Medical Association“ im Jahr 1967 angestoßen wurde. Sie forderten einen weitreichenden Einsatz der Amygdalazerstörung bei der amerikanischen Bevölkerung (Mark, Sweet & Ervin, 1967). Ihrer Ansicht nach hätten mehrere tausend Menschen zwangsbehandelt werden



sollen. Sie befürworteten insbesondere die Anwendung von operativen Hirneingriffen bei Straßenrandalierern, gewalttätigen Ehemännern und Afroamerikanern, die sich an den Rassenunruhen beteiligt hatten.

## **2.2 Das Gehirn als Ort von Entscheidungsprozessen**

2006 wurde ein wissenschaftlicher Wettbewerb veranstaltet, um zu testen inwieweit die technischen Möglichkeiten gegeben sind, um die Gedanken von Menschen lesen zu können (Schleim, 2006). Dabei wurden funktionelle MRT Bilder von Probanden aufgenommen, denen 3 Folgen der Serie „Hörmal, wer da hämmert“ gezeigt wurde. Den Versuchsleitern war bekannt, an welchen Stellen die Teilnehmer gelacht hatten und welche Gefühle sie empfanden. Durch Befragung wurden genaue Protokolle erstellt, die insgesamt 12 Items das erfassten, was in den Versuchspersonen vorging als sie bestimmte Szenen sahen. Beispielsweise wurde erhoben, ob sie Musik oder Sprache wahrnahmen, welche Gefühle sie beim Betrachten der Bilder hatten und was inhaltlich in der gezeigten Serienfolge gerade geschah.

Die MRT Daten wurden verschiedenen Forschergruppen zur Verfügung gestellt. Ihre Aufgabe war es, möglichst genau das vorherzusagen, was die Teilnehmer dachten, fühlten und wahrnahmen. Den Wettbewerb gewannen Mathematiker. Sie hatten eine Software entwickelt, mit der die Wahrscheinlichkeit berechnet wurde, dass ein bestimmtes, für dieses Muster typische Gefühl bei der Aktivierung spezifischer Hirnbereiche existiert. Auf diese Weise gelang es nachzuweisen, ob der Proband gerade Musik hörte, lachte oder sich auf eine Schauspielerstimme konzentrierte. Die Differenzierung war sehr genau. Sie hatte im Bezug auf Musik und Sprache eine 85 prozentige Übereinstimmung mit den Protokollen der Befragung durch die Versuchsleiter.

Letztlich konnte bei den Versuchsteilnehmern festgestellt werden, dass die Hirnaktivität beim Denken, Fühlen und Wahrnehmen bestimmten Mustern folgt, die mittels eines bildgebenden Verfahrens sichtbar gemacht und durch eine Software analysiert werden können.

Die Ergebnisse zeigen, dass nicht nur eine Aussage zum inneren Erleben einer Person möglich ist sondern vor allem über die von ihr beobachtete Umwelt – in dem Fall die Fernsehserie. Die Probanden waren eine Art Zwischenspeicher, in welchem Sinneseindrücke aus der Umwelt verarbeitet wurden, die ihrerseits mittels MRT und einer Rechensoftware erkennbar waren.

Trotz der Lokalisation von Gefühlen, Bildern und Emotionen im Gehirn ist es eine weitaus größere Herausforderung hieraus Entscheidungsprozesse abzuleiten die das Individuum vornimmt.

Die Naturwissenschaften haben bekanntlich das Gehirn als Ort für Entscheidungsprozesse bestimmt (Fellows, 2004). Entgegen der Annahmen aus früheren Jahrhunderten, wird die Steuerung des Organismus durch das Nervensystem und das Gehirn als Schaltzentrale mittlerweile nicht mehr bestritten. Details über die genauen Abläufe bleiben dagegen weiter unklar.

### **2.3 Zur Relevanz von Hirnschädigungen im juristischen Kontext**

Bereits im „Criminal-Gesetzbuch des Königreichs von Hannover“ wurde 1840 eine Unterteilung der strafrechtlichen Verantwortlichkeit vorgenommen. Sie sah vor, dass Täter mit einer „Geisteszerrüttung oder Gemütskrankheit“, nicht bestraft werden (Habermeier, 2008).

Bei Strafrechtsverfahren wird von Juristen und Sachverständigen mitunter die Schuldfähigkeit des vermeintlichen Täters kritisch diskutiert. Im § 20 StGB sind dafür vier Kategorien von Störungen aufgelistet die als sogenannte Eingangskriterien für die Anwendung des Paragraphen gelten. Hierunter fallen die krankhafte seelische Störung, die tiefgreifende Bewusstseinsstörung, Schwachsinn oder eine andere seelische Abartigkeit. Diese Begriffe stellen eine ungünstige juristische Klassifikation dar, zumal sie inhaltlich eine diffamierende Konnotation besitzen und 1933 vom nationalsozialistischen Rechtssystem eingeführt wurden (Rasch, 1984).

Bewusst zielt die Rechtsprechung bei der Anwendung des § 20 StGB nicht auf eine Ursachenforschung einer möglichen (psychischen) Störung. Gefragt wird lediglich, ob eine vorliegende Erkrankung die Fähigkeit des Täters beeinträchtigt hat, das Unrecht der Tat zum Tatzeitpunkt einzusehen (Einsichtsfähigkeit) und nach dieser Einsicht zu handeln (Steuerungsfähigkeit). Sofern die Einsichts- oder Steuerungsfähigkeit infolge eines der Eingangskriterien vollständig aufgehoben war, geht man davon aus, dass die Tat im Zustand der Schuldunfähigkeit verübt wurde (Rasch, 1984). War die Einsichtsfähigkeit oder Steuerungsfähigkeit lediglich eingeschränkt aber nicht aufgehoben, so kommt der § 21 StGB zur Anwendung. Hieraus resultiert eine verminderte Schuldfähigkeit.

Hirnpathologische Veränderungen werden bei Strafrechtsverfahren selten erkannt (Schiltz et al., 2010). Selbst in Begutachtungsangelegenheiten wird seitens des fallverantwortlichen psychiatrischen Gutachters kaum ein bildgebendes Diagnoseverfahren hinzugezogen, um morphologische Strukturen im Schädel zu beurteilen.

Mit der Schuldfähigkeit ist die Frage nach der Notwendigkeit einer Unterbringung im Maßregelvollzug nach § 63 und § 64 StGB verknüpft. Das Maßregelvollzugsgesetz (MRVG) definiert den Zweck einer Behandlung in einer spezialisierten Klinik zum einen als Sicherheitsaspekt, um die Bevölkerung vor einem psychisch kranken Straftäter und möglichen Folgetaten zu schützen. Zum anderen will es erreichen, dass durch eine Therapie eine Besserung des Gesundheitszustands und eine positive Legal- und Sozialprognose erlangt wird.

Für eine adäquate Behandlung sollte zunächst die Ursache einer Störung bekannt sein, um ein geeignetes Therapiekonzept entwerfen zu können. Entsprechend sollte Wert auf eine bildgebende Diagnostik mittels Computertomografie (CT) oder Magnetresonanztomografie (MRT) gelegt werden. Sie bieten wichtige Informationen über die mögliche Ätiologie von Verhaltensauffälligkeiten.

Insofern stellen die Arbeitshypothesen dieser Masterarbeit eine für die Rechtsprechung und Medizin gleichermaßen wichtige Thematik dar.

## **2.4 Methodisches Vorgehen**

Die vorliegende Arbeit widmet sich der Frage, ob Läsionen einzelner Hirnbereiche zu spezifischen, für diese Region typischen Straftaten im Verhalten der Betroffenen führen können. Hierzu wurde eine Literaturrecherche in den Datenbanken PubMed, Cochrane Library und in Deutschen Bibliothekskatalogen durchgeführt. Als Suchbegriffe dienten „brain“, „crime“, „offender“, „sexuality“, „violence“, „murder“ sowie die anatomischen Strukturen, welche in Kapitel 2 aufgeführt sind.

Die Ergebnisse wurden nach entsprechenden Hirnstrukturen sortiert. Eine Fotografie eines Hirnschnitts gibt einleitend zu den Kapiteln eine Übersicht. Die Fotografien wurden an einem plastinierten Gehirn und den daraus resultierenden Frontalschnitten angefertigt. Die Präparate stammen aus der anatomischen Sammlung des Instituts für Anatomie der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf (Leiter: Univ.-Prof. Dr. med. Timm Filler).

## **2.5 Allgemeiner Aufbau des Gehirns**

Das Gehirn (lat. Cerebrum) gliedert sich neuroanatomisch in vier Bereiche. Man unterscheidet das Großhirn (Cortex cerebri), das Zwischenhirn (Diencephalon), das Mittelhirn (Mesencephalon) und das Rautenhirn (Rhombencephalon). Klinisch existiert zudem eine Unterscheidung in das Kleinhirn (Cerebellum) und den Hirnstamm (Truncus cerebri), der aus dem Mittelhirn, der Brücke (Pons) und dem verlängerten Mark (Medulla oblongata) besteht.

Jeder Bereich hat unterschiedliche Aufgaben. Das Zusammenspiel aller Hirnareale ermöglicht dem Menschen auf Umwelteinflüsse zu reagieren und die eigenen physiologischen Funktionen aufrecht zu halten. Für die Klärung der Hypothesen der vorliegenden Masterarbeit sind besonders der Cortex und das Zwischenhirn von großer Bedeutung, da hier Entscheidungsprozesse ablaufen, Emotionen entstehen und bewertet

werden, kognitive Verarbeitungen von Sinneseindrücken erfolgen und motorische Reaktionen vorbereitet werden. Störungen dieser Funktionen können sich vielfältig auswirken.

Sehen, Riechen, Schmecken, Hören und Fühlen vermitteln dem Menschen, was um ihn herum geschieht. Die Bewertung der Sinneseindrücke und eine wie auch immer geartete Antwort des Organismus, sei es durch Bewegung, Sprache oder Untätigkeit, sind wichtig für das Überleben in der Umgebung. Das Gehirn leistet dabei eine komplexe Aufgabe. Es bewertet in wenigen Augenblicken die erhaltene Information, vergleicht sie mit früher gemachten Erfahrungen / Erinnerungen und den damit verbundenen Emotionen. Im Anschluss wird eine entsprechende Antwort generiert, die eine Lösung mit der aktuellen Situation ermöglichen soll.

Der Cortex cerebri besteht aus vier Lappen pro Hemisphäre (Schiebler, Schmidt & Zilles, 1999). Dazu zählen der Frontallappen (Lobus frontalis), der Temporallappen (Lobus temporalis), der Parietallappen (Lobus parietalis) und der Occipitallappen (Lobus occipitalis). An der Oberfläche hat der Cortex Windungen (Gyri) und Furchen (Sulci).

Die Großhirnrinde dient der Speicherung von Erlebnisinhalten. Jeweils eine Gruppe von Neuronen ist verschaltet, um diese Inhalte zu repräsentieren. Man spricht auch von einem Zellensemble, das die Abrufbarkeit von Informationen sichert. Motorik und Sensorik können einzelnen Bereichen des Cortex zugeordnet werden, sie sind auf bestimmte Regionen konzentriert (Broca Areale) (Burns & Fahy, 2010). Zu allen Bereichen des Gehirns bestehen Verbindungen, die dem Informationsaustausch dienen. Der Cortex ist die übergeordnete Einheit in der Schaltzentrale „Gehirn“.

Der Hirnstamm steuert allgemeine, lebenserhaltende Mechanismen, wie die Herzrätigkeit und die Atmung (Schiebler et al., 1999). Er verschaltet verschiedene Reflexe, beispielsweise das Husten, wenn man sich verschluckt. Die Informationen über solche Prozesse werden zwar aktiv an das Großhirn weitergeleitet, so dass ein Hustenreflex bewusst wahrgenommen wird. Jedoch unterliegen sie kaum der willkürlichen

Beeinflussung. Sinn und Zweck aus evolutionärer Sicht ist eine möglichst schnelle Reaktion auf Reize, die eine Bedrohung für die physiologische Funktion des Gesamtorganismus darstellen.

Das Kleinhirn (Cerebellum) hat seine Aufgabe in der Koordinierung von Feinmotorik. Außerdem speichert es den zeitlichen Ablauf von Bewegungsfolgen, den sogenannten Fertigkeiten. Es bildet so einen wichtigen Teil des motorischen Lerngedächtnisses (Daum et al., 1993).

Im Folgenden werden die Funktionen der einzelnen Strukturen und ihre anatomische Verbindung zu anderen Bereichen in Bezug auf die Bedeutung für die Verhaltens- und Emotionsregulation erörtert. Auf die Zusammenhänge zu neuroendokrinen und vegetativen Steuerungsmechanismen wird nicht eingegangen.

## **2.6 Hirnregionen und ihr Bezug zu Straftaten**

### **2.6.1 Präfrontaler Cortex**

#### Aufbau und Funktion

Der präfrontale Cortex wird in zwei Untereinheiten gegliedert, den orbitofrontalen Cortex und den dorsolateralen Cortex. Ersterer erhält besonders viele Informationen (Afferenzen) aus dem limbischen System, wie aus der Amygdala und dem Cingulum. Der dorsolaterale Teil hat Verbindungen zum Parietal- und Temporallappen und zum Thalamus (Schiebler et. al., 1999).

Dem präfrontalen Cortex werden viele Funktionen zugeschrieben: Die Entwicklung von Denkstrategien, assoziatives Lernen, das Sexual- und Sozialverhalten, die Orientierung im Raum und die Unterscheidung von Gerüchen. Gleichzeitig sind hier übergeordnete Eigenschaften lokalisiert, die auf das Handeln großen Einfluss ausüben. Dazu gehören Spontaneität und Risikobereitschaft.

Eine spezielle Aufgabe, die nur in geringem Maße von anderen Hirnregionen übernommen wird, ist die Selbstkontrolle des eigenen Verhaltens. Ausschlaggebend hierfür ist das Arbeitsgedächtnis im präfrontalen Cortex. Es speichert die aus dem Langzeitgedächtnis zur Verfügung gestellten Informationen für einige Minuten, so dass aus früher gemachten Lernerfahrungen eine Konsequenz für die aktuelle Situation gezogen werden kann. Dieses Prinzip ermöglicht eine optimale Lösung zu finden, ohne Fehler der Vergangenheit zu wiederholen. Aus dem Langzeitgedächtnis werden erlernte Regeln zu sozialen Interaktionen abgerufen. Sie ermöglichen im Cortex die Hemmung eines möglicherweise sozial nicht angemessenen Antwortverhaltens (Schmidt & Thews, 1997).

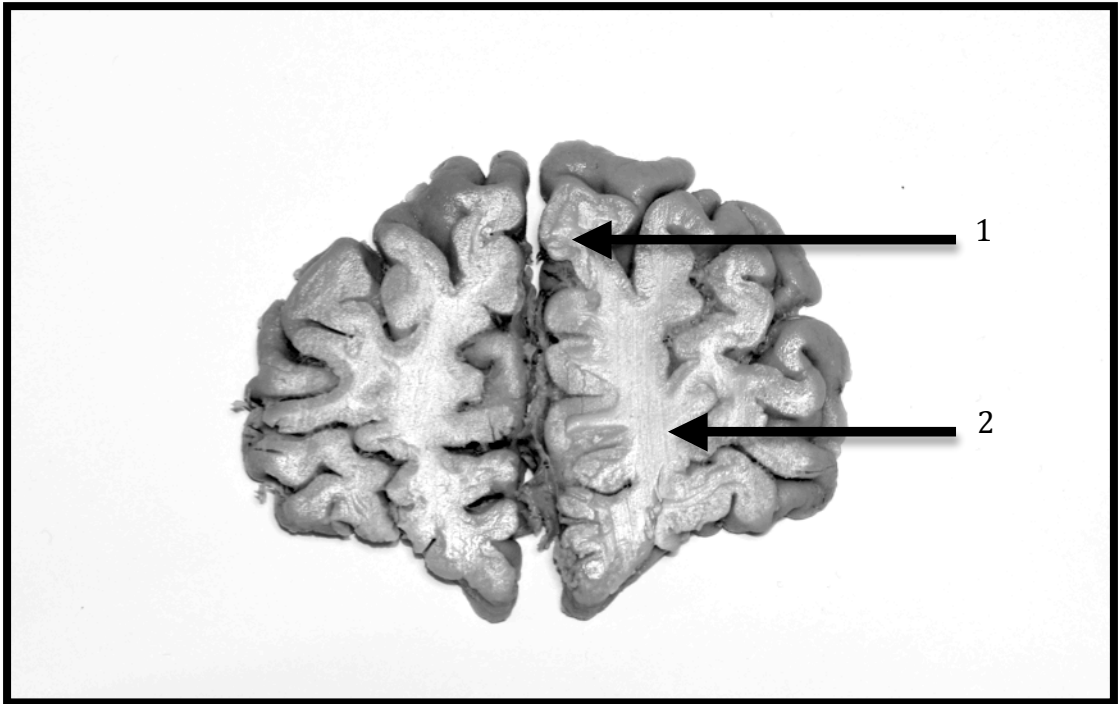


Abbildung 1: Frontalschnitt mit Darstellung des Präfrontalen Cortex (PFC). Zu erkennen sind die linke und rechte Hemisphäre. Die Hirnrinde ist makroskopisch an der grauen Substanz (1) erkennbar. Darunter liegt die weiße Substanz (2).

