

Aus dem Lehrstuhl
für Psychiatrie und Psychotherapie
Prof. Dr. Helmfried E. Klein
der Medizinischen Fakultät
der Universität Regensburg

**„Psychopathy und Theory of Mind –
neuronale und behaviorale Korrelate der Emotionsattribution
bei Patienten mit der Persönlichkeitsstörung der Psychopathie“**

Inaugural – Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der
Medizinischen Fakultät
der Universität Regensburg

vorgelegt von
K a t r i n S p e r b e r

2010

Aus dem Lehrstuhl
für Psychiatrie und Psychotherapie
Prof. Dr. Helfmfried E. Klein
der Medizinischen Fakultät
der Universität Regensburg

**„Psychopathy und Theory of Mind –
neuronale und behaviorale Korrelate der Emotionsattribution
bei Patienten mit der Persönlichkeitsstörung der Psychopathie“**

Inaugural – Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der
Medizinischen Fakultät
der Universität Regensburg

vorgelegt von
K a t r i n S p e r b e r

2010

Dekan:

Prof. Dr. Bernhard Weber

1. Berichterstatter:

Prof. Dr. Göran Hajak

2. Berichterstatter:

Prof. Dr. Thomas Löw

Tag der mündlichen Prüfung:

07. Dezember 2010

ZUSAMMENFASSUNG

Patienten mit psychopathischer Persönlichkeitsstörung zeigen klinisch auffällige Deviationen ihrer emotionalen Verarbeitung, deren neurobiologische Hintergründe weitgehend ungeklärt sind. Die vorliegende fMRT-Studie untersuchte daher an forensisch untergebrachten Patienten mit Psychopathy die neuronalen Korrelate der Emotionsattribution, einer Subkomponente der Theory of Mind. Es wurde geprüft, ob eine beeinträchtigte Fähigkeit zur Theory of Mind, das heißt eine beeinträchtigte Fähigkeit, mentale Zustände anderer Personen, wie Meinungen, Absichten oder Gefühle, nachvollziehen und von den eigenen abgrenzen zu können, für die schwerwiegenden Defizite bei emotionalen Verarbeitungsprozessen psychopathischer Patienten mitverantwortlich gemacht werden kann.

Das verwendete Forschungsparadigma bestand aus kurzen Bildergeschichten mit drei spielenden Kindern. In einer wunschkongruenten Bedingung warf der Protagonist der Szene jenem Kind ein Spielzeug zu, das in einer vorangegangenen Intention auch genannt worden war. In der wunschkongruenten Situation hingegen, bekam das „falsche“ Kind das Spielzeug, womit der vorher genannte Wunsch des Protagonisten nicht in Erfüllung ging. Die Aufgabe der Versuchspersonen bestand darin, dem handelnden Kind, abhängig von der genannten Intention und dem darauffolgenden Ausgang der Szene, eine Emotion zu attribuieren. An einer schriftlich vorgelegten Form des Paradigmas führten die Probanden zudem eine differenzierte Bewertung der Intensität sechs verschiedener Emotionen aus. Die neuronalen Aktivierungs- sowie die kognitiv-emotionalen Verhaltensmuster von 16 psychopathischen Patienten, definiert nach Hare (1991; 2003), 16 forensischen und 16 gesunden Kontrollprobanden wurden miteinander verglichen.

Die drei Versuchspersonengruppen zeigten auf Verhaltensebene keine Unterschiede. Auf neuronaler Ebene konnten jedoch signifikante Unterschiede in Form von Mehraktivierungen bei Psychopathen im Vergleich zu gesunden Probanden in parietalen (BA 40, BA 7) und temporalen Arealen (BA 22/39) nachgewiesen werden. Verglichen mit forensischen Kontrollprobanden zeigten Psychopathen Mehraktivierungen im fusiformen Areal (BA 18) sowie im medialen Präfrontalcortex (BA 10). Die Ergebnisse sprechen dafür, dass der Emotionsattribution bei psychopathischen Patienten im Vergleich zu forensischen und gesunden Kontrollprobanden distinkte kognitive Prozesse zugrunde liegen. Dieser innovative Befund an psychisch hochauffälligen Patienten zeigt, dass eine zielorientierte Erfüllung kognitiv-emotionsgeleiteter Aufgaben von diesen zwar erfüllt, dies aber nur unter Zuhilfenahme komplexerer neuronaler Strukturen erreicht werden kann. Therapieansätze sollten daher, diese sich von anderen Patienten unterscheidenden neuronalen Verarbeitungsmuster, berücksichtigen.

INHALT

1. EINFÜHRUNG	1
2. THEORETISCHER UND EMPIRISCHER HINTERGRUND.....	3
2.1 Psychopathy als Subgruppe der dissozialen Persönlichkeitsstörung	3
2.1.1 Konzept der Psychopathy	3
2.1.2 Theoretische Annahmen zur Psychopathy	4
2.1.3 Neuronale Korrelate der Psychopathy	7
2.2 Theory of Mind	10
2.2.1 Definition.....	10
2.2.2 Paradigmen der Theory of Mind-Forschung	11
2.2.3 Neuronale Korrelate der Theory of Mind.....	15
2.2.3.1 Neuronale Korrelate der <i>belief</i> - und Intentionsattribution.....	15
2.2.3.2 Neuronale Korrelate der Emotionsattribution.....	17
2.3 Psychopathy und Theory of Mind.....	19
2.3.1 <i>belief</i> - und Intentionsattribution	19
2.3.2 Emotionsattribution	21
2.4 Zusammenfassung und Untersuchungshypothesen	24
3. METHODEN.....	28
3.1 Versuchspersonen	28
3.2 Material	30
3.2.1 Stimuli	30
3.2.2 Präsentation	34
3.3 Versuchsablauf.....	34
3.4 Statistische Analyse	37
3.4.1 Statistische Analyse der Verhaltensdaten.....	37
3.4.2 Analyse der fMRT-Daten	37
3.4.2.1 Datenerhebung	37
3.4.2.2 Datenvorverarbeitung.....	38
3.4.2.3 Statistische Analyse der fMRT-Daten	40

4. ERGEBNISSE	42
4.1 Verhaltensdaten.....	42
4.1.1 fMRT-Messung	42
4.1.2 Emotionsrating	42
4.2 fMRT-Daten.....	43
4.2.1 Haupteffekt Gruppe und Interaktionseffekt.....	43
4.2.2 Gruppenvergleiche	44
 5. DISKUSSION	 50
5.1 Verhaltensdaten.....	52
5.2 fMRT-Daten.....	53
5.2.1 Zusammenfassende Betrachtung der Ergebnisse	53
5.2.2 Bewertung der Versuchspersonengruppen	54
5.2.3 Gruppenvergleiche der fMRT-Daten	57
5.2.3.1 Neuronale Korrelate der Psychopathengruppe im Vergleich zur gesunden Kontrollgruppe	57
5.2.3.2 Neuronale Korrelate der Psychopathengruppe im Vergleich zur forensischen Kontrollgruppe	63
5.3 Zusammenfassung und Ausblick	71
 6. LITERATUR.....	 75
 7. ANHANG.....	 85
Anlage 1: Informationsblatt	85
Anlage 2: Einverständniserklärung	89
Anlage 3: Beispielaufgaben aus dem schriftlich vorgelegten Emotionsrating	90
 ERKLÄRUNG.....	 91

1. EINFÜHRUNG

Die Krankheit „Psychopathy“ gilt als besondere Risikoform innerhalb des Feldes der dissozialen Persönlichkeitsstörung. Das psychopathologische Bild dieser Störung zeichnet sich, neben manifest devianten und delinquenten Verhaltensweisen, vor allem durch schwerwiegende interpersonale und affektive Dysfunktionen aus – eine Kombination, die zu extremer Unberechenbarkeit und zu einer Unfähigkeit führt, sozial adäquat zu interagieren und Empathie zu empfinden (Habermeyer & Herpertz, 2006). Nicht nur für Psychopathen selbst, sondern auch für die soziale Gesellschaft und speziell die Menschen in ihrem direkten Umfeld, stellt die Psychopathy so eine schwerwiegende Beeinträchtigung des friedlichen Zusammenlebens und eine, unter Umständen lebensbedrohliche, Gefährdung dar.

Bei der Erforschung von Hintergründen und Ursachen dieser Verhaltens- und Persönlichkeitsstörung richtet sich das Augenmerk der modernen Neurowissenschaft vor allem auf Untersuchungen mit struktureller und funktioneller Bildgebung. Strukturelle Abweichungen sowie abweichende neuronale Aktivierungsmuster konnten für psychopathische Patienten bereits in etlichen Studien zur Verarbeitung verschiedenster Paradigmen nachgewiesen werden. Vor dem Hintergrund der affektiven Dysfunktion als eines der Hauptmerkmale der Krankheit galt die Aufmerksamkeit dabei bisher besonders emotionalen Verarbeitungsprozessen (u.a. Deeley et al., 2006; Müller et al., 2003).

Betrachtet man speziell die Unfähigkeit zur sozialen Interaktion und zu empathischem Empfinden, so gerät auch ein kognitiver Prozess in den Mittelpunkt des Interesses, dem hierbei eine essentielle Bedeutung zugeschrieben wird – die „Theory of Mind“. Der aus der Entwicklungspsychologie stammende Begriff bezeichnet die Fähigkeit, durch die Repräsentation mentaler Zustände anderer Personen deren Verhalten teilweise vorherzusagen und verstehen zu können sowie Empathie zu empfinden und sozial angemessen zu interagieren (Gallagher & Frith, 2003). Obwohl eine Beeinträchtigung innerhalb der Theory of Mind als (mit-) ursächlich für die Entwicklung des Krankheitsbildes der Psychopathy in Betracht gezogen wird (u.a. Brüne & Brüne-Cohrs, 2005; Blair et al., 1996), existieren kaum Studien, die diese Fähigkeit bei Psychopathen untersuchten. Studien mit funktioneller Bildgebung wurden dazu bisher nicht durchgeführt.

In der vorliegenden Arbeit wird psychopathischen Patienten sowie forensischen und gesunden Kontrollprobanden ein Paradigma präsentiert, das als Teilkomponente der Theory of Mind die Attribution einer Emotion fordert. Die Studie soll zeigen, ob neuronale Abweichungen, die bei Psychopathen beispielsweise während der Verarbeitung emotionaler Stimuli nachgewiesen wurden, auch bei der Emotionsattribution beobachtet und Dysfunktionen innerhalb des kognitiven Prozesses der Theory of Mind so als mitverantwortlich für das psychopathologische Bild der Psychopathy in Betracht gezogen werden können.

Im Folgenden werden im Rahmen des theoretischen und empirischen Hintergrundes zunächst die Merkmale der Psychopathy erläutert sowie theoretische Annahmen und Befunde aus der bisherigen Forschung zur Psychopathy vorgestellt. Anschließend wird der Begriff „Theory of Mind“ definiert. Mit Schwerpunkt auf der Teilkomponente der Emotionsattribution folgt die Vorstellung von bisher in der Forschung verwendeten Paradigmen und Ergebnissen zu neuronalen Korrelaten der einzelnen Teilkomponenten der Theory of Mind. Im dritten Teil werden bisherige Annahmen und Ergebnisse zum Zusammenhang zwischen Psychopathy und Theory of Mind präsentiert. Das Kapitel des theoretischen und empirischen Hintergrundes endet mit der Zusammenfassung und der Aufstellung der sich daraus ableitenden Untersuchungshypothesen. Im Anschluss folgt die Erläuterung der experimentellen Vorgehensweise sowie die Präsentation der Ergebnisse der Studie. Abschließend werden die Ergebnisse vor dem Hintergrund der bisherigen Forschung und vorangegangener Überlegungen zu Charakteristik der Versuchspersonengruppen und Paradigma diskutiert. Ein Ausblick mit weiteren, auf die hier gefundenen Ergebnisse aufbauenden, Fragestellungen findet sich am Ende der Diskussion.

2. THEORETISCHER UND EMPIRISCHER HINTERGRUND

2.1 Psychopathy als Subgruppe der dissozialen Persönlichkeitsstörung

Liegt sozial deviantes Verhalten begründet in tief greifenden, früh beginnenden und überdauernden psychopathologischen Persönlichkeitsmerkmalen, so gewinnt es an klinischer Relevanz und kann als Ausdruck einer Persönlichkeitsstörung gewertet werden (Habermeyer & Herpertz, 2006). Bei der Klassifikation von sozial störendem Verhalten im Rahmen der forensischen Medizin werden drei verschiedene Konzepte unterschieden: die Antisoziale Persönlichkeitsstörung nach DSM IV-Kriterien, die Dissoziale Persönlichkeitsstörung nach den Kriterien des ICD 10 und die „Psychopathy“ nach Hare, die nicht in den offiziellen Diagnosesystemen vorkommt. Während der DSM IV-Katalog vor allem antisoziale Verhaltensweisen in den Vordergrund stellt (Sass H., Wittchen H.U. & Zaudig M., 2003), berücksichtigen die Kriterien des ICD 10 stärker die Ausprägung bestimmter interpersonal-affektiver Persönlichkeitsmerkmale (Dilling H., Mombour, W. & Schmidt, M.H., 2008). Im Konzept der Psychopathy rücken Persönlichkeitseigenschaften wie oberflächlicher Charme, übersteigter Selbstwert, Verantwortungslosigkeit und Affektflachheit weiter in den Vordergrund (Walter, 2005). Die genaue Untersuchung und Diagnose vorliegender Persönlichkeitsmerkmale ermöglicht also neben der Abgrenzung von sozial deviantem Verhalten ohne Krankheitswert und der Abgrenzung zu anderen Persönlichkeitsstörungen, die Klassifizierung der Störung nach verschiedenen Diagnosesystemen und die Identifizierung einer besonderen Risikogruppe innerhalb der dissozialen Persönlichkeitsstörung, der Psychopathy (Habermeyer & Herpertz, 2006).

2.1.1 Konzept der Psychopathy

Neben manifest delinquenten Verhaltensweisen und einem impulsiven und instabilen Lifestyle, ist die Krankheit Psychopathy vor allem gekennzeichnet durch eine schwerwiegende Störung interpersonal-affektiver Merkmale und einer überdurchschnittlich hohen Rückfallwahrscheinlichkeit (Habermeyer & Herpertz, 2006).

Der Goldstandard in der Diagnostik der Psychopathy im Erwachsenenalter ist die Anwendung und Auswertung der *Psychopathy-Checklist Revised* (PCL-R) nach Hare (1991;

2003), einer Rating-Skala mit 20 Items, die jeweils entsprechend dem Grad ihrer Ausprägung mit 0, 1 oder 2 Punkten bewertet werden (Hare, Clark, Grann & Thornton, 2000; Hare & Neumann, 2005). Die Bewertung erfolgt nach Einsicht in verschiedene Unterlagen der Klinik wie psychologische Gutachten und Einschätzungen, Protokolle über Aussagen vor Gericht und Berichte über Regelverstöße und Verhalten auf der Station. Zusätzlich wird mit dem Patienten ein semi-strukturiertes Interview geführt, bei dem die Themen *Arbeit/Arbeitslosigkeit, zukünftige Ziele, Leben in der Ursprungsfamilie, Sexualität und Beziehungen, Verhaltensprobleme in der Kindheit, Drogenerfahrung und Kriminalität* behandelt werden.