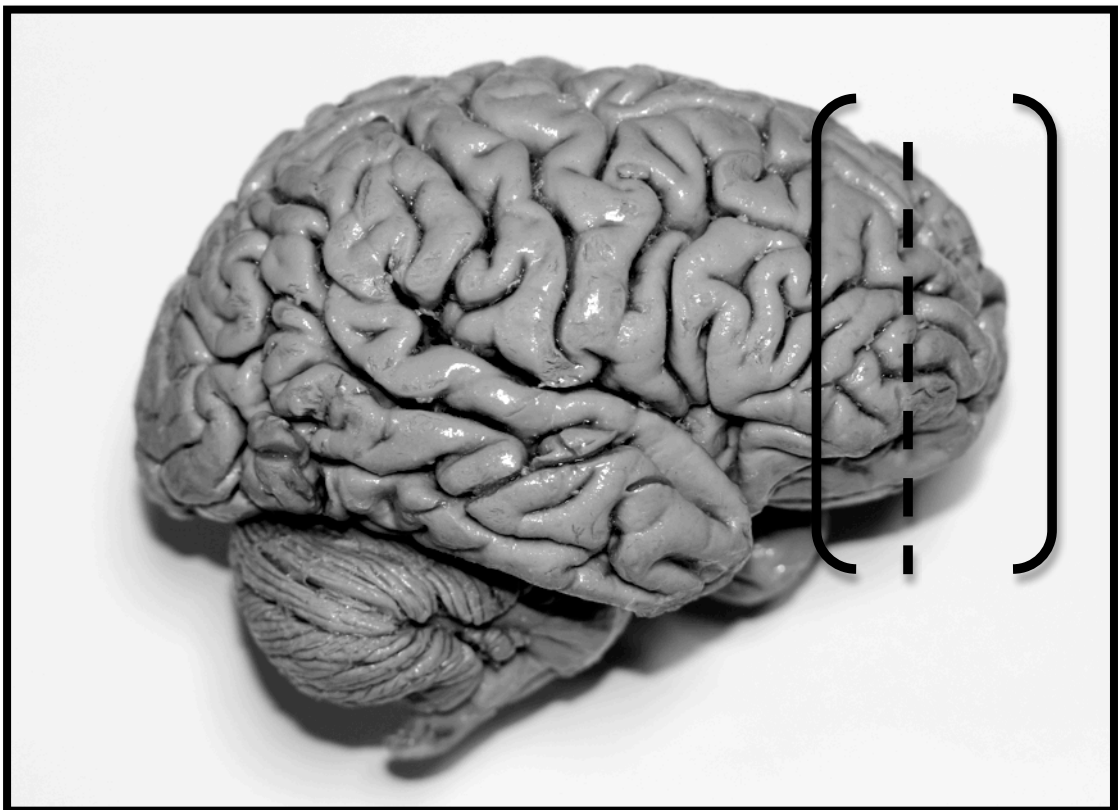


Abbildung 2: Seitenansicht der Großhirnrinde. In Klammern die Lokalisation des Präfrontalen Cortex der rechten Hemisphäre. Gestrichelte Linie: Darstellung der Schnitttrichtung, die Abb. 1 zugrunde liegt.



## Studien

Seit über 150 Jahren gilt der Fall des Phineas Gage als Paradebeispiel für die Folgen einer Frontalhirnläsion (Garcia-Molina, 2012). Bei einem Unfall während einer Felssprengung schoss dem Bahngleisarbeiter eine Eisenstange durch den Schädel. Er überlebte dieses Ereignis, jedoch veränderte sich in der Folge seine Persönlichkeit. Er wurde sexuell distanzlos, reagierte schnell aggressiv, wurde alkoholabhängig und hielt sich nicht mehr an allgemeine Benimmregeln oder soziale Normen. 12 Jahre nach dem Unfall verstarb er an einem epileptischen Anfall (Macmillan, 2000). Durch die Rekonstruktion des Schädels, den Einsatz von Computeranimationen und CT/MRT konnte mittlerweile geklärt werden, welche Hirnareale durch die Eisenstange zerstört worden waren. Die Beschreibung der Verhaltensstörung und der Abgleich mit den anatomisch betroffenen Strukturen gab den Medizinern Aufschluss über Hirnverletzungsfolgen. Es konnte eine direkte Kausalität zwischen äußerer Einwirkung, Zerstörung von Hirnbereichen und anschließender Persönlichkeitsveränderung beobachtet werden. Die Verletzungen waren jedoch nicht für einschlägige Straftaten typisch. Im Vergleich zu Psychopathen, denen ebenfalls eine Störung des Frontalhirns zugeschrieben wird, beeinflussen traumatische Läsionen nicht zwangsläufig die Fähigkeit Empathie zu empfinden (Decety, 2010).

Der präfrontale Cortex wird allgemein mit Affektdelikten in Zusammenhang gebracht. Besonders impulshaftes, gewalttätiges Verhalten scheint durch ihn mit beeinflusst zu werden. Als Hauptursache für Aggressionen wird die unzureichende Hemmung der Gefühle Wut und Ärger angenommen, welche zuvor im limbischen System generiert wurden (Gregg & Siegel, 2001; Siever, 2008). Hierfür wird eine verminderte Ausschüttung des Neurotransmitters Serotonin im präfrontalen Cortex verantwortlich gemacht. Umgekehrt ist ein vermindertes Volumen des PFC mit einer geringeren Serotoninausschüttung assoziiert (Smith et al., 2013). Durch die Gabe von Antidepressiva konnte eine Volumenvermehrung erreicht werden. Dies deutet darauf hin, dass

Antidepressiva einen günstigen Effekt auf impulsiv-aggressives Verhalten haben (Toro-Martinez, 2012).

Die Bedeutung des präfrontalen Cortex bei pädophilen Delikten konnte an einer Gruppe forensischer Patienten nachgewiesen werden (Poepl et al., 2013). Pädosexuelle Neigungen korrelierten in ihrer Stärke mit einer deutlichen Verminderung des Volumens der grauen Substanz im linken dorsolateralen Cortex. Hierbei korrelierte das Alter der Opfer mit dem organischen Befund bei den Tätern. Je jünger die bei der Anlasstat missbrauchten Kinder waren, umso stärker ausgeprägt war die Reduktion der grauen Substanz im orbitofrontalen Cortex. Bei den Tätern lag ein direkter Zusammenhang zwischen einem Tatmerkmal und einem neuroanatomischen Befund vor (Poepl et al., 2013).

Eine PET-Studie verglich die Aktivität des präfrontalen Cortex und subcorticaler Strukturen von Mördern, welche geplant und überlegt bei der Tat vorgingen mit Tätern, die in affektiver Emotionslage ein Tötungsdelikt begangen hatten (Raine et al., 1998). Hierbei wurde die Aktivität einzelner Areale mittels Positronen-Emissions-Tomographie (PET) kontrolliert. In der Studie wurde gezeigt, dass bei Mördern, die ihre Tat zuvor genau geplant hatten, keine Aktivitätsminderung im Frontalhirn besteht. Ein wesentlicher Mechanismus für affektgeleitete Tötungsdelikte ist offensichtlich die mangelnde Kontrolle durch den präfrontalen Cortex (Raine et al., 1998). Zu diesem vermuteten Zusammenhang gibt es weitere Einzelfallberichte, die einen verkleinerten linken PFC beschreiben (Rigoni et al., 2010). Zusätzlich scheinen Alkohol- und Drogenkonsum bei diesen Personen die Bereitschaft zu Straftaten signifikant zu erhöhen. Unklar bleibt, ob der Substanzmissbrauch ursächlich für die Minderung der grauen Substanz ist oder ob ein verkleinertes Frontalhirn für eine Abhängigkeitserkrankung verantwortlich ist (Laakso et al., 2002).

Der orbitofrontale Cortex ist bei Menschen mit Missbrauchserfahrungen in der Kindheit signifikant volumengemindert. Sowohl die längerfristige, über Jahre wiederkehrende Konfrontation mit körperlicher Gewalt als auch

sexuelle Übergriffe, meist durch Familienangehörige, sind hier die Ursache (McCrary, De Brito & Viding, 2012; De Brito et al., 2013). Ferner ist bekannt, dass Menschen mit entsprechenden Erfahrungen in der Kindheit im späteren Leben selbst dazu neigen Sexualstraftaten zu begehen und eine geringere Hemmschwelle zur Anwendung von körperlicher Gewalt entwickeln (Dardis et al., 2014). Die Bandbreite der Verhaltensweisen ist so vielfältig, dass keine Korrelation zwischen der Volumenminderung im Frontalhirn und speziellen Delikten besteht. Es werden sowohl Taten zum Nachteil von Familienangehörigen beschrieben als auch gegenüber unbekanntem Dritten. Die Schwere des verübten Vergehens korreliert nicht mit dem organischen Befund des Täters. Darum ist zu folgern, dass misshandelte Kinder im späteren Leben selber oft zu Tätern werden und dass dies über den Mechanismus einer hirnstrukturellen Veränderung geschieht. In welcher Form sie jedoch straffällig werden, kann vorab nicht festgestellt werden. Hier bestehen individuell sehr große Unterschiede (De Brito et al., 2013).

Die Bedeutung des präfrontalen Cortex bei der Verhaltensregulation ist bekannt (Siever, 2008). Er hat eine hemmende Funktion gegenüber Gefühlen, die vom limbischen System generiert werden und die Einfluss auf die Handlungsbereitschaft haben. Fällt diese regulierende Instanz weg, resultiert daraus oft die Überschreitung sozialer Normen und Regeln. Es kann zu Straftaten kommen (Sapolsky, 2004).

Prospektive Studien zum Einfluss eines Volumendefizits auf die spätere Entwicklung fehlen. Es liegen nur retrospektive Untersuchungen vor, die sich vornehmlich auf sozial auffällige Personengruppen, wie zum Beispiel Strafgefangene und forensisch-psychiatrische Patienten konzentrieren. Hier konnte für bestimmte Läsionen im orbitofrontalen oder dorsolateralen Cortex eine Häufung an Sexualdelikten, affektiven Tötungsdelikten und impulsiv-unkontrollierter Gewaltanwendung festgestellt werden.

## **2.6.2 Das limbische System**

### Aufbau und Funktion

Das limbische System ist ein Oberbegriff für verschiedene anatomische Strukturen im menschlichen Gehirn. In ihrer Gesamtheit sind sie der Bereich, der gemeinhin für die Entstehung und Verarbeitung von Emotionen und Trieben, sowie für Lernen und Gedächtnis verantwortlich ist (Schmidt et al., 1997). Das Wort limbisch leitet sich aus dem Lateinischen „limbus“ (Saum) ab. Dieser Saum aus unterschiedlichen Strukturen des Telencephalons (Endhirn) und Diencephalons (Zwischenhirn) umschließt das Corpus callosum (Balken) (Schiebler et al., 1999).

Zum limbischen System gehören der Hippocampus, der Fornix (Bogen), die Corpora mamillaria (sing. Corpus mamillare; Mamillarkörper), der Gyrus cinguli (Gürtel, cingulärer Cortex), das Corpus amygdaloideum (Amygdala), das Septum pellucidum, der Gyrus parahippocampalis und die Nuclei anterioventrales des Thalamus. Alle Bereiche sind untereinander verbunden, so dass Informationen in einem Kreis verlaufen (Walhovd et al., 2014). Außerdem bestehen zahlreiche Verbindungen zu anderen Hirnregionen, wie dem Kleinhirn, Großhirn und Hypothalamus.

Durch seine zentrale Position im Gehirn hat das limbische System lebenswichtige Aufgaben. Es steuert die Weiterleitung der Informationen, die von den Sinnesorganen aufgenommen werden und gibt die Handlungsplanung des Cortex an die motorischen Zentren weiter. Darüber hinaus schaltet es sich autonom in Entscheidungsprozesse ein, insbesondere wenn es um lebenserhaltende Funktionen wie z.B. das Durst- und Hungergefühl geht (Schmidt et al., 1997).

Das limbische System hat sowohl die Funktion positive wie auch negative Emotionen zu generieren und zu vermitteln. Insofern bildet es die Basis für Lernverhalten mittels Konditionierung. Der Abgleich von gespeicherten Erinnerungen mit aktuellen Ereignissen wird oft über eine emotionale Konnotation ergänzt, sodass aus positiven oder negativen Lernerfahrungen Handlungsmöglichkeiten für die Gegenwart und Problemlösestrategien entwickelt werden können (Schneider & Fink, 2013).

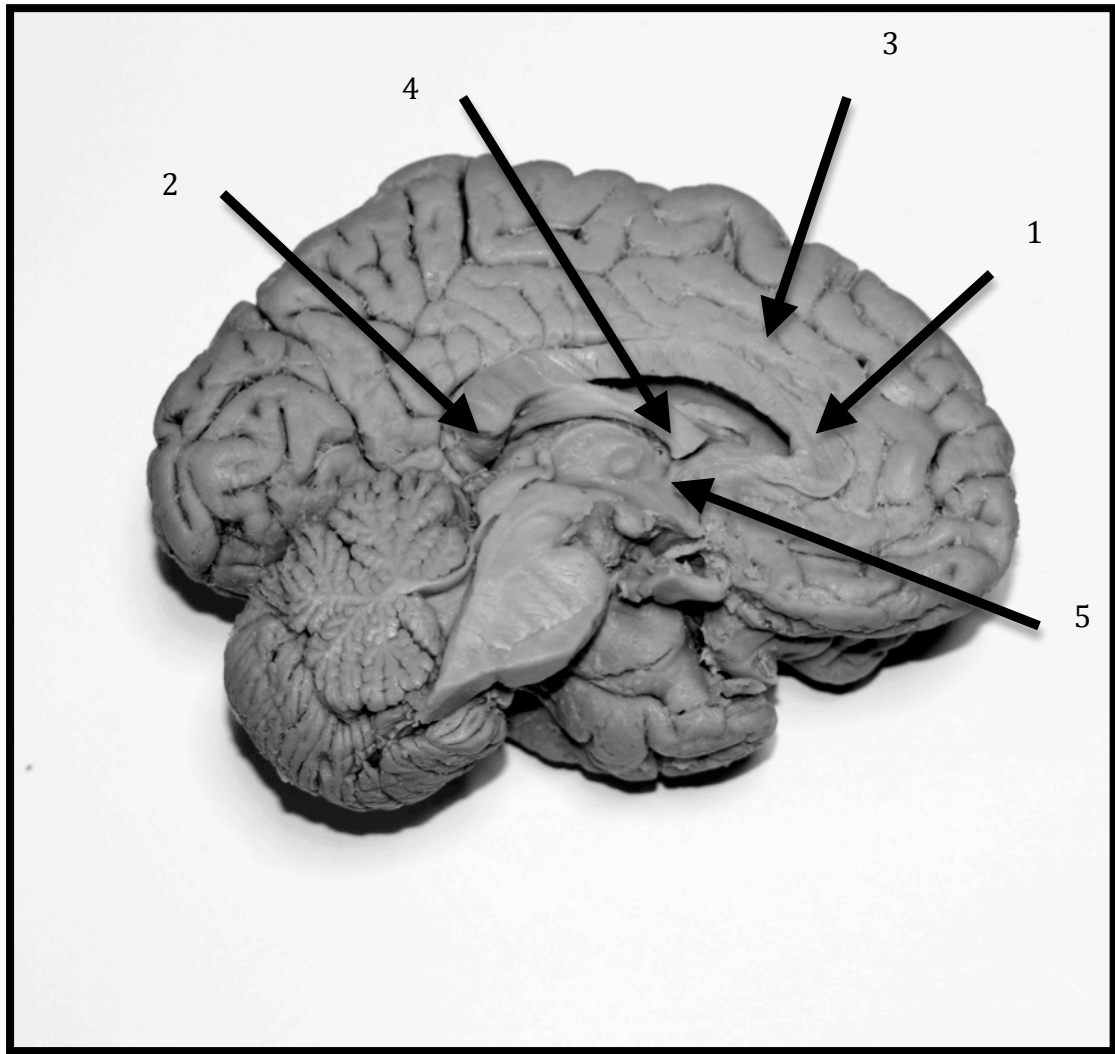


Abbildung 3: Das limbische System umschließt saumartig das Corpus callosum (1), Es besteht aus dem Gyrus parahippocampalis (2), dem Gyrus cinguli / cingulärer Cortex (3), Fornix (4), Thalamus, vordere Kerngebiete (5). Nicht angeschnitten: Corpora mamillaria, Corpus amygdaloideum, Nuclei anterioventrales des Thalamus, Hippocampus. Das Septum pellucidum, welches sich zwischen Corpus callosum und Fornix aufspannt, ist in der vorliegenden Abbildung nicht mehr vorhanden.

## Studien

Besondere Aufmerksamkeit erlangte im Jahr 2013 eine prospektive Studie an entlassenen Gefangenen in den USA (Aharoni, 2013). Untersucht wurde, wie sich eine verminderte oder normale Aktivität im anterioren cingulären Cortex (= Gyrus cingulus, Abb. 3) auf die Wahrscheinlichkeit einer erneuten Haftunterbringung auswirkt.

53% der beobachteten Personen wurden nach 1-4 Jahren nach Entlassung aus der Haft erneut straffällig und in der Folge in einer Justizvollzugsanstalt untergebracht. Weitergehende Untersuchungen zeigten, dass hierbei die Rate derjenigen mit verminderter ACC Aktivität (ACC = anteriorer cingulärer cortex) höher war als die mit normaler. Außerdem wurden sie bereits nach durchschnittlich 25 Monaten (vs. 32) rückfällig. Neuropsychologische Tests zeigten, dass die Fähigkeit dieser Personengruppe, aus Fehlverhalten zu lernen, stark beeinträchtigt war. Demnach hat der ACC eine zentrale Funktion bei Lernprozessen. Außerdem hat er einen Bezug zu wichtigen motorischen Zentren, die ihrerseits eine Handlung vorbereiten. Der ACC moduliert in diesen Zentren die Inhibition einer vorbereiteten Handlung.

Bei Personen, die aus straffälligem Verhalten erfolgreich lernen, leitet der ACC die Information so weiter, dass Lernprozesse in die Entscheidungsfindung einfließen. Handlungen, die vormals negative soziale Konsequenzen hatten, werden erkannt und zukünftig vermieden.

Bei Menschen mit Psychopathie / dissozialer Persönlichkeitsstörung ist dieser Mechanismus des Lernens aus Erfahrungen gestört. Die Wahrscheinlichkeit einer erneuten Straffälligkeit erhöht sich (Aharoni, 2013).

Das limbische System ist die Zentrale der Emotionsentstehung (Catani, Dell'acqua & Thiebaut de Schotten, 2013). Eine Beteiligung an der Steuerung aggressiven Verhaltens und Gewalttaten scheint daher naheliegend zu sein.

Nur selten finden sich Hinweise auf einzelne, isolierte Schädigungen einer der dazugehörigen Strukturen. Meist wird eine Störung im komplexen Zusammenspiel als ursächlich angesehen. Der präfrontale Cortex ist wie im vorherigen Kapitel beschrieben entscheidend für die Hemmung aggressiver

Impulse, die vom limbischen System generiert werden (Davidson, Putnam & Larson, 2000). Neben der mangelnden Funktionsfähigkeit dieses hemmenden Systems, machen einige Autoren eine verstärkte Aktivität des limbischen Systems für Gewalttätigkeit verantwortlich. Diese könne selbst bei normaler Funktion des Cortex nicht ausreichend kontrolliert werden (Patrick, 2008; Faria, 2013).

Aggressivität hat viele Formen. Zu ihr werden körperliche, aggressive Handlungen gegenüber Dritten, Selbstverletzung und Suizidalität und impulsives Auftreten, meist in Form verbaler Entgleisung gerechnet (Gvion & Apter, 2011). Aus der klinischen Beobachtung heraus weiß man, dass diese Eigenschaften mittels der Pharmakotherapie durch einen selektiven Serotonin Wiederaufnahmehemmer (SSRI) beeinflusst werden können. Vermutlich kann Aggressivität auf einen Serotoninmangel, besonders in Zentren des limbischen Systems, zurückgeführt werden (Takahashi et al., 2012). Dieses Neurotransmitter-Defizit ist eventuell für die Entstehung anderer Auffälligkeiten wie Alkoholismus und Depressionen verantwortlich (Handlesman et al., 1996).

Aktuelle Untersuchungen zeigen, dass Wechselwirkungen und Konzentrationen der Transmitter in neuronalen Systemen mehr Bedeutung für das Handeln beigemessen wird als strukturellen Besonderheiten in den Gehirnzentren (Coccaro et al., 2011).

Nur zu wenigen limbischen Strukturen existieren dezidierte Hinweise, ob sie eine Rolle bei der Entstehung von sozial unverträglichem Verhalten spielen. Hierzu zählen die Corpora mamillaria und die Amygdala (siehe folgende Kapitel).

### **2.6.2.1 Corpus mamillare**

#### Aufbau und Funktion

Die Corpora mamillaria (Mamillarkörper) sind Teil des limbischen Systems und liegen als erbsenförmige Gebilde an der Unterseite des Gehirns (vgl. Abbildung 4) (Tagliamonte et al., 2013). Entwicklungsgeschichtlich können sie dem Diencephalon (Zwischenhirn) zugeordnet werden. Von ihnen aus bestehen Verbindungen zum Thalamus (über den Papez-Kreis) zum limbischen Mittelhirnareal und zum Hippocampus.

Früher wurden sie als Zentren der Emotionsgenerierung- und Verarbeitung im limbischen System angesehen (Comoli, Ribeiro-Barbosa & Canteras, 2000). Diese Funktion wird nun vor allem der Amygdala zugesprochen (vgl. Kap. 2.6.2.2). Dahingegen scheinen die Mamillarkörper eine spezielle Bedeutung für die Gedächtnisfähigkeiten zu haben. Bei Krankheiten wie Alzheimer-Demenz, Korsakow-Demenz bei Alkoholismus und Wernicke-Encephalopathie lassen sich Defekte der Struktur nachweisen (Copenhaver et al., 2006). Besonders das Wiedererkennen bekannter Personen, Gegenstände und Situationen ist erheblich gestört (Vann & Aggleton, 2004). Daraus ergeben sich viele Nachteile für den betroffenen Menschen. Einerseits kann nicht mehr auf Lernerfahrungen zurückgegriffen werden, die es ermöglichen, Fehler – und Fehlverhalten – nicht zu wiederholen. Andererseits kann die plötzliche Konfrontation mit einer vermeintlich noch nie erlebten Situation für den Betroffenen mit starker Angst und Bedrohungserleben verbunden sein. Spontane aggressive Verhaltensweisen, die möglicherweise als Verteidigung gegen die erlebte Bedrohung gedacht sind, können nicht ausgeschlossen werden. Dementsprechend ist ein bestimmtes Klientel von Störungen im Bereich der Mamillarkörper betroffen, nämlich ältere Menschen und Alkoholiker. Beide Gruppen sind diejenigen, die von den Demenzerkrankungen am häufigsten betroffen sind (Copenhaver et al., 2006).



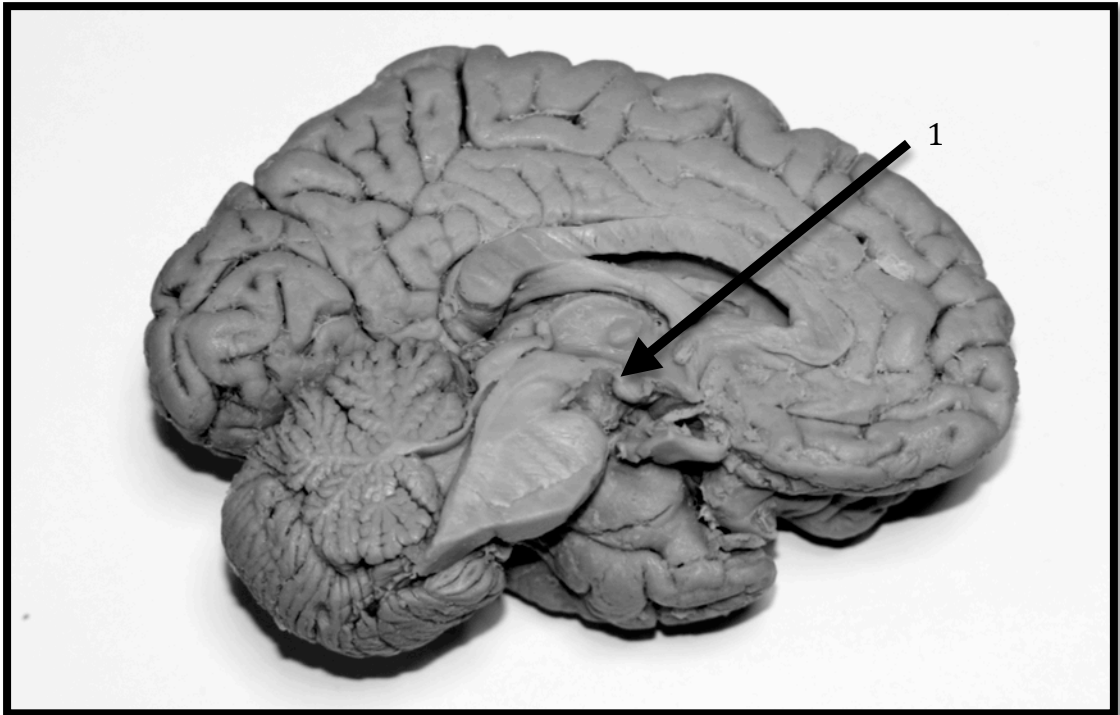


Abbildung 4: Hemisphärenlängsschnitt. Corpus mamillare linksseitig (1)



Abbildung 5: Schnittrichtung zu Abbildung 4 (gestrichelte Linie). Hier Ansicht des Gehirns von unten.

## Studien

Es gibt keine Studien die nachweisen, dass die Corpora mamillaria für einschlägige Delikte verantwortlich sind. Gleichwohl existieren einige tierexperimentelle Forschungsarbeiten, die auf eine besondere Bedeutung beim Verteidigen eines Reviers gegen einen Aggressor hindeuten.

In einer Studie an Ratten wurden beidseits die Mamillarkörper operativ zerstört, um anschließend zu beobachten wie die Tiere auf andere männliche Ratten in ihrem Gehege reagieren (Olivier, Olivier-Aardema & Wiepkema, 1983). Es zeigte sich, dass die manipulierten Ratten im Vergleich zu einer Normpopulation aggressiver und offensiver auf die Eindringlinge reagierten. Vorausgegangen war eine aktive Kontaktaufnahme durch Zugehen auf den Eindringling.

Es ist nicht bekannt, dass diese Ergebnisse an menschlichen Probanden reproduziert werden konnten. Ein interessanter Aspekt der Versuche ist jedoch die Frage nach den begünstigenden Umständen von Aggression und Gewalt. Im vorliegenden Fall reagierten die Tiere auf eine fremde Ratte. Die Handlung der Versuchstiere könnte durch den Stress ausgelöst worden sein, der bei der Konfrontation mit einem vermeintlichen Aggressor in einem geschlossenen Versuchskäfig entstand.

In derselben Studie wurde eine zweite Gruppe von Ratten operativ am anterioren Hypothalamus manipuliert. Hierdurch entstand bei Konfrontation mit dem Eindringling ein vermindertes Interesse sich mit diesem zu beschäftigen. Sobald die andere Ratte von sich aus den Kontakt zum Versuchstier suchte führte dieses eine übertrieben heftige Verteidigungsreaktion aus.

Anscheinend muss man zwischen einer defensiv-aggressiven und offensiv-aggressiven Verteidigung differenzieren (Olivier et al., 1983).

Tierversuche sind nur bedingt auf den Menschen übertragbar. Ob bei Menschen mit verminderter Funktion der Corpora mamillaria die Bereitschaft, sich einem Aggressor entgegenzustellen und übermäßig gewalttätig zu reagieren, höher ist, kann letztlich aus den vorhandenen Daten der Studie von Olivier et al. nicht abgeleitet werden.

Die Ergebnisse weisen allerdings auf eine mögliche Funktion der Corpora mamillaria hin, die aggressive Revierverteidigung, welche für den Menschen bisher nicht beschrieben wurde. Aggressives Verhalten bei Gedächtnisstörungen wird beim Menschen mit Orientierungsstörungen und Angstreaktionen verknüpft. Hier ist noch Raum für weitere Grundlagenforschung.

## **2.6.2.2 Amygdala**

### Aufbau und Funktion

Das Corpus amygdaloideum (Amygdala) liegt beidseits medial im linken und rechten Temporallappen. Es handelt sich um ein mandelförmiges Kerngebiet mit verschiedenen Verbindungen zu anderen Hirnbereichen. Die Amygdala erhält sensorische Informationen aus dem Bulbus olfactorius (Riechsinn). Es besteht eine reziproke Verbindung zum Hypothalamus und den Corpora mamillaria. Außerdem leitet sie über den Gyrus parahippocampalis Informationen an den Hippocampus weiter (Salzman & Fusi, 2010).

Der Amygdala wird eine Steuerfunktion bei sozialen Interaktionen zugesprochen (Rosvold, Mirsky & Pribram, 1954). Sie soll aufgenommene Sinneseindrücke zu abgespeicherten Emotionen in Verbindung setzen. Im Bezug zu anderen Menschen steuert sie somit auf der Basis von Lernerfahrungen und damit verbundenen Gefühlen die Annäherung oder Distanz zu anderen Personen. Sie entscheidet über Sympathie oder Antipathie. Hieraus resultiert in der direkten sozialen Interaktion die Körpersprache, das Einhalten von Nähe-Distanz und die Bereitschaft oder Ablehnung von Kommunikation (Rosvold et al., 1954).

Die Funktionen der Amygdala werden durch viele Neuronenverbindungen aus anderen Hirnregionen beeinflusst. Es fällt daher schwer ein konkretes Verhalten ausschließlich der Amygdala zuzuordnen. Sie gibt allerdings eine Bewertungsgrundlage für Situationen, mit denen das Individuum konfrontiert ist. Als spezielle Form dieses Mechanismus kann die Reaktionssteuerung bei aversiven Reizen gesehen werden. Wird der Organismus mit einem Reiz konfrontiert, der eine starke Emotion auslöst (z.B. Angst beim Anblick einer Spinne) dann sorgt die Amygdala für die Einleitung der neuroendokrinen Antwort (Stresshormone ausschütten), der vegetativen Reaktionen (z.B. Steigerung des Herzschlags) und der motorischen Antwort (z.B. Weglaufen) (LeDoux, 1994).

Bereits in Kapitel 2.1. wurde beschrieben, dass die Amygdala als Ort für die Entstehung von Aggressionen galt, was sie für psychochirurgische Eingriffe in den 1960er – 1970er Jahren „interessant“ machte.



Abbildung 6: Frontalschnitt. Amygdala (1). Hypothalamus, area preoptica (2)

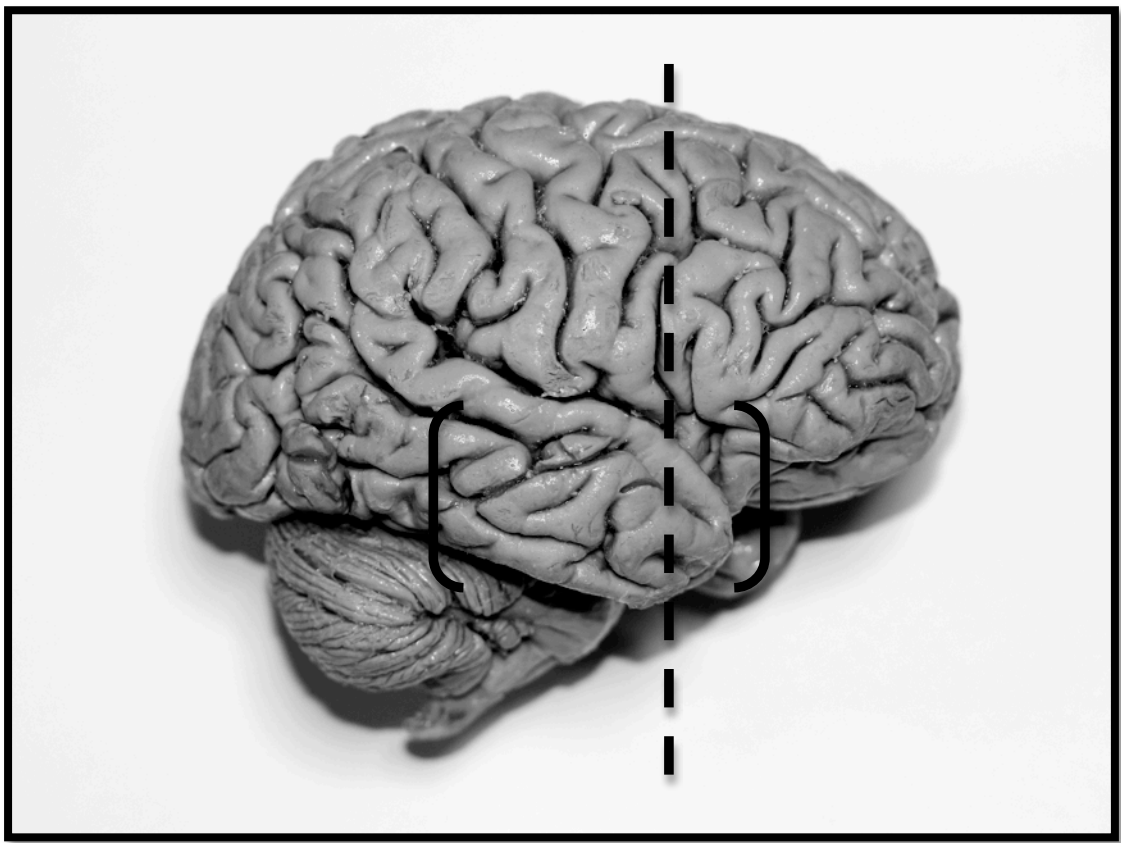


Abbildung 7: Rechte Hemisphäre, Seitenansicht. Temporallappen: Fläche in Klammern. Schnittebene von Abb 6: gestrichelte Linie.

## Studien

Im frühen Kindesalter spielt die Amygdala eine besondere Rolle bei der Impuls-Aggressionsmodulation (Fairchild et al., 2013). Kinder, die im sozialen Verhalten mit Hyperaktivität und körperlich übergreifigen Handlungen auffielen, hatten in mehreren Studien eine Volumenminderung der linksseitigen Amygdala. Auch andere Hirnregionen, wie der Hippocampus, der Temporallappen, die graue Substanz im präfrontalen Cortex und die Insula wiesen anatomische Abweichungen von der Normpopulation auf. Hier wichen jedoch von Studie zu Studie die Befunde so stark voneinander ab, dass als einzig konstante Auffälligkeit die vorgenannte Volumenreduktion der Amygdala bei den verschiedenen Untersuchungen beobachtet wurde (Sterzer et al., 2005; Sterzer et al., 2007).

Das neuroanatomische Korrelat der veränderten Amygdala wird oft mit der psychiatrischen Diagnose eines Aufmerksamkeits-Defizit-Hyperaktivitäts-Syndroms (ADHS) oder mit dem Begriff der Psychopathie in Verbindung gebracht (Huebner et al., 2008; Whittle et al., 2008). Die Wahrscheinlichkeit für eine spätere Delinquenz bei diesen Störungsbildern ist gut belegt (Belcher, 2014; Harty et al. 2013). Sie lässt allerdings nicht den Schluss zu, dass alle Kinder und Jugendlichen mit ADHS oder Psychopathie zu Straftätern werden.

Es scheint einen Zusammenhang zwischen Aggressivität und vermindertem Amygdalavolumen zu geben, jedoch fehlen Studien zur kriminalprognostischen Relevanz.

Selten finden sich in der Literatur Hinweise auf eine Beteiligung der Amygdala bei Handlungen aus dem Homizide-Suizide-Spektrum (HSS). Hierbei begehen Einzeltäter auto- und fremdaggressive Taten. Eine Sonderform stellt der Amoklauf dar. Psychoanalytisch erklärte der Psychiater Karl Menninger das Verhalten der Täter als eine Folge aus dem „Wunsch zu töten, getötet zu werden und dem Wunsch zu sterben“ (Stack, 1989).

Am 01. August 1966 tötete Charles Joseph Whitman bei einem Amoklauf 17 Menschen in Austin / Texas in den USA (LaVergne, 1997). Bekannt wurde die Tat vor allem durch einen ausführlichen Abschiedsbrief, den er

hinterlegte. In diesem beschrieb er seinen Versuch, ärztlich behandelt zu werden, weil er bei sich selbst eine psychische Störung vermutete. Neben wiederkehrenden Kopfschmerzen und einem erhöhten Schmerzmittelbedarf, gab er in dem Brief Tötungsphantasien an, die sich auf seine Angehörigen bezogen. Er schilderte die Gedanken als für ihn ungewohnt und fremd. Psychopathologisch spricht man dabei von sogenannten „Ich-dystonen Gedanken“ (Schneider, 2007).