Hare konnte bei seiner Arbeit mit erwachsenen Straftätern zeigen, dass zwei miteinander korrelierende Faktoren wichtig sind für die Beschreibung der Psychopathy. Faktor 1 beinhaltet interpersonale Aspekte wie *Verantwortungslosigkeit, übersteigerten Selbstwert* und *pathologisches Lügen* sowie affektiv-emotionale Merkmale wie *mangelndes Schuldbewusstsein, Affektflachheit* und *Mangel an Empathie*. Faktor 2 beschreibt deviante und delinquente Verhaltensweisen wie *Impulsivität, sensation seeking, schwache Verhaltenskontrolle* und *Kriminalität in Jugend und Erwachsenenalter*. Die Bewertung aller 20 Items ergibt einen Punktwert zwischen 0 und 40, wobei der individuelle Wert mit dem Grad der Ausprägung psychopathischer Charaktermerkmale und Verhaltensweisen der untersuchten Person korreliert. Für Untersuchungen und Studien mit psychopathischen Patienten gilt nach nordamerikanischem Standard ein PCL-cutoff-Wert von 30. Abhängig von Kontext und Ziel der Untersuchung werden auch andere cutoff-Werte verwendet (Hare & Neumann, 2005).

2.1.2 Theoretische Annahmen zur Psychopathy

Die tiefgreifenden emotionalen Beeinträchtigungen können als das zentrale Merkmal der Psychopathy betrachtet werden (Cleckley, 1976; Hare, 1991). Ebenfalls verantwortlich zu sein scheinen diese für die gestörte Entwicklung von moralischem Empfinden und das somit gesteigerte Risiko dissozialen Verhaltens. Aktuell gibt es zwei Modelle, die versuchen, die Grundlage dieser emotionalen Dysfunktion zu erklären: das *low-fear* Modell (z.B. Birbaumer et al., 2005; Patrick, 1994) und das *violence inhibition mechanism* (VIM) Modell (z.B. Blair, 1995; Blair, 2001).

Im Rahmen des *low-fear* Modells gilt die reduzierte Fähigkeit Angst zu empfinden als die Hauptursache der mangelhaften moralischen Entwicklung. Die Unfähigkeit aversive Stimuli wahrnehmen zu können, führt dazu, dass psychopathische Patienten nicht in der Lage sind, ihr Verhalten entsprechend negativer Konsequenzen früheren Verhaltens in ähnlichen Situationen anpassen und ändern zu können (Birbaumer et al., 2005). Experimente, die sich mit der Konditionierung aversiver Stimuli und mit der Modulation von Schreckreflexen beschäftigten, lieferten empirische Unterstützung für dieses Modell. In verschiedenen Studien konnte eine schwächere aversive Konditionierung bei psychopathischen Patienten im Vergleich zu einer Kontrollgruppe gezeigt werden. Lykken (1957) beschrieb verminderte elektrodermale Reaktionen auf konditionierte Stimuli, die mit Elektroschocks assoziiert wurden. Andere Autoren fanden fehlenden Hautwiderstand als Reaktion auf aversive Stimuli (siehe Überblick von Hare, 1998). Flor et al. (2002) konnten mit unangenehmem Geruch als unkonditionierten und neutralen Gesichtern als konditionierten Stimuli eine fehlende konditionierte Reaktion bei Psychopathen im Vergleich zur Kontrollgruppe zeigen. Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass Psychopathen zwar fähig sind die Assoziation zwischen unkonditioniertem und konditioniertem Stimulus zu erkennen, dass sie aber nicht in der Lage zu sein scheinen, die emotionale Signifikanz dieser Assoziation zu verarbeiten (Sommer et. al., 2006).

Eine zweite Möglichkeit die Verarbeitung aversiver affektiver Situationen zu erforschen, sind Untersuchungen zur Modulation des Schreckreflexes. Patrick, Bradley & Lang (1993) berichteten, dass Psychopathen keine Potenzierung des Schreckreflexes während der Verarbeitung aversiver Bilder zeigten. Levenston, Patrick, Bradley & Lang. (2000) zeigten für Psychopathen gehemmte Schreckreflexe bei der Betrachtung von Opfer-Szenen. In beiden Studien wurden diese Ergebnisse als Hinweis für eine beeinträchtigte Fähigkeit interpretiert, aversive Stimuli erkennen und aufnehmen zu können.

Die Untersuchungsergebnisse zur aversiven Konditionierung und das beobachtete Verhalten des Schreckreflexes sprechen für eine verminderte Ansprechbarkeit gegenüber aversiver Stimuli. Weitere Hinweise liefern sie auf ein, bei Psychopathen von Grund auf niedriges autonomes Erregungslevel, welches für das typische, abnorm hohe Gefühl der Langeweile verantwortlich gemacht werden kann (Herpertz & Sass, 2000). Zusammen mit einer pathologischen Furchtlosigkeit kann dies zu Impulsivität, sensation seeking und Risikobereitschaft führen und die Wahrscheinlichkeit dissozialen und delinquenten

Verhaltens erhöhen. Des weiteren liefern diese Ergebnisse Hinweise für eine Beeinträchtigung in der Verarbeitung und Empfindung emotionaler, insbesondere negativer Stimuli. Psychopathischen Patienten ist es aufgrund der verminderten Empfindung von Angst und der Beeinträchtigung in Prozessen der Konditionierung nicht möglich, aus negativen Erfahrungen und Strafe zu lernen (Herpertz & Sass, 2000; Patrick, 1994; Sommer et al., 2006).

Die zentrale Aussage des *violence inhibition mechanism* (VIM) Modells ist die Existenz eines autonomen Systems, welches vor allem auf traurige und ängstliche Stimuli reagiert (Blair, 1995; Blair, Colledge, Murray & Mitchell, 2001). Für die moralische Sozialisation ist die funktionelle Integrität dieses Systems unumgänglich. Negative Emotionen Anderer wirken aversiv auf gesunde Individuen, die dadurch lernen jenes Verhalten zu vermeiden, das Trauer und Angst Anderer verursacht. Blair (2003) betont, dass Gesichtsausdrücke einen hohen kommunikativen Wert besitzen und dass der Ausdruck von Angst, Trauer oder Freude einen enormen Einfluss auf das zukünftige Verhalten der beobachtenden oder handelnden Person besitzt. Die Aktivierung des VIM durch vor allem negative emotionale Stimuli (z.B. Leid oder Angst Anderer) unterbricht oder hemmt das aktuelle Verhalten des Aggressors. Diese automatische Reaktion führt beim Aggressor zur Generierung eines Erregungszustandes. Blair postuliert, dass die kognitive Interpretation eines Erregungszustandes, der durch die Aktivierung des VIM hervorgerufen wird, zur Empfindung der moralischen Emotionen Sympathie, Empathie, Schuld oder Reue führen kann. Die Störung der Psychopathy könnte so die Konsequenz einer frühen Dysfunktion innerhalb des VIM sein. Als Folge dieser Dysfunktion stellen individuelle Ausdrücke von Angst, Trauer oder Leid für psychopathische Patienten keine aversiven Stimuli dar (Blair, 1995).

Empirische Unterstützung für diese Theorie lieferten Studien, die, sowohl für erwachsene Psychopathen als auch für Kinder mit psychopathischen Tendenzen, erniedrigte autonome Erregungslevel bei der Verarbeitung trauriger Gesichtsausdrücke zeigten (Blair, 2003; Blair et al., 2001; McMurran, Blair & Egan, 2002; Stevens, Charman & Blair, 2001). Auch in einer Studie über die Verarbeitung des affektiven Gehalts einer Stimme, waren Psychopathen beeinträchtigt, Angst zu erkennen (Blair et al., 2002). Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass psychopathische Patienten bei der

Verarbeitung visueller und akustischer trauriger oder ängstlicher affektiver Stimuli mehr Fehler machen als Gesunde.

Die Ergebnisse zeigen, dass psychopathische Patienten in der Erkennung und Verarbeitung negativer affektiver Ausdrücke beeinträchtigt sind und dass Trauer, Angst und Leid Anderer deshalb nicht als aversive Stimuli wirken können. Die Dysfunktion des VIM bewirkt weiter, dass bei Psychopathen im Vergleich zu gesunden Individuen kein autonomer Erregungszustand als Reaktion auf affektive Stimuli generiert wird. Als Folge dessen zeigen sie eine schwerwiegende Beeinträchtigung in der Empfindung der moralischen Emotionen Empathie, Reue und Schuld. Des weiteren ist es psychopathischen Patienten nicht möglich, jenes Verhalten vermeiden zu lernen, das anderen Menschen Schaden und Leid zufügt (Blair, 1995; Blair, 2003).

2.1.3 Neuronale Korrelate der Psychopathy

Erste Hinweise darauf, dass die Krankheit der Psychopathy mit neuroanatomischen Abweichungen einhergeht, ergaben sich aus der Beobachtung und Untersuchung von Verhaltensänderungen und kognitiven Beeinträchtigungen bei Patienten mit Verletzungen spezifischer Hirnareale. Studien und Berichte über die Veränderung der Persönlichkeit im Sinne der Psychopathy, der sogenannten „erworbenen Soziopathie“, gibt es bei Patienten mit Verletzungen des orbitofrontalen Cortex (OFC) (Damasio, 1994; Damasio, Grabowski, Frank, Galaburda & Damasio, 1994). Obwohl die beiden Krankheitsbilder bei genauerer Betrachtung deutlich differieren, scheinen Läsionen im OFC doch Symptome und Verhalten wie Impulsivität, Verantwortungslosigkeit, Mangel an Empathie und schwache Verhaltenskontrolle hervorzurufen, die typisch sind für das Bild der Psychopathy (Blumer & Benson, 1975; Damasio, 1994; Malloy, Birhle, Duffy & Cimino, 1993). Ähnliche und einzelne weitere Symptome wie Aggressivität und die Beeinträchtigung in der Verarbeitung emotionaler Stimuli zeigen sich auch bei Läsionen der anterioren Insula, des anterioren Cingulums und der Amygdala mit angrenzenden Teilen des Temporal-lappens (siehe Überblick von Kiehl, 2005). Da die Beobachtung von Patienten mit Schädel-Hirn-Verletzungen nur eine sehr indirekte Methode für die Identifizierung neuronaler Korrelate der Psychopathy darstellt, können diese Ergebnisse lediglich als Hinweis, nicht

aber als Beweis der Involvierung der genannten Areale in dieses Krankheitsbild gesehen werden.

Eine Reihe von Studien mit struktureller (Barkataki, Kumari, Das, Taylor & Sharma, 2006; Dolan, Deakin, Roberts & Anderson, 2002; Laakso et al., 2001; Laakso et al., 2002; Müller et al., 2007; Raine, Lencz, Bihle, LaCasse & Colletti, 2000; Yang et al., 2005) und funktioneller Bildgebung (Birbaumer et al., 2005; Deeley et al., 2006; Intrator et al., 1997; Kiehl et al., 2001; Kiehl et al., 2004; Müller et al., 2003; Müller et al., 2008; Schneider et al., 2000; Smith, 2000; Soderstrom, Hultin, Tulberg, Wikkelson & Ekholm, 2002; Veit et al., 2002) unterstützt die Hypothese, dass die Krankheit Psychopathy mit neuroanatomischen Abweichungen einhergeht.

Raine et al. (2000) verglichen Versuchspersonen mit antisozialer Persönlichkeitsstörung mit Kontrollprobanden. Für die Patientengruppe konnten sie, neben verminderter autonomer Aktivität während einer Stresssituation, eine signifikante Volumenminderung von 11 % der grauen Substanz des präfrontalen Cortex (PFC) aufzeigen. In einer Studie mit Berücksichtigung von Erfolg oder Misserfolg im Leben in der sozialen Gesellschaft wurde dieses Ergebnis für Psychopathen mit antisozialen und kriminellen Verhaltensweisen bestätigt (Yang et al., 2005). Laakso et al. (2002) hingegen fanden keine Korrelation zwischen dem Volumen des PFC und dem PCL-Wert antisozialer und psychopathischer Patienten. In einer vorherigen Studie (Laakso et al., 2001) konnte aber eine deutliche negative Korrelation zwischen der Höhe des PCL-Wertes und dem posterioren hippocampalen Volumen gezeigt werden. Auch Dolan et al. (2002) konnten in ihrer Studie für Gewalttäter mit antisozialer Persönlichkeitsstörung keine Volumenreduktion in frontalen Arealen nachweisen. Stattdessen fanden sie bei ihren Probanden eine 20%-ige Volumenminderung des Temporallappens. Dieses Ergebnis konnte in einer Studie von Barkataki et al. (2006) bestätigt werden, die ebenfalls eine temporale Volumenreduktion bei Patienten mit antisozialer Persönlichkeitsstörung nachweisen konnten. Eine weitere Studie mit struktureller Bildgebung bei psychopathischen Patienten wurde von Müller et al. (2007) durchgeführt, die eine signifikante Volumenminderung sowohl in frontalen als auch in temporalen Arealen aufzeigen konnten.

Soderstrom et al. (2002) untersuchten in ihrer Studie den regionalen zerebralen Blutfluss bei psychopathischen Patienten mit unterschiedlich hohen PCL-Werten. Eine negative Korrelation ergab sich dabei für die Höhe des PCL-Wertes und der Durchblutung in

frontalen und temporalen Arealen in Ruhe. Über eine gesteigerte Aktivität in fronto-temporalen kortikalen Regionen bei Psychopathen berichten sowohl Intrator et al. (1997) als auch Kiehl et al. (2001), die beide die Fähigkeit zur Erkennung und Verarbeitung affektiver Worte untersuchten. Die Autoren sind der Ansicht, dass diese Ergebnisse Ausdruck einer kompensatorischen kognitiven Mehraktivierung sind, um Defizite in der Verarbeitung emotionaler Stimuli ausgleichen zu können. Kiehl et al. (2001) fanden außerdem eine signifikante Minderaktivierung in Amygdala, Hippocampus, Gyrus parahippocampalis, ventralem Striatum sowie anteriorem und posteriorem Cingulum, die laut Autoren als Minderaktivierung in limbischen Arealen zusammengefasst werden kann. In einer Studie zur Verarbeitung abstrakter Worte fanden Kiehl et al. (2004) abweichende Aktivierungsmuster im anterioren Gyrus temporalis. Zwei weitere Studien mit bildgebenden Verfahren beschäftigten sich mit der Verarbeitung affektiver Stimuli in Form von emotionalen Gesichtsausdrücken (Deeley et al., 2006) und affektiven Bildern aus dem *International Affective Picture System* (IAPS) (Müller et al., 2003). Die Ergebnisse sind inkonsistent. Während Deeley et al. für die Verarbeitung von positiven und negativen Gesichtsausdrücken eine verminderte Aktivierung in occipitotemporalem und extrastriatalem Cortex darstellten, fanden Müller et al. (2003) für affektive Bilder sowohl Minder- als auch Mehraktivierungen in präfrontalen, temporalen und limbischen Arealen. In einer Studie zur Untersuchung des Einflusses von Emotionen auf die kognitive Leistungsfähigkeit konnten Müller et al. (2008) für psychopathische Patienten verglichen mit Kontrollprobanden abweichende Aktivierungsmuster ebenfalls in präfrontalen und temporalen Arealen nachweisen.