Whitman verschaffte sich Zugang zu einem Aussichtsturm der Universität Texas, von wo aus er mit einem Scharfschützengewehr einen Großteil seiner Opfer tötete oder verletzte, bevor er selbst von Polizisten erschossen wurde. Bei der nachfolgenden Autopsie wurde ein Tumor von ca. 2 cm Größe gefunden, der auf die rechte Amygdala Druck ausgeübt hatte (Bogerts, 1997; Texas Governor's Committee and Consultants, 1966). Durch die Schilderungen im Abschiedsbrief und den nachträglichen Tumorbefund könnten die Tat und die Strukturänderungen in der Amygdala in Zusammenhang gebracht werden.

Andere Autopsien an Amokläufern wiesen eine Verdickung der Pia mater (innere Schicht der Hirnhaut) auf (Ellis, 1901). Bei den Berichten handelt es sich um Einzelfallstudien. Eine ubiquitär vorkommende Hirnläsion, die bei allen Tätern zu finden wäre, konnte nicht entdeckt werden. Eine wissenschaftlich umfassende Untersuchung zur neurobiologischen Genese des Amoklaufs fehlt.

Der Fall eines 14-jährigen Jungen, der ein 6 Jahre jüngeres Kind überfiel und tötete, kann exemplarisch für eine Reihe sogenannter „Case reports“ gelten (Martinius, 1983). Bei dem Jungen wurde ein Zyste an der rechten Amygdala festgestellt. Die Entstehung der Zyste war zeitlich unbekannt und bleibt bezüglich ihres Einflusses auf die Tat uneindeutig. Bei dem Betroffenen konnte eine Sauerstoffminderversorgung während der Geburt und ein problematisches soziales Umfeld als weitere ungünstige Einflussfaktoren eruiert werden.

### **2.6.2.3 Hippocampus**

#### Aufbau und Funktion

Der Hippocampus gehört zum Cortex cerebri und ist in jeder Hemisphäre angelegt. Er bildet eine C-förmige Struktur aus, die im Temporallappen liegt. Als Teil des limbischen Systems hat er eine enge Lagebeziehung zum Gyrus cinguli und Gyrus parahippocampalis. Sein funktionell wichtigster Bereich ist der Hippocampus retrocommissuralis (van Strien, Cappaert & Witter, 2009).

Der Hippocampus hat eine bedeutende Funktion beim Erlernen neuer Fähigkeiten. Er filtert Informationen, verstärkt sie und sorgt für deren Weiterleitung, damit sie entsprechend ihrer Relevanz im Langzeitgedächtnis abgelegt werden können (Garcia-Lázaro et al., 2012). Bei beidseitiger Zerstörung ist das Abrufen von Inhalten aus dem Langzeitgedächtnis nicht beeinträchtigt, auf bereits erworbene Erkenntnisse kann ungehindert zugegriffen werden. Neue Informationen, die wiederum über den Hippocampus laufen müssten, werden hingegen nicht mehr gespeichert (Garcia-Lázaro et al., 2012).

Die Nervenzellen im Hippocampus besitzen die Fähigkeit zur Neurogenese. Das Entstehen neuer Nervenzellen beim Erwachsenen war noch vor einigen Jahren für ausgeschlossen gehalten worden. Es ist unklar, ob die Fähigkeit zur Regeneration und Neuentstehung, speziell im limbischen System, das Verhalten des Menschen beeinflussen kann. Fraglich ist ferner, ob dadurch eingetretene Defekte repariert werden können (Snyder & Cameron, 2012).

Afferente Signale bekommt der Hippocampus aus den sensorischen Cortexgebieten. Dies betrifft vor allem die Sensorik, sprich Fühlen, Riechen, Sehen, Hören. Aus den übrigen Strukturen des limbischen Systems werden dem Hippocampus Signale aus dem Hypothalamus und der Amygdala zugeleitet. Die Weiterleitung erfolgt hauptsächlich über Nervenbündel des Fornix, von wo aus die motorischen Zentren, die Corpora mamillaria, andere Hypothalamusanteile, Thalamus und Mittelhirn erreicht werden (Papez-Kreislauf). Der Hippocampus nimmt eine zentrale Rolle in der Aufnahme und Weiterleitung von Informationen ein.



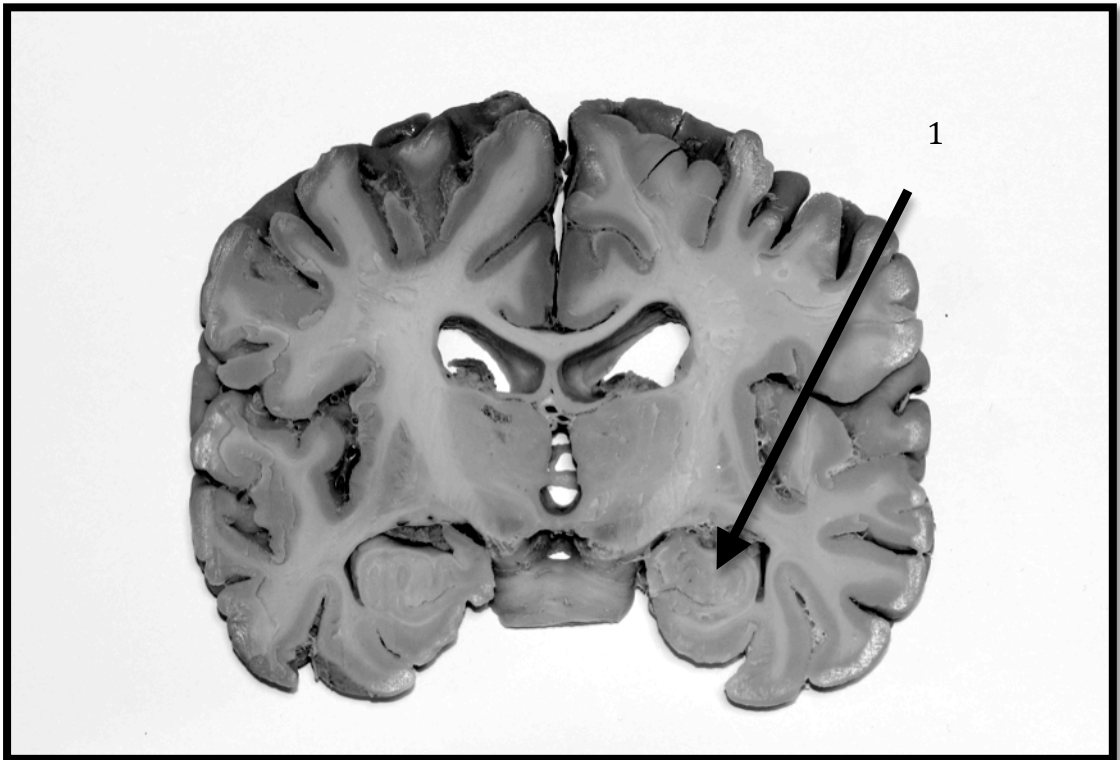


Abbildung 8: Frontalschnitt. Hippocampus (1)



Abbildung 9: Rechte Hemisphäre in der Seitenansicht. Gestrichelte Linie: Schnittebene bei Abbildung 8.

## Studien

Beim Vergleich von Mördern, die als psychische Grunderkrankung eine Schizophrenie haben, mit Mördern, die unter keiner psychischen Erkrankung litten, wurde bei beiden Gruppen eine Reduktion der grauen Substanz im Hippocampus festgestellt (Yang et al., 2010). Alle Probanden hatten zudem eine Volumenminderung des parahippocampalen Gyrus.

Als Vergleichsgruppe dienten Schizophrenieerkrankte, bei denen kein gewalttätiges Verhalten bekannt war. Diese wiesen lediglich eine Substanzminderung im präfrontalen Cortex auf. Erworbene Schädigungen des Gehirns spielten keine Rolle. Es ist davon auszugehen, dass sich die Volumenminderung im Hippocampus entweder seit Geburt, während der Kindheit oder in der Adoleszenz ausprägte. Der Umstand, dass sogar nicht schizophrene Mörder diese Auffälligkeit hatten, könnte ein Hinweis dafür sein, dass der Hippocampus bei der Verübung eines Tötungsdelikts eine Rolle spielt (Yang et al., 2010).

Eine Fallstudie über einen 23-jährigen Patienten, bei dem der rechte Hippocampus entwicklungs-genetisch nicht angelegt war, zeigte einen eindeutigen Befund hin zu sexuell übergriffigem Verhalten (Hanada et al., 2013). Im Alter von 8 Jahren war er mit gesteigertem Sexualverlangen und Distanzlosigkeit gegenüber Anderen erstmalig auffällig geworden. Mit 13 Jahren erhielt der Patient dauerhaft das stimmungsstabilisierende Antiepileptikum Carbamazepin und das Antidepressivum Paroxetin. Unter der Medikation war er verhaltensunauffällig. Infolge eines Arbeitsplatzverlustes im 23. Lebensjahr nahm er diese Medikamente über mehrere Tage nicht mehr. Es kam sofort zu sexuellen Übergriffen auf anderen Personen.

Wissenschaftler wiederholten später mit dem Mann das Absetzen der Medikation unter klinisch kontrollierten Bedingungen (Hanada et al., 2013). Während er sich einer funktionellen Magnet-Resonanz-Tomografie (fMRT) unterzog, wurden ihm sexuell aufreizende Bilder von Frauen präsentiert. Es kam ohne Medikation zu einer deutlich stärkeren Erhöhung der Aktivität des vorderen Thalamus. Offensichtlich hemmt der Hippocampus einen Anstieg

der Thalamusaktivität. Die Medikamente übernahmen bei dem Probanden die Funktion des fehlenden Hippocampus, so dass unter entsprechender Pharmakotherapie keine Hypersexualität auftrat.

Weitere Fallberichte deuten auf eine Beteiligung des Hippocampus bei Sexualmorden und Morden mit sadistischem Verhalten hin (Nedopil et al., 2008; Müller, 2011).

### **2.6.3 Locus caeruleus**

#### Aufbau und Funktion

Der Locus caeruleus ist eine Ansammlung dunkelblau pigmentierter Nervenzellen (Kernkomplex) im oberen Teil der Rautengrube (Fossa rhomboidea). Die Rautengrube bildet den Boden des 4. Ventrikels. Sie wird vom Kleinhirn, dem Pons und der Medulla oblongata begrenzt. Der Locus caeruleus ist im Vergleich zu den großen Strukturen wie z.B. Hippocampus, präfrontaler Cortex oder Cerebellum, nur ein eng umschriebener Bereich im Gehirn (Schiebler et al., 1999).

Funktionell dient der Locus caeruleus der Stressregulation (Van Bockstaele, Reyes & Valentino, 2010). Er wird durch vom Körper ausgeschüttete Endorphine beeinflusst und übt eine sedierende oder aktivierende Wirkung auf den Organismus aus. Über die Nervenzellen wird Norepinephrin / Noradrenalin ausgeschüttet. Diesem Neurotransmitter kommen mehrere Aufgaben zu. Er erhöht die Aufmerksamkeit und Alarmbereitschaft und wirkt positiv auf das allgemeine Wohlbefinden und die Sexualität (Valentino & Van Bockstaele, 2008; Ambrosini et al., 2013). Eine verstärkte Alarmbereitschaft kann bei Dauererregung negative Folgen für den Organismus haben. Dazu zählen Schlaflosigkeit, Angst, leichte Irritierbarkeit und verstärkte Impulsivität (Yamamoto, Shinba & Yoshii, 2014).

Gleichzeitig ist er besonders anfällig für von außen zugeführte Suchtstoffe, speziell Morphine. Bei einem Substanzmissbrauch werden die Opiodrezeptoren vermehrt aktiviert. Es stellt sich ein künstlich erzeugtes Wohlbefinden ein, solange die Rezeptoren durch die Substanz besetzt sind. Langfristig kann hierdurch eine Abhängigkeit von der Droge entstehen. Beim Absetzen des Suchtmittels kommt es oft zu einer plötzlichen Übererregung des Locus caeruleus, was mit einer entsprechenden Entzugssymptomatik verbunden ist (Scavone, Sterling & Van Bockstaele, 2013).

Es existieren viele wissenschaftliche Untersuchungen zum Locus caeruleus, da er einerseits in das körpereigene Stressregulationssystem eingebunden ist und andererseits eine Rolle bei der Entstehung einer Suchterkrankung haben kann (Szabadi, 2013).

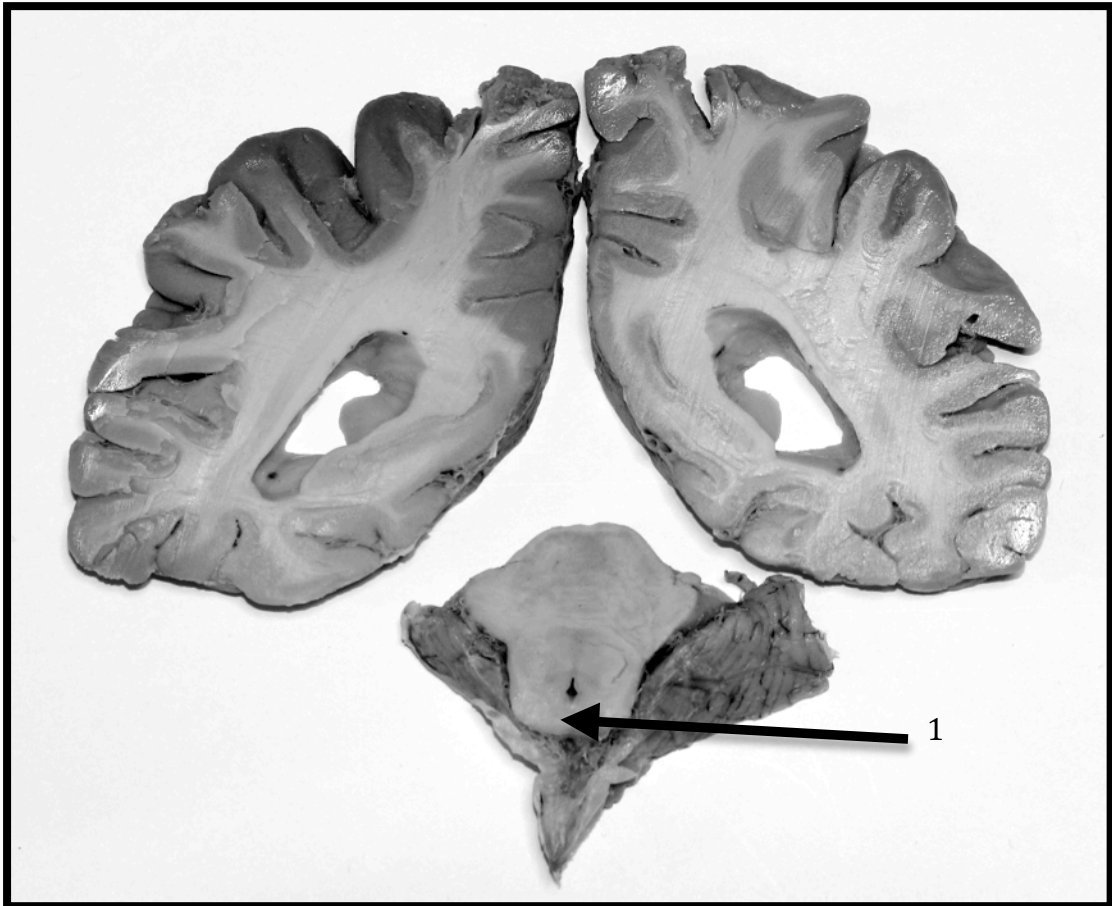


Abbildung 10: Frontalschnitt. Locus coeruleus (1). Die Bilddarstellung entspricht nicht dem regulären anatomischen Schnitt. Das Rhombencephalon im unteren Teil der Abbildung ist um 180 Grad nach unten rotiert.

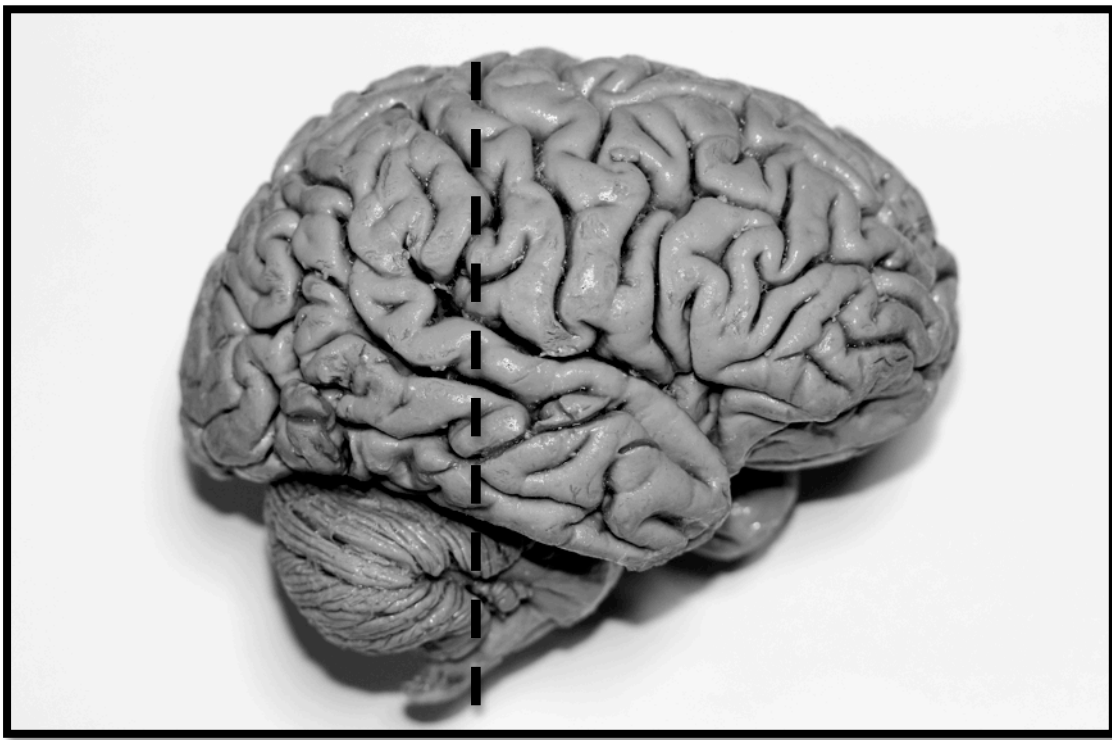


Abbildung 11: Rechte Hemisphäre Seitenansicht. Schnittebene Abb. 10: Gestrichelte Linie

## Studien

Unter dem Begriff REM-Schlaf-Verhaltensstörung (REM = rapid eye movement) wird in der Medizin ein Phänomen beschrieben, bei dem es im Schlaf zu aggressiven Handlungen kommt. Üblicherweise ist im REM-Schlaf die Willkürmotorik des Schlafenden gehemmt, so dass es zu keinen Bewegungen der Extremitäten kommt. Hierbei handelt es sich um eine Schutzfunktion, da es zu keinen Reaktionen auf Trauminhalte kommen kann. Bei einigen Menschen ist dieser Mechanismus deaktiviert. Die Problematik betrifft häufig Männer und hat eine Prävalenz von 0,5 % in der Bevölkerung (Olson, Boeve & Silber, 2000). Die Betroffenen schlagen während des REM-Schlafs um sich und verletzen sich selbst und im Bett liegende Partner. Nach dem Aufwachen haben sie an diese Ereignisse keine Erinnerung. Vielmehr berichten sie davon, wie sie sich im Traum gegen einen Angreifer zur Wehr gesetzt haben. Die erinnerte Verteidigungsreaktion, z.B. ein Faustschlag, ähnelt der in der Realität während des Schlafs ausgeführten Bewegung, welche meist vom Partner des Betroffenen beschrieben werden kann.

In einer Untersuchung an Personen, die unter einer REM-Schlaf-Verhaltensstörung leiden, wurde eine Volumenminderung im Locus caeruleus festgestellt (Boeve et al., 2007). Gleichwohl hat die Störung offenbar keine forensisch-kriminologische Relevanz. Anzeigen und erhebliche Körperverletzungen scheinen selten zu sein. Mittels Medikamenten wie Clonazepam oder Melatonin kann die Problematik erfolgreich behandelt werden (Olson, Boeve & Silber, 2000).

Formell gesehen wäre die Gewalt, die die schlafende Person ausübt als Körperverletzungsdelikt zu werten. Sie entzieht sich allerdings der willkürlichen Steuerung durch den Täter. Ob eine Dritte Person verletzt wird, ist letztlich nur davon abhängig, ob der Schlafende neben sich im Bett jemand anderen liegen hat. Insofern kann keine Kausalkette zwischen neuroanatomischem Korrelat und einem speziellen Delikt hergestellt werden.

## **2.6.4 Cerebellum**

### Aufbau und Funktion

Das Kleinhirn (Cerebellum) liegt dorsal unterhalb des Hirnstamms. Es ist dem Volumen nach der zweitgrößte Hirnbereich nach dem Großhirn. Das Cerebellum hat drei Anteile, den Wurm (Vermis) und die zwei Kleinhirnhemisphären links und rechts des Hirnstamms (Schiebler et al., 1999).

Eine Hauptaufgabe des Kleinhirns ist die Steuerung von Bewegungen. Es kontrolliert die Muskeln des Skelettsystems, die für einen aufrechten Gang zuständig sind und der Schwerkraft entgegenwirken. Diese Prozesse laufen stets unbewusst ab (Herzfeld & Shadmehr, 2014).

Eine weitere Aufgabe sind die willkürlichen Bewegungsabläufe, die als Handlungsausführung aktiv gestaltet werden. Die vom Cortex geplanten Bewegungen werden als „Entwürfe“ an das Cerebellum weitergeleitet, das für die Planung der Feinmotorik verantwortlich ist. Es sendet rückläufig wieder Informationen an den Cortex, sodass im Zusammenspiel die beteiligten Muskeln besser koordiniert werden (Houck & Person, 2013). Eine Störung der Kleinhirnfunktion bedingt nicht die grundsätzliche Aufhebung motorischer Aktionen. Sie ist aber daran erkennbar, dass schnelle Bewegungen wie abgehackt wirken und bei feinmotorischen Aufgaben in einen Intentionstremor münden. Nicht selten sind dann Gleichgewichtsstörungen zu sehen, die ein normales Gangbild unmöglich machen (Khan & Chang, 2013).

Ferner hat das Kleinhirn eine wichtige Funktion zur Koordination von Bewegungen, die beide Körperhälften mit einbeziehen. Dies betrifft in besonderer Weise die Koordination der Extremitäten.

Im Bereich der Lernfähigkeit ist das Kleinhirn für die zeitliche Abfolge von erlernten Bewegungen zuständig. Man spricht in diesem Zusammenhang von erworbenen Fertigkeiten. Die grundsätzliche Fähigkeit weiter neue Dinge zu lernen wird durch cerebelläre Läsionen nicht beeinträchtigt (Daum et al., 1993).



Abbildung 12: Frontalschnitt durch das Cerebellum mit Darstellung beider Kleinhirnhemisphären

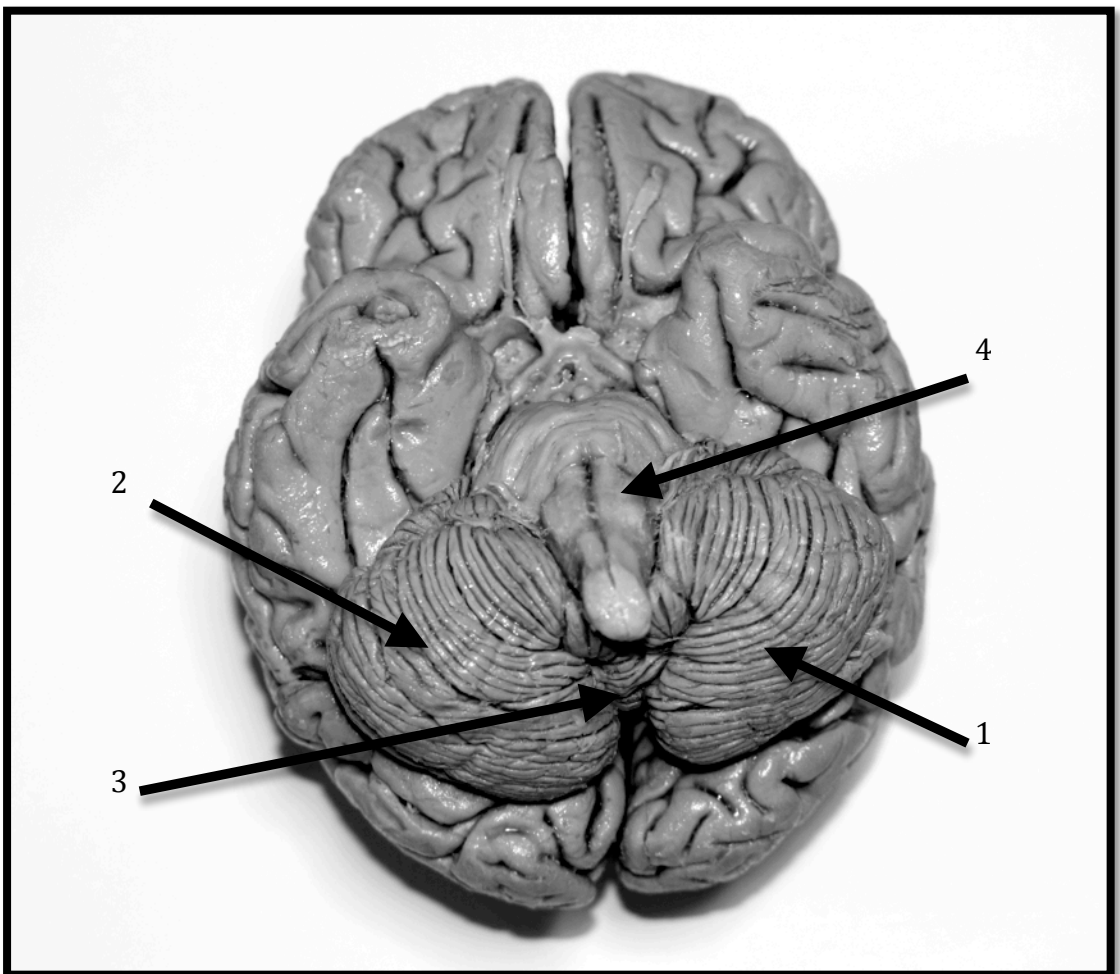


Abbildung 13: Ansicht des Gehirns von unten. Linke Kleinhirnhemisphäre (1), rechte Kleinhirnhemisphäre (2), Vermis (3), Hirnstamm (4).



## Studien

Eine retrospektive Studie verglich pädophile Männer (n = 18) mit Erwachsenen (n = 24), die keine sexuelle Neigung zu Kindern haben (Schiffer et al., 2007). Für eine Untersuchung mittels Magnetresonanztomografie wurden beide Gruppen vorab in homosexuelle und heterosexuelle Probanden. Zwischen den Ausprägungen „Homosexualität“ und „Heterosexualität“ der Normpopulation gab es keine signifikanten Unterschiede, ebenso wenig wie innerhalb der Pädophilengruppe. Allerdings lagen hirstrukturelle Unterschiede zwischen der Pädophilengruppe und der Normpopulation vor. Diese drückten sich in einer Volumenminderung der grauen Substanz im ventralen Striatum (Nucleus accumbens), orbitofrontalen Cortex und Cerebellum bei den Pädophilen aus.

Es bestand ein hirstrukturelles Korrelat für eine Präferenz besonders junger Sexualpartner (Schiffer et al., 2007). Homo- oder Heterosexualität hatte hingegen keine morphologischen Unterschiede ergeben. Zur genaueren Untersuchung der Straffälligkeit im Bezug zu strukturellen Hirnauffälligkeiten bei Männern mit pädophilen Neigungen, müsste mittels MRT eine dritte Personengruppe untersucht werden, nämlich nicht straffällig gewordene Pädophile. Dies war jedoch im Studiendesign nicht vorgesehen.

Eine qualitativ ähnliche Studie verglich mittels MRT das Volumen von Hirnregionen gesunder Versuchsprobanden mit dem von Gewalttätern (n = 26 pro Gruppe) (Tiihonen et al., 2008). Zusätzlich wurde überprüft, ob neuroanatomische Auffälligkeiten bei den Straftätern mit psychologischen Tests korrelierten. Hierzu wurde der Psychopathiegrad, der IQ und der Hang zum Drogenkonsum bestimmt.

Im Ergebnis hatten die Straftäter mehr weiße Substanz in den Okzipital- und Parietallappen, wie in der linken Kleinhirnhemisphäre. In der rechten Kleinhirnhemisphäre war die graue Substanz ausgeprägter als bei der Kontrollgruppe. Eine Korrelation zum Psychopathiegrad, dem IQ oder zu Drogenabhängigkeit bestand nicht. Umgekehrt korrelierten die testpsychologischen Werte für Psychopathie stark mit einem verminderten

Volumen im orbitofrontalen Cortex und anderen Hirnarealen, welche speziell bei Psychopathen oft atrophiert sind (vgl. Kap. 2.7.2).

Das Ergebnis ist in zweierlei Hinsicht interessant. Einerseits bestätigt es, dass die psychiatrisch-psychologische Diagnose einer Psychopathie mit einer Volumenminderung im präfrontalen Cortex einhergeht. Andererseits gibt es hirnstrukturelle Unterschiede zur Normpopulation, die eben nicht mit Auffälligkeiten im IQ korrelieren oder zu einer irgendwie gearteten psychischen Störung führen. Auch scheinen sie nicht erworben zu sein, insbesondere nicht durch Drogenkonsum oder Hirntraumata. Die Hinweise deuten auf angeborene strukturelle Unterschiede hin, die retrospektiv betrachtet bei Gewalttätern häufiger vorkommen.

Hypothetisch bleibt zu hinterfragen, ob bei einer groß angelegten prospektiven Studie Volumenabweichungen in mehreren anatomischen Strukturen in einem bestimmten Verhältnis zur einschlägigen Delikthäufigkeit korrelieren würden.

## **2.7 Funktioneller Zusammenhang verschiedener Strukturen**

### **2.7.1 Entwicklung in der Adoleszenz**

Bei der Entwicklung vom Kind zum Erwachsenen durchläuft der Mensch bekanntlich eine pubertäre Reifungsphase, die so genannte Adoleszenz. Zwischen dem 10. und 20. Lebensjahr kommt es zu unterschiedlichen hormonellen Veränderungen bei Mädchen und Jungen, die letztlich zur Ausbildung der Geschlechtsreife führen. Gleichzeitig reift die individuelle Persönlichkeit. Die Jugendlichen lösen sich vom Elternhaus, was mit der Ausbildung individueller Bestrebungen, vermehrter Selbstständigkeit und der Aufnahme sexueller Kontakte einhergeht (Crone & Dahl, 2012).

Bislang ging man davon aus, dass Jugendliche ähnlich wie bei Primaten eine gleichmäßige, in allen Abschnitten simultan verlaufende Hirnentwicklung durchmachen (Rakic et al., 1986). Neuere Studien legen den Schluss nahe, dass bestimmte Areale schneller reifen als andere (Huttenlocher & Dabholkar, 1997), was möglicherweise eine Erklärung für das in dieser Lebensphase typische Risikoverhalten ist. Durch bildgebende Verfahren wurde nachgewiesen, dass der präfrontale Cortex erst spät zur endgültigen Größe heranwächst. Seine Aufgabe als Kontrollzentrum für rationale Entscheidungen nimmt er erst nach dem Ausreifen subkortikaler Strukturen wie dem limbischen System wahr. Letzteres gilt unter anderem als Zentrum von Emotionsverarbeitung und gefühlsbetontem Handeln. Der zum limbischen System zählende Nucleus accumbens wies in einer Studie bei Jugendlichen eine stärkere Aktivierung bei einer zu erwartenden Belohnung auf als bei Erwachsenen. Gleichzeitig ging diese Aktivierung mit einer gesteigerten Risikofreudigkeit bei den untersuchten Personen einher (Galvan, Hare & Parra, 2006; Galvan et al., 2007).

Als risikobetontes Verhalten im Jugendalter gilt eine Vielzahl von Verhaltensweisen, die im späteren Erwachsenenleben an Bedeutung verlieren und von einer abnehmenden Zahl von Personen ausgeübt werden. Dazu gehören beispielsweise Auto fahren im alkoholisierten Zustand, Fahren ohne Sicherheitsgurt, Fahren mit überhöhter Geschwindigkeit und

ungeschützter Geschlechtsverkehr. Eben jene Verhaltensweisen beeinflussen auch die Mortalitätsstatistik, so dass Adoleszente häufiger als der Bevölkerungsdurchschnitt durch Verkehrsunfälle, Gewalttaten und Suizide ums Leben kommen (Eaton, Kann & Kinchen, 2006). Hinsichtlich einschlägiger Straftaten gibt es in der Gruppe der Jugendlichen einen häufigen Konsum illegaler Drogen. 9,2 % der Jungen und 6,2 % der Mädchen berichten über regelmäßigen Cannabiskonsum (Lampert & Thamm, 2007). Im Bereich der Körperverletzungen waren 19,6 % der Jungen und 9,9 % der Mädchen einmal oder mehrmals als Täter selbst in Erscheinung getreten (Schlack & Hölling, 2007).

Die Ergebnisse der Studien zur Hirnentwicklung in der Adoleszenz lassen in Kombination mit den statistischen Daten zum Risikoverhalten den Schluss zu, dass eine risikobetonte Lebensweise und Straftaten im Bereich des Substanzmittelmissbrauchs und der Körperverletzung durch ein noch nicht voll ausgeprägtes rationales Steuerungssystem begünstigt werden (Galvan, Hare & Parra, 2006). Das Überwiegen von emotionalen Bewertungsarealen und Belohnungszentren im jugendlichen Gehirn erhöht die Wahrscheinlichkeit für Verstöße gegen Gesetze, die der Befriedigung der Bedürfnisse in diesen Bereichen entgegenstehen.

Gleichwohl ist die Adoleszenz kein krankhafter Prozess, den es zu überwinden gilt. Sie stellt eine notwendige Lebensphase dar, bei der das Individuum sich von den Eltern ablöst und lernt, selbstständig zu leben. Die erwähnte Risikobereitschaft kann auch als Folge des Evolutionsprozesses verstanden werden. Ohne sie würde kein Bestreben aufkommen, sich aus den familiären Strukturen zu entfernen. In früheren Zeiten war eben dies eine wichtige Eigenschaft, um eine genetische Durchmischung einer Population zu erzielen und gesunden Nachwuchs zur Welt zu bringen.

Bei der Interpretation der Ergebnisse bleibt zu bedenken, dass der Großteil der Jugendlichen nicht durch Straftaten auffällt. Die Verhaltenssteuerung wird in nicht unerheblichem Maß von äußeren Einflüssen, wie z.B. der Anwesenheit oder Abwesenheit einer gleichaltrigen Peer-Group, bestimmt (Gardner & Steinberg, 2005).

### **2.7.2 Die antisoziale Persönlichkeit**

Es gibt viele Untersuchungen zur Personengruppe der Psychopathen, beziehungsweise zu Menschen mit einer antisozialen Persönlichkeitsstörung (Gao et al., 2009; Blair 2010). Daher soll hier nur kurz auf dieses Störungsbild eingegangen werden.

Die Antisoziale Persönlichkeitsstörung wird je nach verwendetem Klassifikationssystem in der Medizin oft als dissoziale Persönlichkeitsstörung bezeichnet. Einige Autoren verwenden hierfür den Oberbegriff Psychopathie, wobei der Diskurs anhält, ob dies zwei unterschiedliche Störungsbilder sind (Ogloff, 2006).