Einige weitere Studien untersuchten die neuronalen Korrelate der klassischen aversiven Konditionierung bei Psychopathen. Auch hier sind die Ergebnisse uneinheitlich. Birbaumer et al. (2005) konnten, ebenso wie Veit et al. (2002), eine signifikante Hypoaktivität in Amygdala, Insula, anteriorem Cingulum und OFC nachweisen. Im Gegensatz dazu ergab sich bei Schneider et al. (2000) eine erhöhte Aktivierung in Amygdala und dorsolateralem präfrontalem Cortex (DLPFC). Eine Minderaktivität im DLPFC konnte Smith (2000) in einer *response-inhibition* Aufgabe zeigen. Weiterhin fand er innerhalb der Psychopathengruppe eine negative Korrelation zwischen der Höhe des PCL-Wertes und der Aktivität im DLPFC.

Trotz der Heterogenität dieser vorgestellten Studien und der sicher auch daraus resultierenden Inkonsistenz der Ergebnisse, lassen sich dennoch zwei neuronale Systeme aufgreifen, von deren Beteiligung am Krankheitsbild der Psychopathy stark auszugehen ist. Neben dem limbischen System mit Dysfunktionen in Amygdala, Insula und cingulären Arealen, lassen sich strukturelle Abweichungen und abweichende neuronale Aktivierungsmuster weiterhin vor allem in Arealen des fronto-temporalen Netzwerkes nachweisen.

2.2 Theory of Mind

Die Merkmale und Verhaltensweisen der psychopathischen Persönlichkeitsstörung zeigen eine schwerwiegende Beeinträchtigung in der sozialen Interaktion: Psychopathen sind weder fähig, sich emotional auf die Gefühle Anderer einzulassen, noch sind sie fähig, selbst tiefe und differenzierte Emotionen zu empfinden. Die Unfähigkeit dauerhafte und emotional gefestigte Beziehungen einzugehen führt weiter zu Unfähigkeit und Desinteresse, sich anderen Menschen gegenüber verantwortlich zu fühlen. Die eigene Gefühlslage bleibt stets oberflächlich und unausgeglichen – eine Ursache für sprunghaftes Verhalten, Unberechenbarkeit und schwache Verhaltenskontrolle. Durch die fehlende oder fehlerhafte Entwicklung von Moral steigt die Wahrscheinlichkeit für delinquentes und antisoziales Verhalten (Dolan & Fullam, 2004; Herpertz & Sass, 2000; Ochsner et al., 2004).

Eine der zentralen Fragen in der Erforschung der Krankheit Psychopathy ist die Ursache für diese schwerwiegenden und folgenreichen Beeinträchtigungen. Ein Begriff gerät dabei besonders in den Mittelpunkt des Interesses. Ursprünglich aus der Entwicklungspsychologie stammend, beschreibt er einen kognitiven Prozess, der essentiell ist für die Fähigkeit zur sozialen Interaktion, die sogenannte „Theory of Mind“.

2.2.1 Definition

Der Begriff der Theory of Mind (ToM), der auf Premack und Woodruff (1978) zurückgeht, beinhaltet das Wissen um die Existenz mentaler Zustände anderer Personen. Das Verständnis dieser mentalen Zustände beansprucht eine bestimmte Domäne der kognitiven Fähigkeiten, welche sich in zwei Phasen entwickelt. Die erste Phase umfasst

Wünsche und Handlungsziele (*desires*) sowie die Schlussfolgerung auf Wahrnehmung und Emotionen, die zweite das Verständnis von Wissen, Glauben und Überzeugungen (*beliefs*, Saxe, Carey & Kanwisher, 2004). Die ToM vermittelt so die Fähigkeit, das Verhalten, das bei anderen Individuen beobachtet wird, auf der Grundlage dieser mentalen Zustände erklären und verstehen zu können. Weiterhin beinhaltet sie das Bewusstsein, dass die Überzeugungen einer Person nicht mit der tatsächlichen Realität übereinstimmen müssen, sondern dass es die Absichten und Überzeugungen einer Person sind, die ihr Verhalten und ihre Entscheidungen im Alltag bestimmen, nicht die Realität (Frith & Frith, 2005; Gallagher & Frith, 2003; Leslie, 1987). Der Mechanismus der ToM beruht aber nicht nur auf der Fähigkeit, imaginäre Zustände entkoppelt von der Realität, sondern auch unabhängig von den eigenen Emotionen und Absichten repräsentieren zu können. Dies gibt die Möglichkeit, die mentalen Zustände anderer Personen bewusst von den eigenen abzugrenzen und sie mit diesen zu vergleichen. Auf dieser Basis ist es möglich, sowohl das eigene Verhalten als auch das Verhalten Anderer verstehen und bewerten sowie zu einem bestimmten Grad vorhersagen und beeinflussen zu können (Frith & Frith, 1999).

2.2.2 Paradigmen der Theory of Mind-Forschung

Rückschlüsse darüber, ob eine Person eine ToM besitzt und in welchem Alter sich diese entwickelt, lassen sich zum Teil aus Verhaltensbeobachtungen und der verwendeten Sprache über mentale Zustände bei Kindern ziehen. Die genauere Überprüfung der Entwicklung der ToM und die Abgrenzung von ToM-Defiziten erfordert jedoch die Anwendung spezifischer Tests, durch die eine Aussage über die einzelnen Komponenten der ToM ermöglicht wird: die Attribution von Wünschen und Intentionen, von Glauben und Überzeugungen und von Emotionen (Frith & Frith, 2003; Saxe et al., 2004).

Es existiert eine Reihe von spezifischen Tests, die die Fähigkeit zur Attribution von Wünschen und Überzeugungen untersuchten. Da das Hauptaugenmerk dieser Arbeit auf der Emotionsattribution liegt, soll auf diese nicht weiter eingegangen werden. Lediglich die Grundidee der Aufgaben über den Zustand des *false belief* sei hier erwähnt, da dieser bei der Erforschung und dem Verständnis der ToM eine besondere Bedeutung zukommt (Frith & Frith, 2005). Bei der Aufgabe soll der Proband eine Vorhersage bezüglich des

Verhaltens einer Person treffen, die auf der Grundlage einer falschen Überzeugung (*false belief*) von der Realität handelt (Dennett, 1978; Frith & Frith, 2003). Die richtige Beantwortung gelingt dabei allein durch die Reflektion über die mentalen Zustände dieser Person. Handelt eine Person in *true belief*, so ist es dem Beobachter möglich ihr Verhalten richtig vorherzusagen, weil er die tatsächlichen Begebenheiten kennt, die mit dem Glauben dieser Person übereinstimmen. In diesem Fall gibt die richtige Vorhersage des Verhaltens keine Auskunft darüber, ob der Beobachter über eine ToM verfügt oder nicht. Erst die richtige Beantwortung einer *false belief*-Aufgabe, bei der die Überzeugung einer Person nicht mit der Realität übereinstimmt, erlaubt es, dem Beobachter die Fähigkeit zur Theory of Mind zuzusprechen (Dennett, 1978; Frith & Frith, 2003; 2005; Wimmer & Perner, 1983).

Eine *false belief*-Aufgabe lösen zu können, ist ein ausreichender, nicht aber der alleinige Beweis, dass jemand eine ToM besitzt. Betrachtet man die Kriterien im Original nach Premack und Woodruff (1978), so sind bereits Vorschul- und sogar Kleinkinder im vollen Besitz einer ToM. Sie sind in der Lage sich selbst und Anderen mentale Zustände zu unterstellen und diese als Grundlage zu nutzen, um zukünftiges Verhalten vorherzusagen. Die Zuschreibung von Wünschen und Zielen scheint der zentrale Gegenstand dieser frühen ToM zu sein, ebenso aber die Zuschreibung von Wahrnehmung und Emotion. Bereits Neugeborene sind sensibel gegenüber den Emotionen anderer Menschen. Im Alter von einem Jahr sind Kleinkinder in der Lage, durch die emotionalen Ausdrücke ihrer Eltern ihr eigenes Verhalten in einer neuen Situation beeinflussen und führen zu lassen. Die Fähigkeit emotionale Ausdrücke zu differenzieren, kann allerdings auch auf eine non-mentalistische Weise interpretiert werden, indem man emotionale Ausdrücke als intrinsische, erworbene oder angeborene Stimuli der Belohnung oder Bestrafung für den Beobachter betrachtet. Die richtige Beurteilung der Emotionen Anderer kann jedoch eindeutig als Teil der ToM angesehen werden, wenn Kinder die Fähigkeit zeigen, Emotionen in Kombination mit anderen mentalen Zuständen zu attribuieren. Das Verständnis für die kausale Beziehung zwischen der Attribution von Wünschen und Emotionen wird deutlich, wenn Kinder zu sprechen beginnen. Mit etwa 24 Monaten äußern sie spontan Gründe für ihre Emotionen, besonders wenn es um den Zusammenhang eines unerfüllten Wunsches und eines negativen Gefühls geht. In einem Experiment von Wellman & Woolley (1990) entschieden sich 2-jährige für ein fröhliches Gesicht, wenn ihnen von

einem Jungen erzählt wurde, der sich einen Welpen wünschte und diesen auch bekam. Ein unglückliches Gesicht wählten sie dagegen, wenn der Junge sich einen Hasen gewünscht hatte. Die Grundlage für diese Komponente der Theory of Mind, Emotionen zu attribuieren und kausale Beziehungen beispielsweise zu Wünschen herzustellen, scheint somit im Alter von etwa zwei Jahren bereits vorhanden zu sein (Saxe et al., 2004).

Für die genauere Untersuchung der Attribution von Emotionen als eine der drei Subkomponenten der ToM, existiert kein klassisches Paradigma. Weiterhin zeigten Studien mit der zentralen Frage „Wie denken Sie, fühlt sich der Protagonist?“, die also die Zuschreibung von Emotionen abfragten, keine konsistente Verwendung von Begriffen. Neben dem Begriff der Emotionsattribution (Blair et al., 1995; Decety & Chaminade, 2003; Ochsner et al., 2004; Wicker, Perrett, Baron-Cohen & Decety, 2003) wurden auch die Ausdrücke „*perspective-taking*“ (Hynes, Baird & Grafton, 2005; Ruby & Decety, 2004) und „Empathie“ (Völlm et al., 2006) verwendet. Die Empathie im eigentlichen Sinn gilt jedoch nicht als Teilkomponente der ToM, sondern geht darüber hinaus. Sie beschreibt die Fähigkeit, die Emotionen Anderer zu erkennen und diese zu teilen, das heißt, als Reaktion auf den affektiven Zustand einer anderen Person, selbst Emotionen zu empfinden (Farrow et al., 2001).

Völlm et al. (2006) entwickelten ihr Forschungsparadigma in Anlehnung an Cartoons von Sarfati, Hardy-Bayle, Besche, & Widlocher (1997). In der Empathie-Bedingung zeigten die Cartoons aus drei aufeinander folgenden Bildern zwei Charaktere in einem emotionalen Kontext. Aus zwei im Anschluss präsentierten Bildern sollte das ausgewählt werden, das am plausibelsten eine Fortsetzung des Cartoons darstellte. Es ist fraglich, ob die Bearbeitung dieser Aufgabe ein Nachempfinden der Emotionen erforderte, oder ob es auch möglich war, sich allein mit Hilfe des aufgezeigten Kontextes den emotionalen Zustand des Protagonisten zu erschließen. Da Völlm et al. (2006) außerdem die Empathie in ihrem Fall als Zuschreibung von Emotionen definierten, kann hier von einer Studie zur Emotionsattribution gesprochen werden.

Der Begriff des *perspective-taking*, der von zwei weiteren Studien verwendet wird, kann ebenfalls nicht in allen Situationen synonym mit der ToM gebraucht werden. Während es für das Verständnis komplexer mentaler Zustände in komplexen sozialen Situationen oftmals nötig ist, sich in die Situation der beobachteten Person hinein zu

versetzten, können ToM-Aufgaben in einfachen alltäglichen Situationen auch durch den Abruf sozialen Wissens beantwortet werden (Hynes et al., 2005).

Ruby und Decety (2004) zeigten je einen Satz, der eine alltägliche soziale Situation beschrieb und dessen Protagonist die Mutter der Versuchsperson war. Die Frage nach der vermeintlichen emotionalen Reaktion der Mutter in dieser Situation sollte durch die Auswahl aus drei Adjektiven beantwortet werden.

Bei Hynes et al. (2005) dienten schriftlich präsentierte Geschichten mit einer handelnden Person im Mittelpunkt als Stimulusmaterial. Die Beantwortung der Frage nach den Gefühlen des Protagonisten erfolgte auch hier durch die Auswahl einer Antwort aus drei Möglichkeiten.

Für die Beantwortung der Aufgabe verwendeten beide Paradigmen komplexe Emotionen. Obwohl Ruby und Decety den Prozess des *perspective-taking* möglicherweise dadurch unterstützten, dass mit der Mutter die Emotion einer sehr genau bekannten Person zugeschrieben werden sollte, war es eventuell doch in beiden Paradigmen möglich, die Beurteilung der Emotion aufgrund des Kontextes, das heißt, durch den Abruf sozialen Wissens zu treffen.

Vier weitere Studien untersuchten die Fähigkeit Emotionen zu attribuieren. Blair et al. (1995) verwendeten, ähnlich wie Ruby und Decety (2004) und Hynes et al. (2005), kurze Geschichten mit einem Protagonisten im Kontext einer sozialen Situation. Die Probanden sollten die Frage nach den Gefühlen des Protagonisten in der dargestellten Situation frei äußern, wobei die Antworten anschließend in acht Emotions-Kategorien eingeteilt wurden (siehe auch Kap. 2.3.2).

Die übrigen Studien verwendeten bildliches Stimulusmaterial. Ochsner et al. (2004) zeigten Bilder aus dem IAPS mit einem Charakter in einer sozialen Situation. In der Bedingung ‚Emotionsattribution‘ sollte die Versuchsperson aus den drei Möglichkeiten „angenehm“, „unangenehm“ und „neutral“ jene wählen, die ihrer Meinung nach den emotionalen Zustand des Protagonisten im gezeigten Kontext am besten wiedergibt.