Es handelt sich dabei nicht um eine Erkrankung im eigentlichen Sinn, sondern um eine stark vom Normdurchschnitt der Bevölkerung abweichende Ausprägung von Persönlichkeitsmerkmalen. Dies wird definiert als ein mangelndes Mitgefühl für Dritte (Empathiemangel), ein stark ausgeprägtes, oft kriminelles Handeln und Verstöße gegen soziale Normen, ein gewalttätiges, impulsives Verhalten, ein überwiegendes Handeln zum eigenen Vorteil und ein Mangel längerfristige Ziele zu verfolgen. Die Liste der Diagnosekriterien ist sehr umfassend und wird in Fachkreisen kritisch diskutiert (Filone et al. 2013).

Das gewalttätige Verhalten vieler Betroffener mit dieser Störung stellt ein von der Öffentlichkeit kritisch beobachtetes Merkmal dar. Es existiert ein Zusammenhang zwischen der Diagnose einer antisozialen Persönlichkeitsstörung und kriminellen Verhalten (Langström & Grann, 2002).

Die Diagnose einer antisozialen Persönlichkeitsstörung wird häufig erst nach eingetretener Straffälligkeit gestellt, wenn der Betroffene fachpsychiatrisch und psychologisch begutachtet wird. Daher beziehen sich die meisten Studien auf inhaftierte oder forensisch-psychiatrische Straftäter in Kliniken. Weltweit wurden große Studien durchgeführt, um funktionelle und strukturelle Hirnauffälligkeiten bei dem Klientel aufzudecken. Die Befunde reichen von Atrophien im präfrontalen Cortex bis zu Volumenminderungen im limbischen System und sind sehr heterogen (Koenigs et al., 2011). Übereinstimmung

besteht darin, dass mit großer Wahrscheinlichkeit die Verhaltensauffälligkeiten einem neurobiologischen, hirnanatomischen Korrelat zugeordnet werden können (Gregory et al., 2012).

### **2.7.3 Das Klüver-Bucy Syndrom**

Die antisoziale / dissoziale Persönlichkeitsstörung weist Ähnlichkeiten zum Klüver-Bucy Syndrom (KBS) auf. Dieses nach zwei Neurologen benannte Krankheitsbild fällt durch eine Störung beider Temporallappen und besonders der Amygdala auf. Die Ätiologie ist mannigfaltig. Unter anderem werden Herpes Simplex Virusinfektionen als möglicher Auslöser angegeben (Honig, Forquignon & Elkmeier, 2013). Betroffene haben ein nahezu aufgehobenes Einfühlungsvermögen für die Empfindungen anderer Menschen. Sie sind sexuell distanzlos, was zu grenzüberschreitendem Verhalten bei Sozialkontakten führt. Es besteht ein hohes Maß an Betreuungsbedürftigkeit für Menschen mit diesem Syndrom. Oft sind sie auf regelmäßige Medikamenteneinnahme und eine Wohnheimunterbringung angewiesen.

Im Gegensatz zur dissozialen Persönlichkeitsstörung sind Menschen mit Klüver-Bucy Syndrom frühzeitig in problematische soziale Interaktionen verwickelt. Bei ihnen führen neurologische Begleitsymptome wie Krampfanfälle, Sehstörungen und unkontrolliertes Essverhalten zu einer Anbindung an medizinische Einrichtungen (Gaul et al., 2007). Dieser Umstand, kombiniert mit dem insgesamt eher seltenen Auftreten von in der wissenschaftlichen Literatur 200 dokumentierten Fällen (Aichner, 1984) macht klar, warum das KBS in der kriminologischen Forschung bisher keine Rolle spielte.

Dennoch ist das KBS exemplarisch für die nach der *internationalen statistischen Klassifikation der Krankheiten und verwandter Gesundheitsprobleme ICD-10* unter der Subgruppe F0 codierten organischen Psychosyndrome (OPS). Hierunter werden psychische Auffälligkeiten wie z.B. dauerhafte Persönlichkeitsänderungen nach Schädel-Hirn-Trauma (siehe Kapitel 1.1.) summiert, bei denen ein organisches

Korrelat eindeutig nachgewiesen werden kann (WHO, 2013). Sofern eine kriminelle Handlung unter dem Einfluss eines OPS verübt wurde, gilt gemeinhin in der klinischen Behandlung, dass von einer eher ungünstigen Prognose im Hinblick auf die Legalbewährung ausgegangen werden muss. Umgekehrt führt ein OPS nicht automatisch zu Delinquenz, weshalb die prospektive Aussagefähigkeit sehr unspezifisch ist (Meynen, 2013).

## **2.8 Bewertung der Ergebnisse**

Die Literaturrecherche konnte mit Blick auf die eingangs formulierten Arbeitshypothesen folgende Ergebnisse liefern:

1. Eine Läsion einzelner Hirnareale führt häufig zu Verhaltensänderungen. Deren Ausprägung reicht von leichten sozialen Auffälligkeiten bis hin zu schweren Gewalt- und Sexualdelikten. Es bestehen starke individuelle Unterschiede.
2. Die derzeit verfügbaren Studien lassen nicht den Schluss zu, dass einem geschädigten Hirnareal ein für ihn charakteristisches Delikt zugeordnet werden kann.

Als problematisch erwies sich bei der Recherche der Umstand, dass viele Autoren auf eine Differenzierung der Art der verübten Delikte verzichteten. Es finden hauptsächlich Unterteilungen in die Gebiete „Gewalttätigkeit/Impulsivität“ und „Sexualdelikte“ statt. Eine weitere Gliederung im Sinne juristischer Definitionen, z. B. nach leichter, schwerer und schwerster Körperverletzung, gibt es nicht. Das Feld der Sexualstraftaten setzt sich ebenso aus sehr unterschiedlichen Deliktarten, unter anderem Vergewaltigung, sexuelle Nötigung und Exhibitionismus zusammen. Es ist festzustellen, dass zwar eine Dokumentation der Hirnauffälligkeiten stattfand, das Spektrum der Straftaten aber zu allgemein definiert wurde, um qualitativ gute Aussagen treffen zu können.

Für impulsives, gewalttätiges Verhalten werden sowohl Atrophien im Frontalhirn als auch Volumenminderungen in verschiedenen Arealen des limbischen Systems (Amygdala, Mamillarkörper, Hippocampus) verantwortlich gemacht. Die strukturelle Veränderung der Amygdala wird in einer Reihe von Einzelfallstudien als mögliche Ursache für Amokläufe diskutiert, ohne dass hier wissenschaftlich valide Erkenntnisse vorliegen.

Alle Studien sind retrospektiver Natur. Sie fokussieren verhaltensauffällig gewordene Personen, nicht selten aus Haftanstalten, und erheben Befunde mittels bildgebender Verfahren. Folglich werden nur selektiv Personen untersucht, die bereits straffällig geworden sind. Das methodische Vorgehen der retrospektiven Forschung erlaubt keine Aussage darüber, ob bei Gehirnläsionen oder Anomalitäten generell von einer später zu erwartenden kriminellen Entwicklung auszugehen ist. Derartige Studien mit entsprechender Fallzahl existieren nicht.

Bei den Sexualstraftaten konnten einige interessante Erkenntnisse hinsichtlich der Sexualpräferenz gewonnen werden. Die Neigung zur Pädophilie korrelierte mit Volumenminderungen im ventralen Striatum, orbitofrontalen Cortex und im Cerebellum. Es gibt Hinweise, dass diese umso ausgeprägter sind, je jünger die kindlichen Sexualpartner sind, die bevorzugt werden.

## **2.9 Aktuelle und zukünftige Probleme der Hirnforschung**

Die Literaturrecherche offenbarte aktuelle Probleme der Neurowissenschaften. Einzelfallberichte über Menschen, die nach Schädel-Hirn-Traumen psychisch auffällig und teilweise kriminell wurden, sind meist gut untersucht und dokumentiert. Hier lassen sich Läsionen in bestimmten anatomischen Strukturen nachweisen, die auf ein auslösendes (Unfall-) Ereignis zurückgeführt werden können. Wie im Fall von Phineas Gage werden Defekte in bestimmten Hirnarealen mit einer Verhaltensänderung in Verbindung gebracht. Als kritisch erweist sich der Umstand, dass Einzelfälle nicht zwangsläufig auf die Allgemeinheit übertragbar sind. Selbst wenn



gleiche Hirnareale in Mitleidenschaft gezogen werden, bedeutet dies nicht automatisch, dass daraus eine Wesensänderung resultiert, die zu straffälligem Verhalten führt. Bei Phineas Gage war das Spektrum an Auffälligkeiten derart vielfältig, dass es schwer fällt, einzelne Straftaten mit bestimmten Hirnarealdefekten in Verbindung zu bringen.

In größeren Studien konnten Hinweise auf typische Deliktmuster, z.B. sexuell motivierte Straftaten, bei neuroanatomischen Auffälligkeiten gefunden werden. Problematisch bleibt die Frage inwiefern Sozialisationseffekte, Erziehung, aktuelle Lebensumstände und sonstige exogene Faktoren Entscheidungsprozesse beeinflussen.

Im Fokus der aktuellen Forschung sind zunehmend neurochemische und komplexe Neuronennetzwerke als Erklärungsmodelle für Handlungen, emotionale Prozesse und Bewertungsprinzipien (Takahashi, 2013).

Ein häufiger Begriff, der in Studien auftaucht, ist derjenige der Moral. Sie wird als übergeordnetes Muster verstanden, das jedem Individuum in unterschiedlicher Ausprägung gegeben ist. Dabei bestimmt sie nach heutiger Einschätzung alle Bereiche des Handelns, konkret die Bewertung von Erlebnissen, das Bewusstsein und das Verhalten des Einzelnen (Fumagalli & Priori, 2012). Die Rede ist sogar von einem „Moralischen Gehirn“, welches als Zusammenspiel von frontalem, temporalem und cingulärem Cortex (kortikale Strukturen) und Amygdala, Hippocampus und Basalganglien (subkortikale Strukturen) definiert wird.

Sowohl funktionelle als auch strukturelle Auffälligkeiten in den genannten Bereichen sollen die Moral des Individuums beeinflussen können, so dass es zu Entscheidungsprozessen kommen kann, die von denen der Normbevölkerung abweichen.

Unklar bleibt bei vielen Studien die Frage, warum anatomische Abweichungen und Funktionsauffälligkeiten stets negative Einflüsse auf die Moral zu haben scheinen. Eine mögliche Verbesserung menschlicher Eigenschaften im Sinne vermehrter Tugendhaftigkeit wird von den Autoren nicht beschrieben. Dies wirft die Frage auf, ob hiernach nicht gezielt gesucht wurde.

Ferner bleibt bei allen Untersuchungen unklar, inwiefern Defizite in einem Teil des „Moralischen Gehirns“ durch andere Hirnareale ausgeglichen werden. Eine Aussage über die Häufigkeit moralisch abweichenden Verhaltens in der Bevölkerung fehlt. Die genannten Aspekte bieten zahlreiche Möglichkeiten für Forschungsansätze und zukünftige Untersuchungen.

### **3 Zusammenfassung und Ausblick**

Die vorliegende Masterarbeit beschäftigte sich mit der Frage, ob Läsionen einzelner Hirnareale beim Menschen zu Verhaltensänderungen führen können, die nachfolgend für einschlägige strafbare Handlungen prädisponieren.

Die Ergebnisse der Masterarbeit zeigen, dass die reine Untersuchung von hirnmorphologischen Veränderungen die Frage nach bestimmten daraus resultierenden Deliktformen nicht lösen kann.

Grundsätzlich zeigt sich eine Tendenz für kriminelles, beziehungsweise sozial auffälliges Verhalten bei einer Schädigung des präfrontalen Cortex und des limbischen Systems. Hier weisen besonders Studien eine Beteiligung der Amygdala und des Hippocampus nach. Eine Schädigung, die zu einer entsprechenden Volumenminderung und einer veränderten Funktion dieser Strukturen führt, begünstigt ein gefühlsarmes, auf den eigenen Vorteil bedachtes Verhalten des Individuums gegenüber seinen Mitmenschen. In unterschiedlichem Maße resultieren hieraus wiederum die tatsächlich verübten Straftaten. Nicht jede Schädigung in diesem Bereich hat automatisch delinquentes Verhalten zur Folge. Deliktmuster im Sinne einschlägiger Straftaten konnten bisher in keiner Studie für ein einzelnes strukturauffälliges Hirnareal nachgewiesen werden.

Die Ergebnisse zeigen, dass das Wesen der Kriminalität nicht nur neuroanatomisch erklärt werden kann. Es sind weitere Faktoren zu berücksichtigen, die enormen Einfluss auf ein Individuum haben können. Hierzu zählen vor allem die Integration eines Menschen in sein soziales Umfeld, die Ansprache durch Bezugspersonen, das medizinisch-psychologische Betreuungsangebot, berufsbezogene Angebote, finanzielle Unterstützung durch Ämter und Behörden und die Wohnungssituation. Die genannten Faktoren können in unterschiedlichem Maße indirekt auf bestehende hirnstrukturelle Defizite Einfluss nehmen. Negative Handlungsimpulse werden möglicherweise dadurch abgefangen, so dass es letztlich zu keiner Straftat kommt. Untersuchungen, die alle möglichen

exogenen Einflussgrößen berücksichtigen, fehlen. Aufgrund der Komplexität solcher Studien und der gleichzeitig geringen Fallzahl an Personen mit erworbenen Störungen in isolierten Hirnarealen, ist diesbezüglich zukünftig nicht mit qualitativ und quantitativ aussagekräftigen Ergebnissen zu rechnen.

Die Betrachtung neuroanatomischer Schädigungen und Auffälligkeiten in einzelnen Hirnarealen führt zu zwei wesentlichen Problemen. Zum einen bleibt unklar wie bestehende Defizite durch andere Strukturen ausgeglichen werden können. Hier existieren vermutlich individuell sehr große Unterschiede, die letztlich durch die entsprechende Sozialisation des Betroffenen beeinflusst werden. Zum anderen findet die Hirnaktivität keine Berücksichtigung bei der Beurteilung der Situation. Aus der Größe oder Form einer anatomischen Struktur im Gehirn lässt sich nicht auf deren Funktion schließen. Hierzu bedarf es anderer Untersuchungsverfahren wie der funktionellen Magnet-Resonanz-Tomographie (fMRT) oder der Positronen-Emissions-Tomografie (PET). Sie ermöglichen die Stoffwechselabläufe sichtbar zu machen und geben eine quantitative Auskunft über die Aktivität einer Struktur.

Die Studien belegen, dass eine morphologische Analyse oft als veraltet angesehen wird. Der aktuelle Versuch, funktionelle Bildgebung einzusetzen, hat zu neuen und genaueren Ergebnissen über den Ablauf von Prozessen im menschlichen Organismus geführt. Viele Autoren stimmen darin überein, dass auch dieser Ansatz für sich genommen keine ausreichenden Erkenntnisse liefert wie Menschen Entscheidungen treffen und warum sie ein bestimmtes Verhalten zu einem bestimmten Zeitpunkt ausführen.

Zukünftig könnte es notwendig sein, die hemmenden und aktivierenden Einflüsse neuronaler Netzwerke zu quantifizieren, um die oben genannte Problematik besser erforschen zu können. Momentan steht keine Methode zur Verfügung, die in Echtzeit eine Berechnung solcher Abstimmungsprozesse im menschlichen Gehirn möglich macht. Daher bleiben zukünftige Ergebnisse schwierig, wenn es um die Übertragung in die Realität geht. Die Wahrscheinlichkeit, dass einzelne Muster von neuronaler Aktivität im Gehirn genau zu ein und derselben Straftat führen, muss als sehr

gering angesehen werden. Die Anzahl äußerer Einflüsse wäre zu groß, um ein genaues Verhalten hieraus ableiten oder gar vorhersagen zu können.

Ein wichtiger Aspekt in der Forschung ist stets die Umsetzung der gewonnenen Erkenntnisse in die Praxis. Aufbauend auf dem Wissen über die Grundlagen, sollte geprüft werden wie hieraus ein Nutzen für das Alltagsleben gezogen werden kann.

Bei näherer Betrachtung existieren verschiedene Anwendungsgebiete, von denen manche nur als Theorie denkbar sind und bei anderen bereits erste Erprobungsversuche erfolgreich verliefen.

Nicht realisierbar ist derzeit die Sichtbarmachung von Gedanken mittels funktioneller Bildgebung, um hieraus einen kriminalpräventiven oder kriminalistischen Nutzen ziehen zu können. Die Darstellung von Gedanken und Gefühlen müsste in einer Form geschehen, die eine Beurteilung und Deutung durch Dritte erlaubt. Die Auswertung entsprechender Signale in Echtzeit dürfte zudem ein gravierendes Hindernis sein.

Ein wichtiges Anwendungsgebiet ist die Therapie von Straftätern. Hirnstörungen führen automatisch zu der Frage, ob und wie sie behandelbar wären. Im 20. Jahrhundert wurden neurochirurgische Eingriffe durchgeführt, um gezielt einzelne Areale zu zerstören. Es wurde postuliert, dass auffälliges Verhalten je nach zerstörtem Hirnbereich abnehmen würde. Diese Einschätzung beruhte unter anderem auf den in der vorliegenden Masterarbeit dargestellten Erkenntnissen über die Funktion des Gehirns, die im 19. und 20. Jahrhundert gewonnen wurden. Die Ursache für psychische Krankheiten, wie zum Beispiel der Schizophrenie wurde damals auf eine Störung in anatomischen Hirnstrukturen eingegrenzt. Teilweise zeigten Eingriffe wie die Lobotomie, bei der entlang des Auges eine Sonde ins Frontalhirn geführt und mit einem Skalpell dort befindliche Strukturen zerstört wurden, zu überraschenden Verbesserungen bei bestimmten psychischen Erkrankungen (Watts & Freeman, 1948). Gleichzeitig gab es eine hohe Nebenwirkungsrate mit Todesfällen und dauerhaft behinderten Menschen (Sachdev P. & Sachdev J., 1997). Die Lobotomie war der Vorläufer späterer

stereotaktischer Operationen, bei denen mittels Bildgebung Hirnareale verödet werden konnten. Eine besondere Anwendung fand diese Methode zur Behandlung von Epilepsien. Jedoch setzten sich experimentelle Ansätze bei der Therapie von chronisch Delinquenten, insbesondere Sexualstraftätern, nicht durch. Neben der ethischen Debatte um solche Eingriffe, rückte auch die Erkenntnis in den Vordergrund, dass Entscheidungsprozesse und daraus folgende Handlungen nicht ausschließlich durch Überfunktionen einzelner Hirnstrukturen zustande kommen. Völlig unberücksichtigt blieb die Betrachtung des Täters im sozialen Umfeld. Die Auswirkungen der Umwelt, z.B. die Sozialisation eines Individuums, war nicht Gegenstand neurochirurgischer Überlegungen. Dementsprechend blieben stereotaktische Operationen eher die Ausnahme. Eine ausreichende Fallzahl, um von einem dauerhaften Erfolg bei bestimmten Straftaten sprechen zu können, ist nicht vorhanden.