In der Studie von Wicker et al. (2003) wurden den Probanden kurze Videosequenzen präsentiert, in denen eine Augenpartie mit freundlichem oder feindlichem Blick die Versuchsperson entweder direkt ansah, oder den Blick abwendete. Die Aufgabe bestand darin, der Augenpartie jeweils die Emotion „feindlich“ oder „freundlich“ zuzuschreiben.

Decety und Chaminade (2003) zeigten ebenfalls Videoszenen, in denen ein Schauspieler mit neutralem, traurigem oder fröhlichem Ausdruck eine traurige oder neutrale Geschichte erzählte. Auf einer kontinuierlichen Skala zwischen „fröhlich“ und „traurig“ sollten die Versuchspersonen anschließend die Stimmung der erzählenden Person einschätzen.

In den beiden zuletzt vorgestellten Paradigmen findet neben dem Prozess der Emotionsattribution vermutlich auch eine Aktivierung von Prozessen zur Emotionsdekodierung statt. Bei Decety und Chaminade wird neben der Verarbeitung des affektiven Gehalts der Geschichte parallel die Dekodierung des vom Erzähler präsentierten Ausdrucks gefordert. Obwohl diese Studie als Beispiel für Emotionsattribution genannt wird (Saxe et al., 2004), scheinen die Ergebnisse daher doch nicht geeignet, um mit anderen Studien zur Attribution von Emotionen verglichen zu werden.

2.2.3 Neuronale Korrelate der Theory of Mind

Bei der Erforschung der ToM ist es möglich, ähnlich wie bei der Aufklärung neuroanatomischer Abweichungen bei der Krankheit der Psychopathy, erste Rückschlüsse auf die Beteiligung bestimmter Hirnareale aus Verhaltensbeobachtungen und neuropsychologischen Studien zu ziehen. Während diese bei der Identifizierung spezifischer neuronaler Korrelate jedoch schnell an ihre Grenzen geraten, bietet der Einsatz funktioneller Bildgebung die Möglichkeit, die Funktion einzelner Strukturen während des Mentalisierungsprozesses genau zu untersuchen (Gallagher & Frith, 2003).

2.2.3.1 Neuronale Korrelate der *belief*- und Intentionsattribution

Um die neuronalen Korrelate der *belief*-Attribution aufzudecken, verwendeten die meisten Studien die aus der Entwicklungspsychologie bekannten *false belief*-Aufgaben (u.a. Fletcher et. al., 1995; Gallagher et al., 2000; Saxe & Kanwisher, 2004; Sommer et al., 2007; Vogeley et al., 2001). Trotz unterschiedlicher Versuchsdesigns stimmen die Ergebnisse hinsichtlich der Aktivierung vor allem in fünf bestimmten Arealen überein: im medialen präfrontalen Cortex, besonders im anterioren paracingulären Cortex als Teil des mPFC (BA 8/9), im anterioren superioren sulcus temporalis (aSTS) (BA 22), in der

temporoparietalen Junction (TPJ) mit Ausdehnung zum posterioren STS (BA 39/40/22), in den Temporalpolen (BA 38) sowie, wenn auch weniger häufig und konsistent, im Praecuneus (BA 7/31).

Zur Untersuchung der Attribution von Intentionen, Zielen und Wünschen wurden häufig Geschichten, Cartoons, Animationen oder Videosequenzen herangezogen, in denen das Verhalten des Protagonisten im Hinblick auf dessen Intention vorhergesagt oder interpretiert werden sollte (u.a. Brunet, Sarfati, Hardy-Baylé & Decety, 2000; Castelli, Happé, Frith & Frith, 2000; Chaminade, Meltzoff & Decety, 2002; Gallagher, Jack, Roepstorff & Frith, 2002; Sarfati et al., 1997; Saxe & Kanwisher, 2003; Völlm et al., 2006). In ihrem Übersichtsartikel stellen Saxe et al. (2004) fest, dass einige dieser Studien mit einer erhöhten Aktivität im mPFC und im posterioren STS Areale aufzeigen konnten, die auch mit der *belief*-Attribution in Verbindung gebracht werden.

Für eine Vielzahl der obengenannten Studien zur Zuschreibung von Intentionen und *beliefs* ergibt sich jedoch das Problem, dass neben der gewünschten Attributionsart oftmals eine weitere Komponente der ToM enthalten war, bzw. dass diese bei der Bearbeitung der Aufgaben zumindest nicht ausgeschlossen werden konnte. Die gefundenen Aktivierungsmuster lassen sich deshalb nicht eindeutig und ausschließlich mit der Attribution von Überzeugungen oder der Zuschreibung von Intentionen und Wünschen in Zusammenhang bringen. Während trotz dieser Einschränkung vor allem die Ergebnisse aus Studien mit Cartoons und Animationen für die Zuschreibung von Intentionen und *beliefs* die Aktivierung gemeinsamer Areale vermuten lassen, sprechen sich andere Autoren für verschiedene Regionen aus (Heiser et al., 2003; Koski et al., 2002; Saxe et al., 2004). Ob den einzelnen Komponenten der ToM die gleichen oder doch unterschiedliche Mechanismen und neuronale Korrelate zugrunde liegen, muss in Zukunft durch Studien mit bewusst klar konzipierten Paradigmen weiter untersucht werden (Saxe et al., 2004).

2.2.3.2 Neuronale Korrelate der Emotionsattribution

Wie bereits vorgestellt, existieren ebenfalls nur wenige Studien mit geeigneten Paradigmen, die versuchen, die neuronalen Korrelate der Emotionsattribution als speziellen Teil der ToM bei gesunden erwachsenen Probanden aufzudecken (Hynes et al., 2005; Ochsner et al., 2004; Ruby & Decety, 2004; Völlm et al., 2006; Wicker et al., 2003). Auf die Ergebnisse dieser Studien soll nun im Folgenden näher eingegangen werden.

Wicker et al. (2003) untersuchten mit der Präsentation von Augenpartien, neben den neuronalen Korrelaten der Emotionsattribution, die Attribution von Aufmerksamkeit und Wahrnehmung. Als spezifisch für die Zuschreibung von Emotionen ergab sich dabei im Vergleich ‚Emotionsattribution‘ > ‚Aufmerksamkeitsattribution‘ eine Mehraktivierung im medialen Gyrus frontalis (BA 8/9/10), im superioren Gyrus temporalis beidseits (BA 22) sowie in beiden Temporalpolen (BA 21), im linken Praecuneus, im rechten Gyrus postcentralis (BA 3), im medialen OFC (BA 11), im Gyrus cingularis (BA 31), im anterioren Cingulum (BA 24/32) und im rechten transversen Gyrus temporalis (BA 41).

Ruby und Decety (2004) untersuchten neben der Fremdattribution auch die Zuschreibung von Emotionen zur eigenen Person. Ebenso wie Wicker et al. (2003) verglichen sie die neuronalen Korrelate der Emotionsattribution mit der Attribution eines anderen mentalen Zustandes. Für den Kontrast ‚Selbst- und Fremdattribution Emotion‘ > ‚Selbst- und Fremdattribution Wissen/Glauben‘ konnten sie mit einer Mehraktivierung in den Temporalpolen (BA 21), im superioren Gyrus frontalis (BA 9), im posterioren Gyrus cingularis und Praecuneus und im Gyrus postcentralis (BA 3) die gleichen Areale wie Wicker et al. (2003) finden. Zusätzlich zu diesen Arealen zeigte sich eine Mehraktivierung in der Amygdala. Ein Interaktionseffekt fand sich für die Temporalpole, für die eine gesteigerte Aktivität vor allem in der Bedingung ‚Fremdattribution Emotion‘ beobachtet werden konnte.

Die drei verbliebenen Studien verwendeten Kontrollbedingungen, deren Bearbeitung keine Attribution eines mentalen Zustandes erforderte. So fanden Hynes et al. (2005) für den Kontrast ‚Emotionsattribution‘ > ‚physical control task‘ eine Mehraktivierung in der linken area subcallosa (BA 25), im linken inferioren Gyrus frontalis (BA 47), im rechten medialen Gyrus orbitalis (BA 11) sowie im linken OFC (BA 25 und 11).

In der Studie von Ochsner et al. (2004), zeigte sich für die Bedingung ‚Fremdattribution Emotion‘ eine Mehraktivierung im medialen und superioren Gyrus frontalis

(BA 10 und 9), im rechten superiorer Gyrus temporalis (BA 22), im rechten medialen cortex occipitalis (BA 19/37/39), im linken Praecuneus und im rechten Gyrus parahippocampalis im Vergleich zu einer Kontrollaufgabe.

Völlm et al. (2006), die ihren Versuchspersonen, ebenso wie Ochsner et al. (2004), bildliches Stimulusmaterial präsentierten, fanden für den Kontrast ‚Empathie‘ > ‚physikalische Kausalität‘ mit den Regionen linker medialer PFC (BA 8), linke temporoparietale Junction (BA 22/39), medialer Gyrus temporalis beidseits (BA 38) sowie den Temporalpolen (BA 21) teilweise ähnliche Cortexareale. Eine weitere Mehraktivierung ergab sich für den medialen Gyrus occipitalis (BA 18), den linken Gyrus lingualis (BA 19) mit Ausdehnung zum posterioren Cingulum und für das Cerebellum.

Ein Vergleich oder eine Zusammenfassung der Ergebnisse dieser ausgewählten Studien zur Attribution von Emotionen ist schwierig. Zum einen sind die gerechneten Kontraste der fünf genannten Studien nicht identisch. Zum anderen lassen sich die verwendeten Stimulusmaterialien neben der Modalität auch in Bezug auf die Komplexität nicht direkt miteinander vergleichen. Damit verbunden ist die Tatsache, dass, abhängig von der Komplexität der Aufgabe, die Beteiligung anderer kognitiver Prozesse oftmals nicht ausgeschlossen werden kann. Bei der Präsentation von emotional und sozial komplexeren Geschichten oder Bildern (Hynes et al., 2005; Ochsner et al., 2004; Ruby und Decety, 2004) gilt dies für den Prozess des *perspective-taking* ebenso wie für den Prozess der Emotionsinduktion bzw. des empathischen Miterlebens. Bereits erwähnt wurde die Tatsache, dass bei der Beurteilung emotionaler Ausdrücke (Wicker et al., 2003) vermutlich auch der Prozess der Emotionsdekodierung eine Rolle spielt. Ist es die Aufgabe einer Versuchsperson, vor allem einer komplexeren Handlung zu folgen (Hynes et al., 2005; Völlm et al., 2006), so kann auch die gleichzeitige Attribution eines anderen mentalen Zustandes wie Intention und Glauben nicht ausgeschlossen werden.

Trotz der Verschiedenheit der vorgestellten Studien und der genannten Einschränkungen in der Betrachtung dieser als Beispiele für die Erforschung der Emotionsattribution, zeigen die Ergebnisse doch einige Areale, die bei der Zuschreibung von Emotionen eine zentrale Rolle zu spielen scheinen. Zu diesen gehören Regionen im präfrontalen Cortex, der superiore Gyrus temporalis sowie die Temporalpole und der Praecuneus.

2.3 Psychopathy und Theory of Mind

Die emotionalen Defizite und, damit einhergehend, die schwerwiegende Beeinträchtigung in der sozialen Interaktion gelten als die zentralen Aspekte der Psychopathy. Obwohl eine Beeinträchtigung der ToM immer wieder als (mit-)ursächlich für die Entwicklung dieses Krankheitsbildes in Betracht gezogen wird (Blair et al. 1996; Brüne & Brüne-Cohrs, 2005; Dolan & Fullam, 2004), gibt es nur wenige Studien, die die Fähigkeit zu Mentalisieren bei psychopathischen Patienten untersuchen (Blair et al., 1995; Blair et al., 1996; Dolan und Fullam, 2004). Nicht nur die Verhaltensprobleme, sondern auch die Ergebnisse bildgebender Verfahren liefern Hinweise auf eine mögliche Dysfunktion der ToM. Vor allem präfrontale und temporale Areale, für die in einer Vielzahl von Untersuchungen bei Psychopathen Auffälligkeiten und funktionelle Abweichungen gezeigt werden konnten, stimmen zum Teil direkt mit jenen Arealen überein, die mit den verschiedenen Komponenten der ToM in Zusammenhang gebracht werden. Bisher wurden nach Kenntnisstand des Autors keine bildgebenden Studien durchgeführt, die die neuronalen Korrelate der ToM bei Psychopathen mit denen einer gesunden Kontrollgruppe verglichen.

2.3.1 *belief*- und Intentionsattribution

Auch Blair et al. (1996) erwähnen zunächst die mögliche Bedeutung einer beeinträchtigten ToM für die emotionale Dysfunktion psychopathischer Patienten. Eine Erklärung dafür ist, dass erst durch die Repräsentation mentaler Zustände anderer Individuen affektive, empathische Reaktionen beim Beobachter generiert werden können. Eine Beeinträchtigung im Prozess des Mentalisierens kann so als ursächlich für den Mangel an Empathie betrachtet werden. Ebenfalls möglich ist allerdings die Erklärung, dass die Ursachen für die emotionalen Defizite nicht in einer beeinträchtigten ToM begründet liegen, sondern im Prozess der Generierung einer adäquaten emotionalen Reaktion selbst. Um dies zu klären, untersuchten Blair et al. (1996) die Bearbeitung von sogenannten „Happé Stories“ bei einer psychopathischen Patientengruppe (PCL-Wert > 30) im Vergleich zu einer forensischen Kontrollgruppe (PCL-Wert < 20). Bei diesem Paradigma handelt es sich um schriftlich präsentierte Geschichten mit sozialem Kontext und sozialer Interaktion, an deren Ende die Versuchsperson gefragt wird, warum der Protagonist so gehandelt hat, bzw. was er als nächstes tun oder sagen wird. Die Happé Aufgabe wurde

gewählt, weil sie geeignet zu sein scheint, ein aussagekräftiges Ergebnis über die Fähigkeit zur ToM zu geben. Autisten, deren Defizite bei ToM-Aufgaben bekannt sind, sind zwar in der Lage einfache *false belief*-Aufgaben zu lösen, scheitern aber an der höheren Komplexität der Happé Stories. Die richtige Beantwortung dieser erfordert die Erschließung und Attribution der Überzeugung, des Glaubens und/oder der Intention des Protagonisten. Die freien Antworten der Probanden bei Blair et al. (1996) wurden sowohl nach Richtigkeit bewertet, als auch danach, ob das Verhalten mit einem mentalen Zustand erklärt wurde oder nicht. Die Auswertung beider Bewertungskriterien ergab keine signifikanten Unterschiede zwischen Psychopathen und Kontrollgruppe. Es zeigte sich jedoch, dass psychopathische Patienten diese Aufgabe signifikant besser lösen konnten als Autisten.

Die Schlussfolgerung der Autoren, dass Psychopathen in ihrer Fähigkeit zur ToM generell nicht beeinträchtigt sind, scheint dennoch zu weit gegriffen. Einerseits lässt sich als Ergebnis der Studie festhalten, dass Psychopathen kein deutliches Defizit beim Prozess des Mentalisierens zeigen wie das bei autistischen Patienten der Fall ist. Da Blair et al. (1996) aber nicht zwischen den einzelnen Komponenten der ToM differenzieren, kann andererseits keine allgemein gültige Aussage über die Attribution mentaler Zustände gemacht werden. Während es bei der richtigen Beantwortung einer Happé Aufgabe nicht möglich ist, sicher zwischen der Attribution von Intention und *belief* zu unterscheiden, wird die Zuschreibung von Emotionen nicht oder nur in untergeordneter Rolle abgefragt. In der Diskussion über eine ursächliche Beteiligung von ToM-Defiziten an den emotionalen Beeinträchtigungen psychopathischer Patienten kommt jedoch gerade dieser Komponente der ToM, der Emotionsattribution, eine essentiell wichtige Rolle zu.

Um zur Klärung der Diskussion beizutragen, untersuchten Dolan und Fullam (2004) ein breiteres Spektrum an ToM-Aufgaben mit unterschiedlichen Schwierigkeitsgraden. Die teilnehmenden Patienten mit Antisozialer Persönlichkeitsstörung (ASPD) nach DSM VI wurden durch einen PCL-cut-off-Wert von 18 in Psychopathen und forensische Kontrollgruppe getrennt. Zusätzlich nahm eine gesunde Kontrollgruppe an den Tests teil. Die ersten beiden von insgesamt vier präsentierten Aufgaben untersuchten die Fähigkeit zur *belief*-Attribution. Neben der bereits vorgestellten klassischen *first-order false belief*-Aufgabe mussten die Probanden weiterhin eine *second-order false belief*-Aufgabe bearbeiten, deren Beantwortung es erfordert, nicht nur über die Annahmen und Überzeu-

gungen einer jeden Person selbst, sondern auch über die Annahme der einen Person von den Gedanken und Überzeugungen der anderen Person zu reflektieren. Die Ergebnisse zeigten keine signifikanten Unterschiede zwischen Psychopathen, forensischer und gesunder Kontrollgruppe.

Als dritte Aufgabe wurden den Probanden sogenannte „*faux-pas*-Paradigmen“ präsentiert, die, nach Dolan und Fullam (2004), aufgrund ihrer gesteigerten Komplexität, geeignet sind, auch geringgradige Defizite in der ToM-Verarbeitung aufzudecken. Es handelt sich dabei um kurze Geschichten, in denen eine Person, in Gegenwart einer zweiten Person, etwas tut oder sagt, das sie nicht hätte tun oder sagen sollen, ohne dies jedoch zu bemerken. Das Verständnis der geschilderten Situation erfordert die Repräsentation von Intention, Glauben und Emotion beider Personen. Während der Sprecher seinen *faux-pas* nicht bemerkt und auch nicht darüber aufgeklärt wird, fühlt sich der Zuhörer verletzt oder wütend. Den Versuchspersonen wurden Fragen zu Identifizierung und Verständnis des *faux-pas* sowie zum mentalen Zustand beider Protagonisten der Geschichte gestellt. Es zeigten sich keine signifikanten Unterschiede bei der Detektion des *faux-pas* und bei dem Verständnis, wer diesen begangen hatte. Signifikant schlechter waren jedoch beide Forensikgruppen im Vergleich zur gesunden Kontrollgruppe bei der richtigen Einschätzung des mentalen Zustandes sowohl des Sprechers als auch des Zuhörers.

2.3.2 Emotionsattribution

Eine weitere Frage zum *faux-pas*-Paradigma bei Dolan und Fullam (2004) bezog sich auf die Emotionen beider Protagonisten im Kontext der Situation. Auch diese Aufgabe beantworteten die beiden Forensikgruppen signifikant schlechter als die gesunde Kontrollgruppe.

Die vierte Aufgabe verwendete standardisierte Fotos nach Baron-Cohen, Jolliffe, Mortimore & Robertson (1997). Mit sieben einfachen emotionalen („freudig“, „traurig“, „verärgert“, „ängstlich“, „überrascht“, „angeekelt“ und „leidend“) und neun komplexen Ausdrücken („schuldig“, „intrigant“, „nachdenklich“, „fragend“, „flirtend“, „interessiert“, „gelangweilt“, „bewundernd“ und „arrogant“) wurde die Fähigkeit untersucht, emotionale Grundausdrücke und komplexe mentale Zustände einem Gesicht, bzw. einer Augenpartie zuzuschreiben. Zur Bewertung eines jeden Fotos standen zwei Emotionen,

beziehungsweise komplexe Zustände zur Auswahl, wobei die beiden Antwortmöglichkeiten jeweils in Valenz und Kategorie übereinstimmten. Als Ergebnis für die Attribution von Grundemotionen konnten Dolan und Fullam (2004) für die forensische Kontrollgruppe im Vergleich zu gesunden Probanden ein signifikant schlechteres Abschneiden sowohl bei Gesichtern als auch bei Augenpartien aufzeigen. Ebenfalls signifikant mehr Fehler machte diese verglichen mit der psychopathischen Patientengruppe bei der Bewertung von Gesichtern. Für die Attribution komplexer emotionaler Ausdrücke zeigte sich das einzig signifikante Ergebnis bei der Frage nach dem Ausdruck der Gesichter, die wiederum von der forensischen Kontrollgruppe signifikant schlechter beantwortet wurde als von den gesunden Versuchspersonen.

Dolan und Fullam (2004) schlussfolgerten, dass sie, ebenso wie Blair et al. (1996), zeigen konnten, dass Psychopathen keine deutlichen Defizite in der Verarbeitung der ToM aufweisen. Selbst die komplexen *faux-pas*-Aufgaben können dahingehend richtig beantwortet werden, dass der *faux-pas* klar identifiziert wird, ebenso wie die Person, die diesen begangen hat. Laut den Autoren gibt es bis zu diesem Punkt keinen Anlass für die Vermutung einer Beeinträchtigung psychopathischer Patienten in der kognitiven Fähigkeit die mentalen Zustände anderer Personen zu repräsentieren. Bei der Einschätzung der Gefühle zeigten sich Psychopathen wie forensische Kontrollgruppe jedoch beeinträchtigt, was auf Schwierigkeiten hinweist, mit den Protagonisten der Geschichte mitzufühlen. Im Test nach Baron-Cohen et al. (1997) hingegen fand sich bei der Attribution einfacher und komplexer Emotionen bei Psychopathen keine Beeinträchtigung. Zusammenfassend konnte nach Dolan und Fullam (2004) mit dieser Arbeit gezeigt werden, dass psychopathische Patienten, ebenso wie nicht-psychopathische Patienten mit ASPD, geringgradige Defizite in der Verarbeitung komplexerer ToM-Aufgaben aufweisen und dass diese vor allem in Schwierigkeiten beim Verständnis und Empfinden von Empathie zum Ausdruck kommen.

Die vorgestellte Studie ist hilfreich für die Erforschung des ToM-Mechanismus bei psychopathischen Patienten, dennoch muss sie in einigen Punkten kritisch betrachtet werden. Während nach nordamerikanischem Standard für Studien ein PCL-cutoff-Wert von 30 empfohlen wird, verwendeten Dolan und Fullam (2004) einen Wert von lediglich 18 Punkten, um ihre Patienten in Psychopathen und forensische Kontrollgruppe zu unterteilen. Durch diese uneinheitliche Definition der Krankheit Psychopathy ist es schwierig,

die Studie direkt mit anderen zu vergleichen oder allgemein gültige Aussagen zu treffen. Bei der Präsentation der Ergebnisse zum *faux-pas*-Paradigma wird neben einer signifikant schlechteren Einschätzung der Emotionen auch von einer signifikanten Beeinträchtigung in der Beantwortung der Frage nach dem mentalen Zustand der Protagonisten berichtet. In der Diskussion wird dieses Ergebnis nicht weiter kommentiert. Die Defizite, die psychopathische Patienten in der Bearbeitung dieser ToM-Aufgabe zeigten, sind schwer zu beurteilen, da nicht klar wird, welche Fragen genau zu mentalen Zuständen und Emotionen gestellt wurden. Auch die Art der (falschen) Antworten ist nicht klar. Die Aufgabe nach Baron-Cohen et al. (1997) erlaubt keine Aussage über die Fähigkeit zur Emotionsattribution als Teil der ToM, da für die Verarbeitung und Beurteilung von affektiven Gesichtsausdrücken mit großer Wahrscheinlichkeit der Prozess der Emotionsdekodierung die größte Rolle spielte.

Die dritte Studie zu Psychopathy und ToM, auf die im folgenden näher eingegangen werden soll, untersuchte die Fähigkeit zur Emotionsattribution (Blair et al., 1995). Ziel war es auch in dieser Studie, die Ursachen für die emotionalen Defizite psychopathischer Patienten aufzuklären. Blair et al. (1995) wählten für ihr Paradigma mit „Traurigkeit“ und „Freude“ zwei Grundemotionen sowie die zwei komplexeren sozialen Emotionen „Schuld“ und „Verlegenheit“. Durch diese Auswahl ist es möglich, verschiedene Theorien zu überprüfen. Während sich eine generelle Beeinträchtigung in der Attribution von Emotionen durch Schwierigkeiten mit allen vier genannten Gefühlen zeigen würde, würde ein Defizit bei der Zuschreibung der komplexen Emotionen Schuld und Verlegenheit für die Unfähigkeit, die Perspektive Anderer einzunehmen sprechen. Sollte Blairs Position eines beeinträchtigten VIM zutreffen, wären Defizite lediglich in der Attribution der moralischen Emotion Schuld zu erwarten (siehe auch Kap. 2.1.2).

Als Stimuli wurden kurze Geschichten mit einem Protagonisten im Kontext einer sozialen, alltäglichen Situation geschildert. Am Ende einer jeden Geschichte wurde den Versuchspersonen, einer psychopathischen Patienten- (PCL-Wert >30) sowie einer forensischen Kontrollgruppe (PCL-Wert < 20), die Frage nach den Gefühlen des Protagonisten gestellt, die dann frei beantwortet werden sollte. Für die Auswertung wurden die Äußerungen in acht Emotionskategorien eingeteilt. Es ergaben sich keine signifikanten Unterschiede in den Antworten für die Bedingungen „Traurigkeit“, „Verlegenheit“ und „Freude“. Die Geschichten, in denen die Emotion „Schuld“ attribuiert werden sollte,

wurde jedoch signifikant unterschiedlich beantwortet. Sowohl in der Situation, in der eine Intention des Protagonisten vorlag, als auch in der Situation ohne Intention wurde das Gefühl der Schuld von Psychopathen weniger häufig genannt. Während die Versuchspersonen der Kontrollgruppe das erfragte Gefühl mit „Schuld“ oder „Reue“ bewerteten, attribuierten psychopathische Patienten meist ein Gefühl der Gleichgültigkeit oder der Freude, vor allem in den Situationen, in denen der Protagonist mit einer Intention gehandelt hatte.

Die Studie zeigt einerseits, dass Psychopathen nicht generell beeinträchtigt sind, einer beobachteten Person in einer bestimmten Situation adäquate Emotionen zuzuschreiben. Obwohl Blair et al. (1995) die Attribution von Emotionen in ihrer Studie nicht als Teilkomponente der ToM definierten, können die Ergebnisse andererseits jedoch als Hinweis dafür betrachtet werden, dass bei psychopathischen Patienten der Mechanismus der ToM beeinträchtigt zu sein scheint. Bemerkbar machen sich diese Defizite bei Aufgaben, die die Zuschreibung komplexer sozialer und moralischer Emotionen erfordern.

2.4 Zusammenfassung und Untersuchungshypothesen

Die vorgestellten Studien zu Psychopathy und ToM lassen, trotz der genannten Einschränkungen, erkennen, dass psychopathische Patienten keine generellen Defizite in der Bearbeitung von ToM-Aufgaben aufweisen. Für die Emotionsattribution zeigten sich Schwierigkeiten jedoch sowohl bei Dolan und Fullam (2004) als auch bei Blair et al. (1995). Eine Beeinträchtigung in der Fähigkeit zu Mentalisieren wird als mitursächlich für die Entwicklung der Psychopathy, bzw. die typischerweise vorliegenden schwerwiegenden emotionalen Defizite in Betracht gezogen (Blair et al. 1996; Brüne & Brüne-Cohrs, 2005; Dolan & Fullam, 2004). Obwohl der Emotionsattribution hier die wichtigste Rolle zukommt und Hinweise auf eine Beeinträchtigung existieren, gibt es einen deutlichen Mangel an Studien, die speziell diese Subkomponente der ToM bei Psychopathen untersuchen. Bisher ist nicht klar, ob neuronale Abweichungen, die in verschiedenen bildgebenden Studien, zum Beispiel zur Verarbeitung emotionaler Stimuli bei psychopathischen Patienten nachgewiesen wurden (u.a. Deeley et al., 2006; Müller et al., 2003), auch beim Prozess der ToM beobachtet werden können.

Eine geringe Anzahl an Studien beschäftigt sich mit den neuronalen Korrelaten der Emotionsattribution bei Gesunden. Der größte Kritikpunkt dieser ist allerdings, dass bei der Bearbeitung der präsentierten Aufgaben oft die Beteiligung anderer kognitiver Prozesse, wie Emotionsdekodierung, Emotionsinduktion oder die gleichzeitige Attribution anderer mentaler Zustände nicht ausgeschlossen werden kann. Ziel der vorliegenden Studie ist deshalb die Identifizierung der neuronalen Korrelate der Emotionsattribution mit Hilfe eines neu entwickelten Paradigmas, bei dem versucht wurde, die Beteiligung anderer kognitiver Prozesse zu vermeiden. Die nonverbale Aufgabe erfordert die Attribution einer Emotion in Abhängigkeit einer erfüllten oder nicht erfüllten vorher genannten Intention. Die Baseline wurde so konzipiert, dass sie bezüglich der Komplexität mit den Attributionsbedingungen übereinstimmt, selbst jedoch keine Zuschreibung eines mentalen Zustandes erfordert. Nach jeder Bildergeschichte sollen sich die Versuchspersonen aus drei vorgegebenen Antworten per Tastendruck für eine Antwort entscheiden. Durch die Verwendung einfacher schwarz-weiß Zeichnungen und einem leicht fassbaren Kontext kann die Beantwortung der Aufgabe durch den Abruf von Emotionswissen erfolgen. Es wird daher davon ausgegangen, dass es gelingt, durch das vorliegende Paradigma allein den kognitiven Prozess der Emotionsattribution abzubilden. Da es keine bildgebenden Studien zur ToM bei Psychopathen gibt, gilt der Bearbeitung dieser Aufgabe durch eine Gruppe psychopathischer Patienten besonderes Interesse. Neben dieser und einer Gruppe gesunder Kontrollprobanden wurde weiterhin eine forensische Kontrollgruppe in die Studie eingeschlossen. Durch den zusätzlichen Vergleich der psychopathischen Patientengruppe mit den forensischen Kontrollprobanden soll versucht werden, mögliche Einflussfaktoren wie Inhaftierungsdauer und Drogenkonsum zu kontrollieren.