Zukünftig könnte die Frage nach invasiven Eingriffen erneut an Bedeutung gewinnen. Einerseits gibt es die Debatte um die ökonomische Betrachtung der Unterbringung von psychisch gestörten und nicht gestörten Straftätern. Andererseits werden sowohl aus der Bevölkerung als auch von den betroffenen Delinquenten selber Stimmen laut, die eine so genannte Behandlung fordern, so dass es zu keinen einschlägigen Rückfällen kommt. Die Medizin wird eine Antwort finden müssen, ob durch die operative oder medikamentöse Beeinflussung mehrerer Hirnstrukturen Denk- und Entscheidungsprozesse überhaupt beeinflussbar sind, um dem Anspruch einer Rückfallprävention gerecht zu werden.

Bisher waren pharmakologische Interventionen darauf ausgerichtet, Defizite von Neurotransmittern auszugleichen oder deren Überschuss zu minimieren. Neurochirurgische Operationen hatten dagegen das Ziel der elektromechanischen Koagulation von relevanten Arealen. Sowohl Pharmakologie als auch Neurochirurgie konnten Erfolge vorweisen. Möglicherweise wird in einigen Jahren die Gentechnik, Stammzellforschung und Nanotechnologie einen zusätzlichen Beitrag leisten können. Erste Ansätze zielen vor allem auf die Verbesserung und Regeneration gestörter Funktionen und Wiederherstellung der vollen Leistungsfähigkeit.

Therapieoptionen werden mit hoher Wahrscheinlichkeit sehr individuell auf den einzelnen Klienten angepasst werden müssen.

Auf der Seite der bereits erfolgreich eingesetzten Anwendungsgebiete steht die Behandlung von Kranken mit Neuro-Feedback und gleichzeitigem funktionellem MRT (Sulzer et al., 2013). Mittels eines bildgebenden Verfahrens werden Stoffwechselprozesse im Gehirn einer Person sichtbar gemacht, die ein Areal zeigen, das an der Informationsverarbeitung besonders beteiligt ist. Ziel ist das Erlernen von Selbstregulation bei der Darbietung spezieller Reize. Der Proband erhält eine sofortige Rückmeldung durch Blick auf einen Monitor, ob eine psychotherapeutisch eingesetzte Technik, die er selbst anwendet, zu einer Beeinflussung der Stoffwechselaktivität in einem Areal geführt hat. Mittels operanter Konditionierung lernen die Personen ihre Gefühle besser zu kontrollieren. Einige Studien zeigten erfolgreich die Anwendung bei gesunden, nicht straffälligen Schmerzpatienten (Weiskopf et al., 2003; deCharms, 2007).

Diese Erkenntnisse wurden später von einer Arbeitsgruppe auf forensische Patienten mit der Diagnose einer Psychopathie angewendet. Um zu überprüfen, ob diese Patienten Empathie erlernen können, wurde ein fMRT begleitetes Neuro-Feedback-Training über 4-12 Sitzungen durchgeführt. In diesem lernten sie selektiv die anteriore Insel zu regulieren. Nach dem Durchlauf der Trainingsphase zeigte sich, dass nunmehr zwischen der Insel und anderen Bereichen (Amygdala, präfrontaler Cortex, u.a.) ein emotionales Netzwerk entstanden war. Den Probanden war es möglich, Gesichter und Emotionen anderer Menschen zu deuten. Ein wichtiger Wirkfaktor für die Straffälligkeit von Psychopathen, das mangelnde Mitgefühl für andere Menschen, konnte positiv beeinflusst werden (Caria et al., 2007).

Dies stellt ein praxisnahes Beispiel dar, wie Grundlagenforschung in effektive Behandlungsstrategien umgesetzt werden kann. Jedoch war der Aufwand für das Training personell und ökonomisch so hoch, dass die Methode bisher in der klinischen Praxis nicht etabliert wurde. Ob es den Teilnehmern eines solchen Therapieverfahrens gelingen würde, außerhalb einer geschlossenen Einrichtung im späteren Leben nicht erneut straffällig zu werden, müssten weitreichende Studien mit entsprechenden Fallzahlen zeigen.

Ein noch zu erwähnendes Feld für die gewonnenen Erkenntnisse über die Störung einzelner Hirnareale und ihre Bedeutung für kriminelles Verhalten ist die heute schon praktizierte Kriminalprognose im Rahmen strafrechtlicher Begutachtungen (Batts, 2009). Bei Gutachten zur Schuldfähigkeit werden selten MRT oder CT Bilder eines Täters angefertigt, um dessen Gehirnstrukturen zu beurteilen. Ausnahmen hiervon stellen bereits vorhandene Aufnahmen oder sehr konkrete Hinweise auf Verhaltensänderungen nach einem Unfall oder einer Erkrankung dar. Auffällige Befunde ermöglichen eine Zuordnung zu psychiatrischen Klassifikationssystemen wie der *internationalen statistischen Klassifikation der Krankheiten und verwandter Gesundheitsprobleme (ICD-10)* (WHO, 2013).

Oft wird bei entsprechenden CT/MRT Auffälligkeiten die Diagnose eines Organischen Psychosyndroms gestellt und hieraus eine irreversible Störung abgeleitet. Leider neigen forensische Gutachter dazu, aus einer solchen Diagnose automatisch eine ungünstige Sozial- und Kriminalprognose abzuleiten, was grundsätzlich vermieden werden sollte (Casartelli & Chiamulera, 2013). Es bedarf stets der Gesamtwürdigung aller kriminalprognostischen Faktoren. Vor allem das soziale Umfeld, die Lebensverhältnisse, Teilnahme an einem geregelten Tagesablauf und die Zukunftsperspektive des Täters sind Aspekte, die deutlich aussagekräftiger im Hinblick auf die Prognose sind als dies allein durch eine Bildgebung erreicht werden könnte (Boetticher et al., 2006). Hier besteht zukünftig erheblicher Nachbesserungsbedarf was die Schulung der forensischen Gutachter angeht. Die zu vermittelnde Botschaft könnte lauten, dass neuroanatomische Normabweichungen nicht automatisch auf ein zukünftig zu erwartendes delinquentes Verhalten schließen lassen. Eine positive oder negative Kriminalprognose sollte auf Basis dieser Daten nicht vorgenommen werden.



#### 4 Literaturverzeichnis

- Adorno, T.W. (1973). *Studien zum autoritären Charakter*. S. 1 - 512  
Frankfurt: Suhrkamp
- Aharoni, E., Vincent, G.M., Harenski, C.L., Calhoun, V.D., Sinnott-Armstrong, W. et al. (2013). Neuroprediction of future rearrest. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA, Apr 9; 110(15): 6223 - 6228*
- Aichner, F. (1984). Die Phänomenologie des nach Klüver und Bucy benannten Syndroms beim Menschen. *Fortschritte der Neurologie – Psychiatrie, 52(11): 375 – 397*
- Albrecht, K. & Wille, R. (1981). Stereotaktische Operationen – Komplikationen und Rechtslage. *Zeitschrift für Rechtsmedizin, 86(2): 109 – 113*
- Ambrosini, E., Vastano, R., Montefinese, M. & Ciavarro, M. (2013). Functional specificity of the locus coeruleus-norepinephrine system in the attentional networks. *Frontiers in Behavioral Neuroscience, Dec 12(7): 201*
- Baguley, I.J., Cooper, J. & Felmingham, K. (2006). Aggressive behavior following traumatic brain injury: how common is common? *The Journal of Head Trauma Rehabilitation, Jan - Feb 21(1): 45 – 56*
- Batts, S. (2009). Brain lesions and their implications in criminal responsibility. *Behavioral Sciences & the Law, Mar – Apr 27(2): 261 - 272*
- Belcher, J.R. (2014). Attention deficit hyperactivity disorder in offenders and the need for early intervention. *International Journal of Offender Therapy and Comparative Criminology, Jan 58(1): 27 – 40*
- Benjamin, L.T. Jr. & Simpson, J.A. (2009). The power of the situation: The impact of Milgram's obedience studies on personality and social psychology. *American Psychologist, Jan 64(1): 12 – 19.*
- Blair, R.J. (2010). Neuroimaging of psychopathy and antisocial behavior: a targeted review. *Current Psychiatry Reports, Feb 12(1): 76 – 82*
- Boetticher, A., Kröber, H.L., Müller-Isberner, R., Böhm., M., Müller-Metz, R. et al. (2006). *Neue Zeitschrift für Strafrecht, 10: 537 - 544*

- Boeve, B.F., Silber, M.H., Saper, C.B. & Braak, H. (2007). Pathophysiology of REM sleep behaviour disorder and relevance to neurodegenerative disease. *Brain*, 130: 2770 - 2788
- Bogerts, B. (1997). Gibt es eine neuroanatomische Disposition zur Wahnentwicklung? Ein Nachtrag zum Fall Wagner. In G. Wiedemann & G. Buchkremer (Hrsg.). *Mehrdimensionale Psychiatrie*, S. 78 – 89. Stuttgart: Fischer
- Burgess, P.W., Gonen-Yacovi, G. & Volle, E. (2011). Functional neuroimaging studies of prospective memory: what have we learnt so far? *Neuropsychologia*, Jul 49(8): 2246 – 2257
- Burns, M.S. & Fahy, J. (2010). Broca's area: rethinking classical concepts from a neuroscience perspective. *Topics in Stroke Rehabilitation*, Nov – Dec 17(6): 401 - 410
- Caria, A., Sitaram, R., Veit, R., Kuebler, A., Lotze, M. & Birbaumer, N. (2007). Does the modulation of the insular activity affect our emotional involvement? A real-time fMRI study during emotional pictures processing. *Proceedings of the 7th Meeting of the German Neuroscience Society*, Göttingen
- Casartelli, L. & Chiamulera, C. (2013). Opportunities, threats and limitations of neuroscience data in forensic psychiatric evaluation. *Current Opinion in Psychiatry*, Sep 26(5): 468 - 473
- Catani, M., Dell'acqua, F., Thiebaut de Schotten, M. (2013). A revised limbic system model for memory, emotion and behaviour. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, Sep 37(8): 1724 - 1737
- Coccaro, E.F., Sripada, C.S., Yanowitch, R.N. & Phan, K.L. (2011). Corticolimbic function in impulsive aggressive behavior. *Biological Psychiatry*, Jun 13; 69(12): 1153 – 1159
- Comoli, E., Ribeiro-Barbosa, E.R. & Canteras, N.S. (2000). Afferent connections of the dorsal premammillary nucleus. *Journal of Comparative Neurology*, Jul 17; 423(1): 83 - 98
- Copenhaver, B.R., Rabin, L.A., Saykin, A.J., Roth, R.M., Wishart, H.A. et al. (2006). The fornix and mammillary bodies in older adults with Alzheimer's disease, mild cognitive impairment, and cognitive

- complaints: a volumetric MRI study. *Psychiatry Research, Oct 30; 147(2-3): 93 - 103*
- Crone, E.A. & Dahl, R.E. (2012). Understanding adolescence as a period of social affective engagement and goal flexibility. *Nature Reviews Neuroscience, 12: 636 - 650*
- Daum, I., Ackermann, H., Schugens, M.M., Reimold, C., Dichgans, J. et al. (1993). The cerebellum and cognitive functions in humans. *Behavioral Neuroscience, 107(3): 411 – 419*
- Dardis, C.M., Dixon, K.J., Edwards, K.M. & Turchik, J.A. (2014). An examination of the factors related to dating violence perpetration among young men and women and associated theoretical explanations: a review of the literature. *Trauma, Violence & Abuse, Jan13 (Epub).*
- Davidson, R.J., Putnam, K.M. & Larson, C.L. (2000). Dysfunction in the neural circuitry of emotion regulation – a possible prelude to violence. *Science, Jul 28:289(5479): 591 - 594*
- Decety, J. (2010). The neurodevelopment of empathy in humans. *Developmental Neuroscience, 32(4): 257 – 267*
- De Brito, S.A., Viding, E., Sebastian, C.L., Kelly, P.A., Mechelli, A. et al. (2013). Reduced orbitofrontal and temporal grey matter in a community sample of maltreated children. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, Jan 54(1): 105 -112*
- de Charms, R.C. (2007). Reading and controlling human brain activation using real-time functional magnetic resonance imaging. *Trends in Cognitive Sciences, 11: 473 - 485*
- Eaton, D.K., Kann, L. & Kinchen, S. (2006). Youth risk behavior surveillance – United States 2005. Morbidity and mortality weekly report. *Surveillance Summaries, 55: 1 -108*
- Ehinger, P.H. (1973). Liberalismus und Gleichheit: über die Wertvorstellung der Gleichheit im Wertsystem des Liberalismus unter besonderer Berücksichtigung schweizerischer Verhältnisse. S. 103 ff. *Verlag der Gesellschaft Schweizer Monatshefte Zürich.*
- Ellis, W.G. (1901). Some remarks on asylum practice in Singapore. *The American Journal of Tropical Medicine an Hygiene, 4: 411 – 414*

- Fairchild, G., Hagan, C.C., Walsh, N.D., Passamonti, L., Calder, A.J. et al. (2013). Brain structure abnormalities in adolescent girls with conduct disorder. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, Jan 54(1): 86 – 95
- Faria, M.A. jr. (2013). Violence, mental illness and the brain – a brief history of psychosurgery: Part 2 – From the limbic system and cingulotomy to deep brain stimulation. *Surgical Neurology International*, 4: 75
- Fellows, L.K. (2004). The cognitive neuroscience of human decision making: a review and conceptual framework. *Behavioral and Cognitive Neuroscience Reviews*, Sep 3(3): 159 - 172
- Filone, S., Strohmaier, H., Murphy, M. & Dematteo, D. (2013). The Impact of DSM-5's Alternative Model for Personality Disorders on Criminal Defendants. *Behavioral Sciences & the Law*, Dec 19. (Epub).
- Fumagalli, M. & Priori, A. (2012). Functional and clinical neuroanatomy of morality. *Brain*, Jul 135(7): 2006 - 2021
- Galvan, A., Hare, T.A. & Parra, C.E. (2006). Earlier development of the accumbens relative to orbitofrontal cortex might underlie risk-taking behavior in adolescents. *The Journal of Neuroscience*, 26: 6885 – 6892
- Galvan, A., Hare, T.A., Voss, H., Glover, G. & Casey, B.J. (2007). Risk-taking and the adolescent brain: who is at risk? *Developmental Science*, 10: 8 – 14
- Gao, Y., Glenn, A.L., Schug, R.A., Yang, Y. & Raine A. (2009). The neurobiology of psychopathy: a neurodevelopmental perspective. *Canadian Journal of Psychiatry*, Dec 54(12): 813 - 823
- Garcia-Lázaro, H.G., Ramirez-Carmona, R., Lara-Romero, R. & Roldan-Valadez, E. (2012). Neuroanatomy of episodic and semantic memory in humans: a brief review of neuroimaging studies. *Neurology India*, Nov - Dec 60(6): 613 - 617
- Garcia-Molina, A. (2012). Phineas Gage and the enigma of the prefrontal cortex. *Neurologia*, Jul - Aug 27(6): 370 - 375
- Gardner, M. & Steinberg, L. (2005). Peer influence on risk taking, risk preference, and risky decision making in adolescence and

- adulthood: an experimental study. *Developmental Psychology*, 41: 625 – 635
- Gaul, C., Jordan, B., Wustmann, T. & Preuss, U.W. (2007), Klüver-Bucy Syndrom beim Menschen. *Der Nervenarzt*, July 78(7): 821 – 824
- Gregg, T.R. & Siegel, A. (2001). Brain structures and neurotransmitters regulating aggression in cats: implications for human aggression. *Progress in Neuropsychopharmacology and Biological Psychiatry*, Jan 25(1): 91 – 140
- Gregory, S., Ffytche, D., Simmons, A., Kumari, V., Howard, M. et al. (2012) The antisocial brain: psychopathy matters. *Archives of General Psychiatry*, Sep 69(9): 962 - 972
- Groß, D. (2002). Die Entwicklung der inneren und äußeren Leichenschau in historischer und ethischer Sicht. S. 11 ff. Verlag Königshausen & Neumann
- Gvion, Y. & Apter, A. (2011). Aggression, impulsivity and suicide behavior: a review of the literature. *Archives of Suicide Research*, 15(2): 93 - 112
- Habermeyer, E. (2008). Forensische Psychiatrie. *Nervenarzt*, 80: 79 – 92
- Handlesman, L., Holloway, K., Kahn, R.S., Sturiano, C. Rinaldi, P.J. et al. (1996). Hostility is associated with a low prolactin response to meta-chlorophenylpiperazine in abstinent alcoholics. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research*, 20: 824 - 829
- Hanada, H., Akiyoshi, J., Kanehisa, M., Ishitobi, Y., Tsuru, J. et al. (2013). Hippocampal agenesis in an individual who engaged in violent criminal behaviors after discontinuing carbamazepine and paroxetine treatment. *Journal of Forensic Sciences*, Jan 58(1): 255 - 258
- Harty, S.C., Galanopoulos, S., Newcorn, J.H. & Halperin, J.M. (2013). Delinquency, aggression and attention-related problem behaviors differentially predict adolescent substance use in individuals diagnosed with ADHD. *The American Journal on Addictions*, Dec 22(6): 543 – 550