Hinsichtlich der Verhaltensdaten aus der fMRT-Messung wird die Untersuchungshypothese aufgestellt, dass sich, im Hinblick auf die Auswahl der Antworten, keine Unterschiede zwischen den Gruppen der gesunden und forensischen Kontrollprobanden sowie der psychopathischen Patienten zeigen (H 1). Blair et al. (1995) konnten zeigen, dass Psychopathen in der Attribution einfacher Grundemotionen nicht beeinträchtigt sind. Unterschiede auf Verhaltensebene wären erst bei komplexen sozialen und moralischen Emotionen zu erwarten. Darüber hinaus ist aus der entwicklungspsychologischen Forschung bekannt, dass bereits 2-jährige in der Lage sind Emotionen in Abhängigkeit eines erfüllten oder unerfüllten Wunsches zu attribuieren (Wellman & Woolley, 1990). Das

Paradigma der vorliegenden Studie wurde bewusst auf diesem niedrigen Komplexitätsniveau konzipiert, um zunächst die Frage zu klären, ob dem Prozess der Emotionsattribution in der einfachsten Form bereits neuronale Abweichungen zu Grunde liegen. Auf dieser Basis ist es möglich, in Zukunft weitere Forschung mit moralischen Emotionen, wie Schuld und Reue, sowie mit komplexen sozialen Situationen, wie moralischen Dilemmata, aufzubauen.

Durch eine, im Anschluss an die Messung präsentierte, schriftliche Version des Paradigmas (Emotionsrating) wird neben der Qualität auch die Quantität der attribuierten Emotion abgefragt. In der einzig vergleichbaren Studie konnte Blair (1997) zeigen, dass Kinder mit psychopathischen Tendenzen zum Teil weniger differenzierte Antworten gaben als die Kontrollgruppe. Da im vorgelegten Emotionsrating besonders bei der Bearbeitung der wunschinkongruenten Situation eine differenzierte Beurteilung mehrerer negativer Emotionen gefordert wird, wird die Untersuchungshypothese aufgestellt, dass psychopathische Patienten bei der Beantwortung der wunschinkongruenten Aufgabe ein weniger differenziertes Antwortmuster zeigen als forensische Kontrollprobanden (H 2).

Hinsichtlich der neuronalen Korrelate der Emotionsattribution wird in der vorliegenden Arbeit die Untersuchungshypothese aufgestellt, dass sich während der Bearbeitung des präsentierten Paradigmas eine Aktivierung in kognitiven Arealen zeigt (H 3). Eine Aktivierung in klassischen Emotionsarealen wird nicht erwartet. Die Ergebnisse der oben genannten Studien zur Emotionsattribution zeigen ebenfalls eine Aktivität in verschiedenen kognitiven Arealen während der Bearbeitung der präsentierten Aufgaben. Keine spezifische Region konnte konsistent als neuronales Korrelat der Emotionsattribution identifiziert werden. Eine Aktivierung verschiedener, benachbarter Areale innerhalb des präfrontalen Cortex ließ sich jedoch in allen fünf Studien darstellen. Der Temporalpol, bzw. der superiore Gyrus temporalis wurden konsistent in vier (Ochsner et al., 2004; Ruby & Decety, 2004; Völlm et al., 2006; Wicker et al., 2003), der Praecuneus in drei (Ochsner et al., 2004; Ruby & Decety, 2004; Wicker et al., 2003) der vorgestellten Studien aktiviert. Eine Aktivierung dieser Areale ist auch während der Bearbeitung des vorliegenden Paradigmas denkbar.

Für das Verhalten psychopathischer Patienten auf neuronaler Ebene wird die Untersuchungshypothese aufgestellt, dass diese während der Bearbeitung des Paradigmas Aktivierungsmuster präsentieren, die von denen der gesunden sowie der forensischen

Kontrollgruppe abweichen (H 4). In einer Reihe von bildgebenden Studien mit verschiedensten Aufgabenstellungen konnten für psychopathische Patienten, neben neuronalen Abweichungen in Arealen, die in erster Linie für die Verarbeitung und Generierung von Emotionen verantwortlich gemacht werden, vor allem auch Abweichungen in präfrontalen und temporalen Hirnregionen nachgewiesen werden (u.a. Intrator et al., 1997; Kiehl et al., 2001; Müller et al., 2003; Müller et al., 2007). Obwohl die zu bearbeitenden Aufgaben nicht mit denen der vorliegenden Studie verglichen werden können, sind die Ergebnisse dennoch von Interesse, da für Probanden ohne Psychopathy eine Aktivierung in den Arealen erwartet wird, für die bei Psychopathen Anomalien nachgewiesen werden konnten. In einigen der vorgestellten Studien ergab sich eine erhöhte neuronale Aktivität für psychopathische Patienten im Vergleich zu Kontrollprobanden – ein Phänomen, das mit der Rekrutierung zusätzlicher Ressourcen erklärt wird, die zur erfolgreichen Bearbeitung der gestellten Aufgabe erforderlich ist (Intrator et al., 1997; Kiehl et al., 2001; Schneider et al., 2000). Blair, Colledge, Murray und Mitchell (2001) konnten in ihrer Studie zeigen, dass erwachsene Psychopathen in einer Aufgabe zur Verarbeitung emotionaler Gesichtsausdrücke weniger beeinträchtigt waren als Kinder mit psychopathischen Tendenzen. Auch dies kann als Hinweis betrachtet werden, dass Psychopathen durch die Aktivierung weiterer Hirnareale, frühe Defizite zum Teil ausgleichen können. Für die vorliegende Studie ist daher ebenfalls die Aktivierung zusätzlicher kompensatorischer Areale denkbar, durch die es psychopathischen Patienten gelingt, vorhandene Defizite beim Prozess der Emotionsattribution auszugleichen.

3. METHODEN

3.1 Versuchspersonen

An der vorliegenden Studie nahmen 32 Probanden teil. Alle Probanden waren männlich und zum Zeitpunkt der Untersuchung stationär im Maßregelvollzug der forensischen Psychiatrie des Bezirksklinikums Regensburg. Primärer Einweisungsgrund war bei allen Patienten eine Diagnose aus dem Formenkreis der Abhängigkeitserkrankungen (ICD-10: F10 – F19), wobei die Diagnosen *Multipler Substanzmissbrauch* (ICD-10: F19) (n = 16), *Opiatabhängigkeit* (ICD-10: F11) (n = 7) und *Alkoholabhängigkeit* (ICD-10: F10) (n = 6) am häufigsten gestellt worden waren. Ausschlusskriterien für die Teilnahme an der Untersuchung waren neurologische und psychiatrische Erkrankungen, Minderbegabung, eine aktuelle Medikation mit psychotropen Substanzen, eine relevante Beeinträchtigung der Sehkraft, Linkshändigkeit sowie metallische Implantate v.a. im Kopfbereich der Versuchsperson. Bei allen Probanden konnten diese Kriterien ausgeschlossen werden.

Alle Personen unterzeichneten die Einverständniserklärung gemäß den Richtlinien der Ethikkommission. Der Antrag zur Beurteilung ethischer und rechtlicher Fragen am Menschen für dieses Experiment wurde von der Ethikkommission der Universität Regensburg genehmigt. Den Probanden wurde bezüglich ihrer Angaben die Einhaltung der gesetzlichen Datenschutzbestimmungen versichert.

Für die Rekrutierung der Versuchspersonen wurden zunächst, zusammen mit einem Oberarzt der forensischen Psychiatrie, die Patientenlisten der einzelnen forensischen Stationen überprüft, um eine erste Vorauswahl an Patienten zu treffen, welche die Einschlusskriterien der Studie mit hoher Wahrscheinlichkeit erfüllten. Die ausgewählten Patienten wurden direkt angesprochen und dabei kurz über den Ablauf und das Ziel der Untersuchung informiert. Die Teilnahme erfolgte freiwillig.

Mit allen Patienten wurde ein standardisiertes, semi-strukturiertes Interview geführt, das, neben Informationen aus Unterlagen der Klinik, die Bewertung der *Psychopathy-Checklist Revised* (PCL-R) nach Hare (1991; 2003) ermöglicht. Im Rahmen des Interviews unterzeichneten alle Probanden eine Schweigepflichtentbindung, durch die die Einsichtnahme in Akten der Klinik genehmigt wurde. Das Interview wurde mit 41 Patienten aus der forensischen Abteilung des Bezirksklinikums Regensburg durchgeführt. Ziel war,

die Versuchspersonen in eine psychopathische Patientengruppe (PCL-R-Wert ≥ 28) ($n = 16$) und eine forensischen Kontrollgruppe (PCL-R-Wert ≤ 12) ($n = 16$) zu unterteilen. Patienten, deren PCL-R-Wert zwischen den vorher festgelegten cutoff-Werten lag, bzw. bei denen eines oder mehrere der oben genannten Ausschlusskriterien zutrafen, wurden nicht in die Studie eingeschlossen ($n = 9$).

Neben beiden Patientengruppen wurde weiterhin eine gesunde Stichprobe ($n = 16$) in die Studie eingeschlossen, deren Ergebnisse bezüglich der Bearbeitung des vorliegenden Paradigmas freundlicherweise aus der vorangegangenen Studie der Arbeitsgruppe entnommen werden konnten. Bei allen drei Gruppen wurde Alter, Ausbildungszeit und BDI-Wert (*Beck's Depressions Inventar*), bei den forensischen Gruppen zusätzlich Gesamthaft-, Sucht- und Abstinenzdauer erhoben. Mittelwerte und Standardabweichungen können der Tabelle 1 entnommen werden.

Bei keinem der teilnehmenden Probanden konnte ein BDI-Wert im pathologischen Bereich festgestellt werden. Signifikante Unterschiede zeigten sich neben dem PCL-R-Wert ebenfalls bei der Ausbildungszeit beider Patientenkollektive im Vergleich zur gesunden Kontrollgruppe sowie bei der Gesamthaft- und Suchtdauer. Alle drei Variablen repräsentieren den unterschiedlichen lifestyle der Versuchspersonen-Gruppen, wobei für die Faktoren „Haftdauer“ und „Suchtdauer“ besonders im Hinblick auf die PCL-R-Items *frühe Verhaltensauffälligkeiten, Jugendkriminalität, polytrope Kriminalität und Missachtung von Bewährungsauflagen* und von einer positiven Korrelation mit der Höhe des PCL-R-Wertes ausgegangen werden kann.

Tabelle 1: Deskriptive Statistik der teilnehmenden Versuchspersonen-Gruppen

Variablen	Gruppe	n	Mittelwert	Standard- abweichung	p
Alter	PP	16	31,56	7,52	n.s.
	FK	16	29,19	5,79	
	GK	16	30,88	6,67	
Ausbildungszeit (Jahren)	PP	16	10,94	1,99	<div> <div>n.s.</div> <div>*</div> </div> <div>**</div>
	FK	16	11,78	1,81	
	GK	13	14,54	3,48	
PCL-R - Wert	PP	16	28,63	1,26	**
	FK	16	9,63	2,10	
Haftdauer (Monate)	PP	16	70,06	52,15	**
	FK	16	20,56	19,64	
Suchtdauer (Monate)	PP	16	188,25	70,89	**
	FK	16	112,25	65,77	
Abstinenzdauer (Wochen)	PP	16	25,19	22,34	n.s.
	FK	16	16,56	12,90	

Anmerkungen: PP = Psychopathen, FK = Forensische Kontrollgruppe, GK = Gesunde Kontrollgruppe.

* sign. 5 %, ** sign. 1 %, n.s. = nicht signifikant

3.2 Material

3.2.1 Stimuli

Den Versuchspersonen wurden schriftlich kommentierte Bildergeschichten, angelehnt an die Bildergeschichten von Yuill, Perner, Pearson, Peerbhoy und van den Ende (1996) gezeigt. Die Bearbeitung des Paradigmas erforderte die Attribution einer Emotion in Abhängigkeit einer vorher genannten erfüllten oder nicht erfüllten Intention. Neben einer Realitätsbedingung wurden dafür zwei Mentalisierungsbedingungen, ‚kompatibel‘ und ‚inkompatibel‘, realisiert. In der Bedingung ‚kompatibel‘ stimmte die Intention des Protagonisten mit dem Ausgang der Geschichte überein, während Absicht und Realität in der

Bedingung ‚inkompatibel‘ differierten. Die Bearbeitung der Attributionsaufgabe in der wunschinkongruenten Situation erforderte somit ein sogenanntes *decoupling*, das heißt, das Bewusstsein über und die Repräsentation des mentalen Zustandes des Protagonisten entkoppelt von der Realität.

Die Bildergeschichten der Studie bestanden aus vier nacheinander präsentierten Bildern. Das jeweils erste Bild zeigte drei Kinder und einen Gegenstand (z.B. Teddy, Ball) sowie einen einzeiligen Satz unterhalb des Bildes, in dem, für die Mentalisierungsbedingungen, die Intention des Kindes, das den Gegenstand hielt, genannt wurde (z.B. „Paul will den Ball zu Tim werfen“; „Anna will die Ente zu Tim rollen“). Auf dem zweiten Bild wurde das Ergebnis der vorher genannten Intention präsentiert und in einem wiederum einzeiligen Satz kommentiert. Wie oben beschrieben entsprach dieses Ergebnis entweder der genannten Intention („Paul wirft den Ball zu Tim“) oder es stimmt nicht mit der eigentlichen Absicht des Kindes überein („Anna rollt die Ente zu Marie“). Das dritte Bild zeigte den Protagonisten sowie die Frage „Wie fühlt sich ... ?“. Das Gesicht des gezeigten Kindes war stets leer, so dass die Antwort nicht durch die Interpretation eines präsentierten Ausdrucks beeinflusst werden konnte. Die Versuchspersonen wurden vor Beginn der Untersuchung instruiert, sich während der Präsentation des dritten Bildes möglichst intensiv Gedanken über die Gefühle des Protagonisten zu machen, abhängig von der vorher genannten Intention und dem gezeigten Ausgang der Szene. Um den Prozess der Emotionsattribution von der motorischen Antwort abgrenzen zu können, wurden die Probanden weiterhin angewiesen, erst bei der Präsentation des vierten Bildes zu antworten. Auf diesem wurden in randomisierter Anordnung die drei Antwortmöglichkeiten „neutral“, „positiv“ und „negativ“ in Form einfacher Smileys dargeboten, aus denen die Versuchsperson die für sie richtige Antwort auswählen sollte.

Die Kontrollbedingung unterschied sich in Aufbau und verwendetem non-verbalen Stimulusmaterial nicht von den Experimentalbedingungen. Statt der Äußerung einer Absicht wurde auf dem ersten Bild eine Beschreibung der Realität dargeboten (z.B. „Die Kinder spielen mit dem Teddy“). Das zweite Bild zeigte und kommentierte die Veränderung der Situation (z.B. „Der Teddy ist bei Lena“). Ebenso wie in den Mentalisierungsbedingungen wurde auch im dritten Bild der Kontrollbedingung der Protagonist gezeigt. Die darunter stehende Frage bezog sich jedoch statt auf die Emotion, lediglich auf den in der Szene verwendeten Gegenstand („Womit spielt ... ?“). Die Antwort erfolgte auch hier

per Knopfdruck, indem aus drei randomisiert präsentierten Gegenständen in Bild 4 der richtige ausgewählt wurde (z.B. „Ball“, „Teddy“, „Ente“). Die Beantwortung der Fragen erfolgte je nach Position der gewählten Antwortmöglichkeit mit Zeige-, Mittel- oder Ringfinger der rechten Hand. Die Zuteilung der Finger zu den Emotionen „neutral“, „positiv“ und „negativ“ sowie zu den einzelnen Spielzeugen wurde hierbei ausbalanciert.

In den Abbildungen 1.1 und 1.2 sind exemplarisch eine Mentalisierungsbedingung sowie eine Realitätsbedingung dargestellt.

Abbildung 1.1: *Beispiel für eine Geschichte der Mentalisierungsbedingung ‚wunschinkongruent‘*

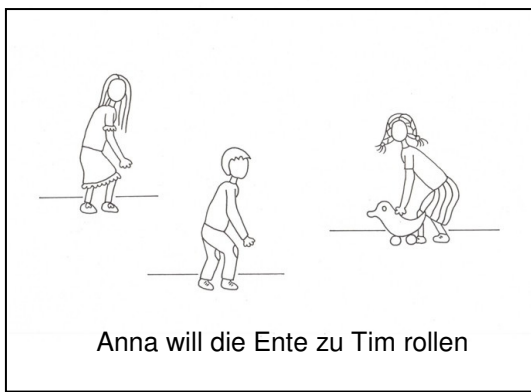


Bild 1

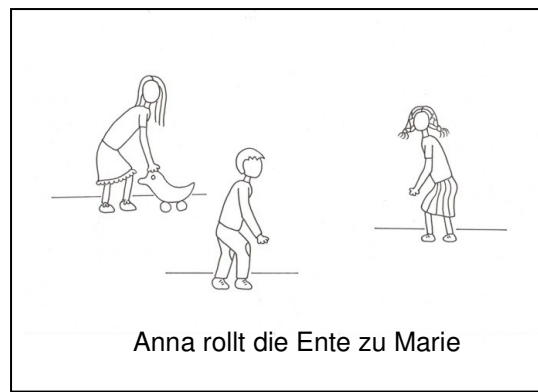


Bild 2



Bild 3

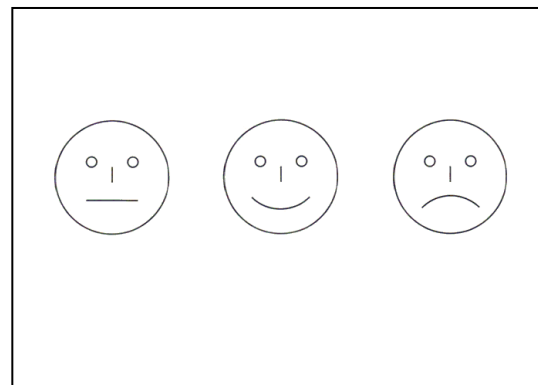


Bild 4

Abbildung 1.2: Beispiel für eine Geschichte der Kontrollbedingung



Bild 1



Bild 2



Bild 3

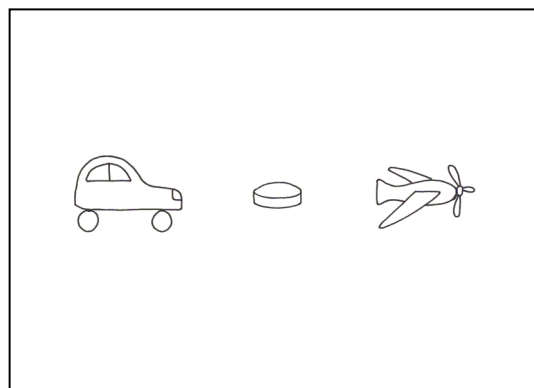


Bild 4

Die fMRT-Messung bestand aus 114 Durchgängen. Für jede der drei Bedingungen (‚kompatibel‘, ‚inkompatibel‘ und ‚Realität‘) wurden 34 Durchgänge vorgegeben. Um Antworttendenzen in den Mentalisierungsbedingungen auszuschließen, wurde in 15 % der Durchgänge nicht nach der Emotion des Protagonisten, sondern nach dem Gefühl des Rezipienten gefragt. In die Analyse gingen diese Durchgänge jedoch nicht ein. Eine Parallelisierung der Stimuli fand sowohl nach Geschlecht der Kinder als auch nach Seite des Protagonisten statt. Wie bereits erwähnt wurden die Kinder stets mit „leeren“ Gesichtern präsentiert, um einen Einfluss wahrgenommener Gesichtsausdrücke auf den Prozess der Emotionsattribution zu verhindern.

Im Anschluss an die Messung wurden die Patienten gebeten ein Rating auszufüllen, dessen Bearbeitung, im Vergleich zur Aufgabe aus der funktionellen Messung, ein differenzierteres Antwortprofil innerhalb der Verhaltensdaten für den Prozess der

Emotionsattribution erforderte. Zehn der im Kernspintomographen präsentierten Geschichten wurden hierfür nochmals in ausgedruckter Form vorgelegt (fünfmal ‚kompatibel‘, fünfmal ‚inkompatibel‘), wobei neben der Qualität in diesem Fall auch die Quantität der Emotionen abgefragt wurde. Die Probanden sollten für alle vorgelegten Geschichten jede einzelne der sechs darunter stehenden Emotionen („neutral“, „fröhlich“, „traurig“, „verlegen“, „überrascht“ und „verärgert“) mit einem Punktwert zwischen 1 (= Emotion trifft gar nicht zu) und 6 (= Emotion trifft sehr stark zu) bewerten.

3.2.2 Präsentation

Zur Präsentation der Stimuli und Erfassung der Verhaltensdaten wurde die Software *Presentation* (Neurobehavioral Systems Inc., Albany, CA) eingesetzt. Die Bildergeschichten wurden über einen Rechner und einen Video-Beamer der Firma NEC (Modell MT 1030+), der sich außerhalb des MRT-Raumes befand, auf die hinter dem Kopf des Probanden befindliche Leinwand projiziert. Über einen an der Kopfspule befestigten Spiegel konnten die Versuchspersonen die Bildergeschichten verfolgen.

Die Antworten auf die im dritten Bild präsentierten Fragen wurden über drei Tasten einer fMRT kompatiblen, mit fünf Tasten versehenen Reaktionsbox der Firma Lumitouch (LUMItouch, Photon Control Inc., Burnaby, Canada) erfasst. Um den Versuchspersonen im Vorfeld der Messung die Gelegenheit zu geben das Prinzip der Bildergeschichten einzuüben und um deren Verständnis der Aufgabe zu überprüfen, wurde zusätzlich ein Pentium III Laptop verwendet, auf dem ebenfalls die Software *Presentation* installiert war.

3.3 Versuchsablauf

Zum vereinbarten Zeitpunkt fanden sich die Probanden beider Patientengruppen, je nach forensischem Lockerungsstatus gegebenenfalls in Begleitung des Sicherheitsdienstes oder eines Pflegers, im Vorraum der MRT-Anlage des Bezirksklinikums Regensburg ein. Vor Beginn der Messung erhielten die Versuchspersonen ein Informationsblatt (siehe Anlage 1), das die Funktionsweise der kernspintomographischen Messung sowie die Kontraindikationen für diese Art der Untersuchung erläuterte. Nach Unterzeichnung der Einver-

ständniserklärung (siehe Anlage 2) wurden sie gebeten ein Stammdatenblatt sowie, zum Ausschluss einer depressiven Erkrankung, den *Beck's Depressions Inventar*-Fragebogen (BDI) auszufüllen. Mit einem Ausdruck der im Experiment verwendeten Bilder-geschichten wurde das Prinzip des Paradigmas, vor allem in Bezug auf die verschiedenen Ausgänge der Szene (,kompatibel', ,inkompatibel') erklärt. Die Probanden bekamen genaue Anweisungen wie sie sich bei der in Bild 3 gestellten Frage und den in Bild 4 präsentierten Antworten zu verhalten hatten. Auch über den zeitlichen Ablauf und die Gesamtdauer der Messung wurden die Versuchspersonen informiert. Nach Klärung aller weiterer eventuell aufgetretenen Fragen bekam jeder Proband die Gelegenheit am Laptop die Aufgabe so lange in Originalgeschwindigkeit zu üben, bis er die Aufgabenstellung sicher verstanden und sich auf die Geschwindigkeit des automatischen Bildwechsels eingestellt hatte. Das Verständnis für das Paradigma wurde von der Versuchsleiterin anhand der gewählten Antworten überprüft.

Vor Betreten des Kernspintomographie-Raumes wurde jeder Teilnehmer nochmals nach den wichtigsten Kontraindikationen für die Messung befragt und gebeten, alle metallischen Gegenstände an Körper und Kleidung zu entfernen. Nachdem die Probanden, versorgt mit Oropax und Kopfhörern als Lärmschutz, in Rückenlage auf der Liege des MR-Gerätes Platz genommen hatten, wurde der Kopf möglichst mittig in der dafür vorgesehenen Schale positioniert. Die Kopfspule, die die Aufnahme der bildgebenden Signale gewährleistet und auf der der bereits oben erwähnte Spiegel montiert war, wurde angepasst, um den Kopf der Versuchsperson in einer möglichst optimalen Lage zu fixieren. Die Patienten wurden aufgefordert, die rechte Hand mit der Reaktionsbox in einer für sie bequemen Position auf den rechten Oberschenkel zu legen sowie Zeige-, Mittel- und Ringfinger locker auf den drei für die Messung verwendeten Tasten liegen zu lassen. In der linken Hand hielten die Teilnehmer den bei jeder MRT-Untersuchung verwendeten Alarmknopf, mit dem in einer Notfallsituation das Signal zum sofortigen Abbruch der Messung gegeben werden kann. Um Störsignale und Kreisströme zu verhindern, wurden die Patienten gebeten während der gesamten Testung vor allem den Kopf so wenig wie möglich zu bewegen und Arme und Beine nicht zu überkreuzen.

Nachdem die Liege mit dem Probanden in den Kernspintomographen gefahren wurde, erkundigte sich die Versuchsleiterin nochmals, ob es dem Patienten gut gehe und die Messung gestartet werden könne. Zwei Patienten äußerten Platzangst und extremes

Unwohlsein, worauf die Messung sofort unterbrochen wurde. Beide Probanden wurden nicht in die Studie eingeschlossen und durch zwei zusätzlich rekrutierte Patienten ersetzt. Von den übrigen Versuchspersonen äußerte keine während der Testung psychische oder physische Probleme, sodass alle Messvorgänge ohne Unterbrechung durchgeführt werden konnten. Nach der ersten Referenzmessung, die nur wenige Sekunden in Anspruch nahm, wurden die Teilnehmer über den Start der eigentlichen Untersuchung mit den von ihnen geforderten Antworten per Tastendruck benachrichtigt.

Die Präsentationsdauer der ersten beiden Bilder betrug jeweils 2,5 Sekunden (s), die Dauer des im Anschluss an Bild 2 gezeigten Fixationskreuzes zwischen 1,0 s und 3,0 s. Weitere 6,0 s wurde das Bild mit der Frage „Wie fühlt sich ...?“ präsentiert, während die Antwortstimuli auf Bild 4 2,0 s lang zu sehen waren. Vor Beginn der nächsten Bilder-geschichte wurde nochmals für eine Dauer von 2,0 s bis 4,0 s ein Fixationskreuz gezeigt. Die Gesamtdauer jedes einzelnen Trails betrug somit zwischen 16,0 s und 20,0 s mit einem Mittelwert von 18,0 s. Um eine *inter-stimulus baseline* messen zu können, wurde mit den gezeigten Fixationskreuzen eine gewisse Anzahl an Null-Ereignissen präsentiert. Die funktionelle Analyse, die ausschließlich auf die Stimuli zur Emotionsattribution im dritten Bild bezog war, wurde durch die Darbietung des Fixationskreuzes zwischen Bild 2 und Bild 3 ermöglicht. Um den Zeitverlauf, der mit dem Prozess der Emotionsattribution verbunden war, zu analysieren, musste dieser vom Zeitverlauf der vorangegangenen Stimuli (orthogonal) unkorreliert werden. Durch die variable Dauer der Fixationsperioden (1-3 s) zwischen den Stimuli der Geschichte (Bild 1 und 2) und den Stimuli der Emotions-attribution (Bild 3) wurde dies realisiert.

Nach Präsentation der wunschkongruenten und wunschkongruenten Experimentalbedingungen sowie der Kontrollbedingung in randomisierter Reihenfolge, folgte als abschließender Teil der Messung eine strukturelle Aufnahme, in denen keine Antworten per Tastendruck mehr erforderlich waren. Im Anschluss wurden die Probanden aus dem Kernspintomographen gefahren und konnten den Raum, nach Abmontieren aller experimentellen Anordnungen, verlassen. Wie bereits in Kapitel 3.2.1 erwähnt, wurden alle Patienten weiterhin gebeten, im Vorraum der MRT-Anlage ein 10-seitiges Rating (siehe Anlage 3) zur genaueren Analyse der Verhaltensdaten auszufüllen. Bevor sich die Patienten wieder zurück auf ihre Stationen begaben, beziehungsweise dorthin begleitet

wurden, konnten sie sich bei Interesse die strukturellen Aufnahmen ihres Gehirnes am Computer zeigen und erklären lassen.

3.4 Statistische Analyse

3.4.1 Statistische Analyse der Verhaltensdaten

Die statistische Analyse der Verhaltensdaten erfolgte mithilfe des Statistikprogramms SPSS 15. Die Antworten der Kontrollbedingung wurden in Trefferquoten (in Prozent) transformiert. Für die im fMRT dargebotenen Antwortmöglichkeiten der beiden Mentalisierungsbedingungen („neutral“, „positiv“, „negativ“) wurden die Antworthäufigkeiten (in Prozent) erhoben. Gleichzeitig stellte die Erhebung dieser Variablen eine Möglichkeit dar, um zu überprüfen, ob die Probanden die Geschichten während der gesamten Dauer der Messung konzentriert verfolgten. Die Antworthäufigkeiten wurden anschließend in den beiden Mentalisierungsbedingungen („wunschkongruent“ vs. „wunschkongruent“) miteinander verglichen. Ebenso erfolgte ein Vergleich zwischen beiden Patientengruppen in Bezug auf die Antworthäufigkeiten.