- Hayempour, B.J. (2013). Psychosurgery: Treating Neurobiological Disorders with Neurosurgical Intervention. *Journal of Neurological Disorders*, Apr 19; 1(1): 1 - 18
- Herzfeld, D.J. & Shadmehr, R. (2014). Cerebellum estimates the sensory state of the body. *Trends in Cognitive Sciences*, Feb 18(2): 66 - 67
- Honig, H., Forquignon, I. & Elkmeier, G. (2013). Klüver-Bucy Syndrom nach Herpes-simplex-Enzephalitis. *Psychiatrische Praxis*, 40(7): 392 – 393
- Houck, B.D. & Person, A.L. (2013). Cerebellar Loops: A Review of the Nucleocortical Pathway. *Cerebellum*, Dec 22 (Epub)
- Huebner, T., Vloet, T.D., Marx, I., Konrad, K., Fink, G.R. et al. (2008). Morphometric brain abnormalities in boys with conduct disorder. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, May 47(5): 540 - 547
- Huttenlocher, P.R. & Dabholkar, A.S. (1997). Regional differences in synaptogenesis in human cerebral cortex. *Journal of Comparative Neurology*, 387: 167 – 178
- Khan, S. & Chang, R. (2013). Anatomy of the vestibular system: a review. *NeuroRehabilitation*, 32(3): 437 - 443
- Koch, E.R. (1976). *Chirurgie der Seele. Operative Umpolung des Verhaltens*. S. 102 ff. dva Öffentliche Wissenschaft
- Koenigs, M., Baskin-Sommers, A., Zeier, J. & Newman, J.P. (2011). Investigating the neural correlates of psychopathy: a critical review. *Molecular Psychiatry*, Aug 16(8): 792 - 799
- Laakso, M.P., Gunning-Dixon, F., Vaurio, O., Repo-Tiihonen, E., Soininen, H. et al. (2002). Prefrontal volumes in habitually violent subjects with antisocial personality disorder and type 2 alcoholism. *Psychiatry Research*, Jun 15; 114(2): 95 - 102
- Lampert, T. & Thamm, M. (2007). Tabak-, Alkohol- und Drogenkonsum von Jugendlichen in Deutschland. Ergebnisse des Kinder- und Jugendgesundheits surveys (KiGGS). *Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz*, 50: 600 – 608

- Langström, N. & Grann, M. (2002). Psychopathy and violent recidivism among young criminal offenders. *Acta Psychiatrica Scandinavica Supplementum*, 412: 86 - 92
- Lauterbur, P.C. (1973). Image formation by induced local interactions – Examples employing nuclear magnetic – resonance. *Nature*, 242: 190 - 192
- LaVergne, G.M. (1997). A sniper in the tower: The Charles Whitman murders. *University of North Texas Press*
- LeDoux, J.E. (1994). Emotion, memory and the brain. *Scientific American*, Jun 270(6): 50 - 57
- Lombroso, C. (1876): Der Verbrecher in anthropologischer, ärztlicher und juristischer Beziehung. *Bertrams Print on Demand 2010*. (Original-Ausgabe Hamburg 1887).
- Macmillan, M. (2000). Restoring Phineas Gage: A 150th retrospective. *Journal of the History of the Neurosciences*, Apr 9(1): 46 - 66
- Mansfield, P. & Grannell, P.K. (1973). NMR diffraction in solids. *Journal of Physics C: Solid State Physics*, 6: 422 - 426
- Mark, V.H, Sweet, W.H. & Ervin, F.R. (1967). Role of Brain Disease in Riots and Urban Violence. *The Journal of the American Medical Association*, 201(11): 895
- Martinius, J. (1983). Homicide of an aggressive adolescent boy with right temporal lesion: a case report. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, Fall 7(3): 419 - 422
- McCrary, E., De Brito, S.A. & Viding, E. (2012). The link between child abuse and psychopathology: a review of neurobiological and genetic research. *Journal of the Royal Society of Medicine*, Apr 105(4): 151 – 156
- Meynen, G. (2013). A neurolaw perspective on psychiatric assessments of criminal responsibility: decision-making, mental disorder, and the brain. *International Journal of Law and Psychiatry*, Mar – Apr 36(2): 93 - 99
- Milgram, S. (1968). Some conditions of obedience and disobedience to authority. *The International Journal of Psychiatry in Medicine*, Oct 6(4): 259 - 276

- Müller, J.L. (2011). Are sadomasochism and hypersexuality in autism linked to amygdalohippocampal lesion? *The Journal of Sexual Medicine*, Nov 8(11): 3241 - 3249
- Nedopil, N., Blümcke, I. Bock, H., Bogerts, B., Born, C. & Stübner, S. (2008). Sadistic fetishism- deadly passion. Forensic psychiatric assessment of sex offenders. *Nervenarzt*, Nov 79(11): 1249 – 1256
- Ogloff, J.R. (2006). Psychopathy/antisocial personality disorder conundrum. *Australian & New Zealand Journal of Psychiatry*, Jun - Jul 40(6-7): 519 - 528
- Olivier, B., Olivier-Aardema, R. & Wiepkema, P.R. (1983). Effect of anterior hypothalamic and mamillary area lesions on territorial aggressive behaviour in male rats. *Behavioural Brain Research*, Jul 9(1): 59 – 81
- Olson, E.J., Boeve, B.F. & Silber, M.H. (2000). Rapid eye movement sleep behaviour disorder: demographic, clinical and laboratory findings in 93 cases. *Brain*, 123: 331 – 339
- Patrick, C.J., (2008). Psychophysiological correlates of aggression and violence: an integrative review. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, Aug 12;363(1503): 2543 - 2555
- Poepl, T.B., Nitschke, J., Santtila, P., Schecklmann, M., Langguth, B. et al. (2013). Association between brain structure and phenotypic characteristics in pedophilia. *Journal of Psychiatric Research*, May 47(5): 678 - 685
- Raine, A., Meloy, J.R., Birchle, S., Stoddard, J., LaCasse, L. et al. (1998). Reduced prefrontal and increased subcortical brain functioning assessed using positron emission tomography in predatory and affective murderers. *Behavioral Sciences & the Law*, Summer 16(3): 19 - 32
- Raju, T.N. (1999). The Nobel chronicles: 1979 Allan MacLeod Cormack (b 1924) and Sir Godfrey Newbold Hounsfield (b 1919). *Lancet*, Nov 6;354(9190): 1653



- Rakic, P., Bourgeois, J.P., Eckenhoff, M.F., Zecevic, N. & Goldman-Rakic, P.S. (1986). Concurrent overproduction of synapses in diverse regions of the primate cerebral cortex. *Science, Apr 11; 232: 232 – 235*
- Rapp, D. (1988). The reception of Freud by the British press: general interest and literary magazines, 1920 – 1925. *Journal of the History of the Behavioral Sciences, Apr 24(2): 191 – 201*
- Rasch, W. (1984). Angst vor der Abartigkeit. Über einen schwierigen Begriff der §§ 20, 21 StGB. *Neue Zeitschrift für Strafrecht, 2: 177*
- Renner, C. (2011). History of phrenology. *Journal of the History Medicine and Allied Sciences, Jul – Sep 45(3): 249 – 256*
- Rigoni, D., Pelligrini, S., Mariotti, V., Cozza, A., Mechelli, A. et al. (2010). How neuroscience and behavioral genetics improve psychiatric assessment: report on a violent murder case. *Frontiers in Behavioral Neuroscience, Oct 13; 4: 160*
- Roeder, F. (1971). Über die Möglichkeiten stereotaktischer Eingriffe bei Aggressionstätern. In G. Nass (Hrsg.): *Kriminalität vorbeugen und behandeln. Abhandlungen zur Prophylaxe und Resozialisierung*. S. 37 ff. Verlag Carl Heymanns
- Rosvold, H.E., Mirsky, A.F. & Pribram, K.H. (1954). Influence of amygdectomy on social behavior in monkeys. *Journal of Comparative and Physiological Psychology, Jun 47(3): 173 – 178*
- Sachdev, P. & Sachdev J. (1997). Sixty years of psychosurgery: its present status and its future. *Australian and New Zealand Journal of Psychiatry, Aug 31(4): 457 - 464*
- Salzman, C.D. & Fusi, S. (2010). Emotion, cognition and mental state representation in amygdala and prefrontal cortex. *Annual Review of Neuroscience, 33: 173 – 202*
- Sammet, K. (2005). Risking more freedom? Cyproterone acetate, sexual offenders and the German „Law on voluntary castration and other methods of treatment“, 1960 – 1975. *Medizinhistorisches Journal, 40(1): 51 – 78*

- Sapolsky, R.M. (2004). The frontal cortex and the criminal justice system. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B: Biological Sciences*, Nov 29; 359(1451): 1787 - 1796
- Scavone, J.L., Sterling, R.C. & Van Bockstaele, E.J. (2013). Cannabinoid and opioid interactions: implications for opiate dependence and withdrawal. *Neuroscience*, Sep 17; 248: 637- 654
- Schiebler, T.H., Schmidt, W. & Zilles K. (1999). *Anatomie*. S. 817 ff. (8.Auflage) Berlin: Springer
- Schiffer, B., Peschel, T., Paul, T., Gizewski, E., Forsting, M. et al. (2007). Structural brain abnormalities in the frontostriatal system and cerebellum in pedophilia. *Journal of Psychiatric Research*, Nov 41(9): 753 - 762
- Schiltz, K., Witzel, J.G., Bausch-Hölterhoff, J. & Bogerts, B. (2010). Hirnpathologische Veränderungen bei Gewaltdelinquenz. Sechs Kasuistiken. In J. Müller (Hrsg): *Neurobiologie forensisch-relevanter Störungen*. S. 85 ff. Stuttgart: Kohlhammer
- Schiltz, K., Witzel, J.G., Bausch-Hölterhoff, J. & Bogerts, B. (2013). High prevalence of brain pathology in violent prisoners: a qualitative CT and MRI scan study. *European Archives of Psychiatry and Clinical Neurosciences*, Apr 9. (Epub).
- Schlack, R. & Hölling, H. (2007). Gewalterfahrungen von Kindern und Jugendlichen im Selbstbericht. Ergebnisse des Kinder- und Jugendgesundheits surveys (KiGGS). *Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz*, 50: 819 – 826
- Schleim, S. (2006). Zeig mir dein Hirn – und ich sag dir was du denkst. *Gehirn & Geist*, 9: 60 – 62
- Schmidt, F. & Thews, G. (1997). *Physiologie des Menschen*. S. 189 ff. (27. Auflage). Berlin: Springer
- Schneider, K. (2007). *Klinische Psychopathologie*. (15. Auflage). Stuttgart: Thieme
- Schneider, H.J. (2007). Theorien der Kriminologie (Kriminalitätsursachen). S. 125 – 181. In H.J. Schneider (Hrsg.), *Internationales Handbuch der Kriminologie. Bd. 1: Grundlagen der Kriminologie*. Berlin: de Gruyter

- Schneider, F. & Fink, F.G. (2013). *Funktionelle MRT in Psychiatrie und Neurologie*. S. 50 ff (2. Auflage). Berlin: Springer
- Snyder, J.S.b & Cameron, H.A. (2012). Could adult hippocampal neurogenesis be relevant for human behavior? *Behavioural Brain Research, Feb 14; 227(2): 384 - 390*
- Siever, L.J. (2008). Neurobiology of aggression and violence. *American Journal of Psychiatry, Apr 165(4): 429 - 442*
- Simpson, G., Blaszczyński, A. & Hodgkinson, A. (1999); Sex offending as a psychosocial sequela of traumatic brain injury. *The Journal of Head Trauma Rehabilitation, Dec 14(6): 567 – 80*
- Smith, R., Chen, K., Baxter, L., Fort, C. & Lane, R.D. (2013). Antidepressant effects of sertraline associated with volume increases in dorsolateral prefrontal cortex. *Journal of Affective Disorders, Apr 25; 146(3): 414 – 419*
- Stack, S. (1989). The effect of publicized mass murders and murder-suicides on lethal violence 1968 - 1980. *Social Psychiatry and Psychiatric Epidemiology, 24: 202- 208.*
- Sterzer, P., Stadler, C., Krebs, A., Kleinschmidt, A. & Poustka, F. (2005). Abnormal neural responses to emotional visual stimuli in adolescents with conduct disorder. *Biological Psychiatry, 57(1): 7 – 15*
- Sterzer, P., Stadler, C., Poustka, F. & Kleinschmidt, A. (2007). A structural neural deficit in adolescents with conduct disorder and in association with lack of empathy. *NeuroImage, 37(1): 335 - 342*
- Stolpmann, G. & Müller, J. (2010). Neurobiologie und Prognose. In J. Müller (Hrsg.). *Neurobiologie forensisch-relevanter Störungen*. S. 461 ff. Stuttgart: Kohlhammer
- Sulzer, J., Haller, S., Scharnowski, F., Weiskopf, N., Birbaumer, N. et al. (2013). Real-time fMRI neurofeedback: progress and challenges. *Neuroimage, Aug 1; 76: 386 - 399*
- Szabadi, E. (2013). Functional neuroanatomy of the central noradrenergic system. *Journal of Psychopharmacology, Aug 27(8): 659 - 593*

- Tagliamonte, M., Sestieri, C., Romani, G.L., Gallucci, M. & Caulo, M. (2013). MRI anatomical variants of mammillary bodies. *Brain Structure and Function*, Sep 27. (Epub).
- Takahashi, A., Quadros, I.M., de Almeida, R.M. & Miczek, K.A. (2012). Behavioral and pharmacogenetics of aggressive behavior. *Current Topics in Behavioral Neurosciences*, Feb 2 (Epub).
- Takahashi, H. (2013). Molecular neuroimaging of emotional decision-making. *Neuroscience Research*, Apr 75(4): 269 - 274
- Texas Governor's Committee and Consultants (1966). *An Inventory of the Report on the Charles J. Whitman Catastrophe at the Texas State Archives*, Sep 8, 1966. Archives and Information Services Division. Texas State Library and Archives Commission.
- Tiihonen, J., Rossi, R., Laakso, M.P., Hodgins, S., Testa, C. et al. (2008). Brain anatomy of persistent violent offender: more rather than less. *Psychiatry Research*, Aug 30; 163(3): 201 – 212.
- Toro-Martinez, E. (2012). Pharmacological treatment of aggressive impulsive behavior. *Vertex*, Jul - Aug 23(104): 281 - 286
- Trockel, H. (1974). Persönlichkeitsrecht. Tagung Nr. 15 b/74 der Deutschen Richterakademie in Trier v. 30.09-1974 bis 11.10.1974. *Deutsche Richterzeitung*, 47 – 48
- Valentino, R.J. & Van Bockstaele, E. (2008). Convergent regulation of locus coeruleus activity as an adaptive response to stress. *European Journal of Pharmacology*, Apr 7; 583(2-3): 194 - 203
- Van Bockstaele, E.J., Reyes, B.A. & Valentino, R.J. (2010). The locus coeruleus: A key nucleus where stress and opioids intersect to mediate vulnerability to opiate abuse. *Brain Research*, Feb 16; 1314: 162 - 174
- Vann, S.D. & Aggleton, J.P. (2004). The mammillary bodies: two memory systems in one? *Nature Reviews Neuroscience*, Jan 5(1): 35 – 44
- Van Strien, N.M., Cappaert, N.L. & Witter, M.P. (2009). The anatomy of memory: an interactive overview of the parahippocampal-hippocampal network. *Nature Reviews Neuroscience*, Apr 10(4): 272 – 282

- Walhovd, K.B., Tamnes, C.K., Bjørnerud, A., Due-Tønnessen, P., Holland, D. et al. (2014). Maturation of Cortico-Subcortical Structural Networks- Segregation and Overlap of Medial Temporal and Fronto-Striatal Systems in Development. *Cerebral Cortex*, Jan 15 (Epub)
- Walsa, R. (1998). Phrenology as an unsuccessful adventure in cerebral localization (Franz Joseph Gall: 1758 – 1828). *Orv Hetil*, Dec 13; 139(50): 3025 – 3031
- Watts, J.W., Freeman, W. (1948). Prefrontal lobotomy; indications and results in schizophrenia. *American Journal of Surgery*, Jan 75(1): 227 - 230
- Weiskopf, N., Veit, R., Erb, M., Mathiak, K., Grodd, W. et al. (2003). Physiological self-regulation of regional brain activity using real-time functional magnetic resonance imaging (fMRI): methodology and exemplary data. *NeuroImage*, 19: 577 – 586
- White, R. & Williams, S. (2009). Amygdaloid neurosurgery for aggressive behaviour, Sydney, 1967 – 1977: chronological narrative. *Australasian Psychiatry*, 17(5): 405 - 409
- Whittle, S., Yap, M.B., Yücel, M., Fornito, A., Simmons, J.G. et al. (2008). Prefrontal and amygdala volumes are related to adolescents affective behaviors during parent-adolescent interactions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Mar 4; 105(9): 3652 – 3657
- WHO. (2013). *Internationale statistische Klassifikation der Krankheiten und verwandter Gesundheitsprobleme*. (10. Revision, ICD-10). [www.who.int/classifications/icd/en](http://www.who.int/classifications/icd/en) Zugriff am: 11.01.2014
- Yamamoto, K., Shinba, T. & Yoshii, M. (2014). Psychiatric symptoms of noradrenergic dysfunction: A pathophysiological view. *Psychiatry and Clinical Neurosciences*, Jan 68(1): 1- 20
- Yang, Y., Raine, A., Han, C.B., Schug, R.A., Toga, A.W. et al. (2010) Reduced hippocampal and parahippocampal volumes in murderers with schizophrenia. *Psychiatry Research*, Apr 30; 182(1): 9 – 13

Zhou, Z., Xiong, H., Jia, R., Yang, G., Guo, T. (2012). The risk behaviors and mental health of detained adolescents: a controlled, prospective longitudinal study. *PLOS ONE*, 7(5). Epub

## **5 Eidesstattliche Versicherung**

Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass die vorliegende Masterarbeit selbstständig und ohne unzulässige fremde Hilfe erstellt wurde und nicht von einer anderen Fakultät abgelehnt worden ist.

Dr. med. Kai Thomas