Die in der Rating-Aufgabe erhobenen Daten wurden ebenfalls für jede Emotion („neutral“, „fröhlich“, „traurig“, „überrascht“, „verlegen“ und „verärgert“) sowohl zwischen den Mentalisierungsbedingungen, als auch zwischen den Gruppen verglichen. Es wurden abhängige t-Tests mit einer Greenhouse-Geisser Alpha-Korrektur gerechnet und ein Wert von $p < .05$ verwendet, um die statistische Signifikanz zu bestimmen.

3.4.2 Analyse der fMRT-Daten

3.4.2.1 Datenerhebung

Die Testung erfolgte an einem 1,5 Tesla MR-System (Siemens Sonata, Erlangen, Deutschland) am Bezirksklinikum Regensburg. Während der Messung wurde der Kopf der Versuchsperson in einer standardisierten, mit Schaumstoff gepolsterten und systemkonform angepassten Kopfspule fixiert, um so einerseits die Aufzeichnung der bildgebenden Signale zu ermöglichen und andererseits Bewegungsartefakte möglichst gering zu halten. Mit Hilfe eines „Localizers“ wurde vor Beginn der Messung festgestellt, ob sich

der Kopf der Versuchsperson in einer optimalen Position zur Datenerhebung befand. Die gewünschten funktionellen Aufnahmen wurden durch Erfassung der BOLD-Signale (*blood-oxygen level dependent*) erreicht, welche mit der neuronalen Aktivität in den verschiedenen Hirnarealen korrelieren. Ermöglicht wurde dies durch die Erhebung der T2*-gewichteten Echo-Planar-Imaging-Sequenz (EPI), für die im vorliegenden Fall folgende Parameter gewählt wurden: TR = 2,82 s, TE = 40ms, Flipwinkel = 90° bei einer ebenen Matrix von 64 x 64 mm, FoV (Field of View) = 192 mm. Jede EPI-Sequenz bestand aus 32 axialen Schichten, wobei die jeweilige Schichtstärke 3 mm und die Voxelgröße somit 3 x 3 x 3 mm betrug. Insgesamt wurden während der fMRT-Messung 720 Volumes mit Hilfe einer so genannte *interleaved*-Messung erhoben, d. h. die 32 Schichten eines Scans wurden nicht nacheinander, sondern in der Reihenfolge 1, 3, 5, ... 29, 31, 2, 4, ...30, 32 gemessen. Auf diese Weise werden einerseits weiter inferior gelegene Hirnregionen ebenso berücksichtigt wie weiter superior gelegene. Andererseits wird die Messung einer BOLD-Antwort, die von einem Scanner-Puls einer vorangehenden Schicht stammt, verhindert. Mit Hilfe der *interleaved*-Messung kann so eine bessere hämodynamische Antwortfunktion (*hemodynamic response function*, HFR) erlangt werden. Nach Erhebung der T2*-gewichteten EPI-Sequenzen fand eine hoch auflösende, strukturelle, T1-gewichtete isotrope 3D-Gradienten-Echo-Sequenz (*Magnetization Prepared Rapid Gradient Echo*, MPRAGE) mit folgenden Parametern statt: TR = 1,97 s, TE = 3,93 ms, T1 = 1100 ms, Voxelgröße = 1 x 1 x 1 mm, 176 axialer Schichten, FoV = 250mm.

Die Erhebung der EPI-Sequenzen dauerte ca. 34 Minuten, sodass sich für die vollständige Messung mit Localizer, EPI-Sequenzen und MPRAGE eine Gesamtdauer von etwa 40 Minuten ergab.

3.4.2.2 Datenvorverarbeitung

Vor der statistischen Auswertung der Daten wurden diese mit Hilfe der Software *SPM5*, einem auf der Software *Matlab* (The MathWorks Inc., Natick, MA) basierenden, frei verfügbaren Software-Programm zur Analyse bildgebender Daten, vorverarbeitet (<http://www.fil.ion.ucl.ac.uk/spm/>).

Die im MRT gewonnenen Daten jeder Versuchsperson wurden hierfür zunächst von *dicom*- in *nifti*-Format umgewandelt. Im ersten Schritt der eigentlichen Vorverarbeitung

galt es dann, die Voraussetzung einer zeitgleichen Aufnahme aller Schichten eines Volumes für die weitere statistische Analyse zu erfüllen. Zu diesem Zweck wurde im sogenannten *slice timing* eine Korrektur der Scanzeiten der insgesamt 720 Volumes für jede Versuchsperson durchgeführt, d.h. es wurde simuliert, dass alle 32 Schichten eines Scans zum gleichen Zeitpunkt aufgenommen wurden. Als Referenzmessung, an die die einzelnen Schichten angepasst wurden, diente die mittlere Schicht des jeweiligen Volumes (Henson, Buechel, Josephs & Friston, 1999). Im Anschluss an das *slice timing* wurde eine 3D-Bewegungskorrektur durchgeführt (*realignment*), um Bewegungsartefakte, die z. B. durch Kopfbewegungen der Probanden entstanden waren, zu kontrollieren. Unter Verwendung von drei Parametern für die Translation und drei Parametern für die Rotation wurden die Bilder hierfür räumlich transformiert, wobei das erste Bild eines Scans als Referenzvolumen diente. Weiterhin fand in diesem Schritt eine Mittelung aller 720 Volumes einer Versuchsperson auf ein funktionelles *mean image* hin statt. Dieses gemittelte funktionelle Bild wurde im nächsten Schritt (*co-registration*) über das jeweilige strukturelle (anatomische) Bild der Versuchsperson gelegt, sodass die funktionellen Ergebnisse auf den strukturellen Gehirnbildern dargestellt werden konnten. Um bei allen Probanden zu gewährleisten, dass sich jeweils identischen Gehirnstrukturen an den exakt gleichen Koordinaten befinden und die funktionellen und anatomischen Daten der verschiedenen Versuchspersonen somit untereinander vergleichbar werden, fand im vierten Schritt eine Normalisierung (*normalize*) der funktionellen Daten auf das in SPM5 enthaltene Referenzgehirn (T1nii) des Montreal Neurological Institute (MNI) statt (Collins, Neelin, Peters & Evans, 1994). Abschließend wurde das *smoothing*, eine räumliche Glättung mit einem *full-width half-maximum* (FWHM) Gausschen Filter von 8 mm, durchgeführt, um das Signal-Rausch-Verhältnis zu verbessern und somit eine realistischere Darstellung der Aktivierung zu erreichen.

3.4.2.3 Statistische Analyse der fMRT-Daten

Für die statistische Auswertung der fMRT-Daten (*first-* und *second-level*-Analyse) wurde das Software-Programm *SPM5* verwendet. Die statistische Analyse wurde für das gesamte Gehirn durchgeführt und konzentrierte sich auf Amplitudenveränderungen in der HFR zwischen den einzelnen Bedingungen. Das Null-Ereignis (Fixationsperiode) diente dabei als *inter-stimulus baseline*. Bei der *first level*-Analyse wurde für jeden einzelnen Probanden eine *fixed effects analysis* auf Basis des Allgemeinen Linearen Modells (*general linear model*; GLM) durchgeführt. Der HFR wurde eine Rechtecksfunktion von fünf Sekunden zugrundegelegt, wobei die temporalen Abweichungen berücksichtigt wurden (Friston et al., 1998). Außerdem wurden sechs Kovariaten eingeschlossen, um residuale bewegungsbezogene Artefakte zu erfassen sowie eine weitere Kovariate, die die Konstante über die Scans hinweg repräsentierte.

Die Daten wurden mit einem Hochpass-Filter mit einem Frequenz-Cutoff von 128 Sekunden gefiltert. Die Analyse wurde zunächst auf Einzelniveau durchgeführt. Für jede Versuchsperson wurden anhand der t-Statistiken *statistical parametric maps* (SPMs) generiert, welche wiederum unter Verwendung der HRF von den Kontrasten abgeleitet werden konnten (Friston et al., 2002). Zur Berechnung der Kontraste der Emotionsattribution diente das dritte Bild einer jeden Geschichte. Folgende Kontraste waren bei der Auswertung von Interesse: Emotionsattribution (wunschinkongruent und wunschkongruent) minus Realitätsbedingung ($\text{EmoI} + \text{EmoK} > \text{R}$), Emotionsattribution auf der Grundlage von wunschkongruentem Ergebnis minus Realitätsbedingung ($\text{EmoK} > \text{R}$), Emotionsattribution auf der Basis von wunschinkongruentem Ergebnis minus Realitätsbedingung ($\text{EmoI} > \text{R}$), Emotionsattribution ‚wunschinkongruentes Ergebnis‘ minus Emotionsattribution ‚wunschkongruentes Ergebnis‘ ($\text{EmoK} > \text{EmoI}$) sowie Emotionsattribution ‚wunschkongruentem Ergebnis‘ minus Emotionsattribution ‚wunschinkongruentes Ergebnis‘ ($\text{EmoI} > \text{EmoK}$).

Um Rückschlüsse über die gesamte Population ziehen zu können bzw. die beiden Gruppen (psychopathische Patienten- und forensische Kontrollgruppe) miteinander vergleichen zu können, gingen die in der *single-subject first level*-Analyse für jeden Probanden einzeln berechneten Kontraste anschließend in eine *second level random-effect*-Analyse über alle Probanden einer Gruppe ein. Hierzu wurden für jeden Kontrast abhängige t-Tests berechnet. Alle hier berichteten fMRT-Ergebnisse basieren auf Voxel-

Statistiken, die mithilfe von SPM für das gesamte Gehirn erstellt wurden. Der Threshold zur Erstellung der SPM-Karten lag bei $T = 3.79$ ($p < .001$ unkorrigiert). Die SPM-Karten wurden daraufhin über das MNI-template gelegt und mithilfe der MNI-Koordinaten beschriftet. Die in dieser Studie genannten Hirnregionen erfüllen alle den statistischen Cluster Threshold von $p < .05$ bzw. $p < .01$ (auf dem Cluster-Level korrigiert).

4. ERGEBNISSE

4.1 Verhaltensdaten

4.1.1 fMRT-Messung

Die statistische Analyse der Verhaltensdaten aus der Bearbeitung des Paradigmas während der fMRT-Untersuchung, operationalisiert durch Antworthäufigkeiten in Prozent, zeigte, entsprechend der Hypothese H 1, keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Gruppen für die Bedingungen ‚kompatibel‘, ‚inkompatibel‘ und ‚Realität‘. In der Bedingung ‚kompatibel‘ war die häufigste Antwort erwartungsgemäß „positiv“ (PP 84 % (SD = 0.03 %), FK 90 % (SD = 0,03 %), GK 85 % (SD = 0,05 %)). Die Bedingung ‚inkompatibel‘ wurde überwiegend mit „negativ“ beantwortet (PP 60 % (SD = 0,06 %), FK 61 % (SD = 0,09 %), GK 60 % (SD = 0,09)).

4.1.2 Emotionsrating

Auch die Auswertung der Daten aus dem 10-seitigen Emotionsrating, das im Anschluss an die Messung durchgeführt worden war, zeigte, entgegen der hierzu aufgestellten Hypothese H 2, keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Gruppen. In der Bedingung ‚kompatibel‘ wurde auf der fünfstufigen Skala von 1 (= gar nicht) bis 5 (= sehr stark) die Emotion „Freude“ von allen Versuchspersonengruppen mit 4 Punkten am höchsten bewertet. Während weiterhin die Auswahlmöglichkeit „neutral“ mit durchschnittlich 2 Punkten genannt wurde, wurden die Emotionen „Trauer“, „Verlegenheit“, „Ärger“ und „Überrascht-sein“ nicht attribuiert. Die Bewertung der Gefühle des Protagonisten in der wunschkongruenten Bedingung fiel bei allen Gruppen differenzierter aus als die Bewertung der wunschkongruenten Situation. Neben den Emotionen „traurig“ und „verärgert“, die mit je 3 Punkten am höchsten bewertet wurden, wurden dem Protagonisten mit durchschnittlich 2 – 3 Punkten auch die Items „neutral“, „verlegen“ und „überrascht“ in annähernd gleicher Intensität zugeschrieben.

4.2 fMRT-Daten

4.2.1 Haupteffekt Gruppe und Interaktionseffekt

Für die statistische Auswertung der hämodynamischen Antwort wurde zunächst eine 3x3 Varianzanalyse (ANOVA) mit den Faktoren ‚Gruppe‘ (Psychopathen, forensische Kontrollgruppe, gesunde Kontrollgruppe) und ‚Aufgabe‘ (kompatibel, inkompatibel, Realität) durchgeführt. Ein signifikanter Haupteffekt der Gruppe zeigte sich hierbei im inferioren Parietalcortex, in der temporoparietalen Junction, im fusiformen Areal sowie im Praecuneus. Eine Wechselwirkung zwischen Aufgabe und Gruppe konnte im medialen Präfrontalcortex und im Praecuneus nachgewiesen werden. In der untenstehenden Tabelle 2.1 sind diese Areale detailliert aufgeführt.

Tabelle 2.1: Darstellung der signifikanten Ergebnisse aus der 3x3 Varianzanalyse (ANOVA):
a) Haupteffekt Gruppe, b) Interaktionseffekt (Aufgabe x Gruppe)

Areal	Brodmann-Areal	MNI-Koordinaten			Z-Wert	Cluster-Größe
		x	y	z		
a) Haupteffekt Gruppe						
Inferiorer Parietalcortex, re	40	60	-48	44	4.30	86
Temporoparietale Junction, li	22/39/40	-54	-52	30	4.53	187
Fusiformes Areal, re	18	12	-74	-18	4.18	50
Praecuneus, re	7	14	-82	32	4.13	60
b) Interaktionseffekt (Aufgabe x Gruppe)						
Medialer Präfrontalcortex	10	10	64	24	3.28	11
Praecuneus, li	31	-10	-54	32	3.56	32

Um rückverfolgen zu können worauf der Haupteffekt Gruppe und der Interaktionseffekt zwischen Aufgabe und Gruppe im Detail beruhen, wurden im Anschluss an die zweifaktorielle ANOVA mit den Kontrasten *Psychopathen (PP) > gesunde Kontrollgruppe (GK)*, *PP > forensische Kontrollgruppe (FK)*, *FK > GK* sowie den jeweils entgegengesetzten Kontrasten *GK > PP*, *FK > PP* und *GK > FK* die einzelnen Gruppen miteinander verglichen.

4.2.2 Gruppenvergleiche

Während im ersten Schritt eines jeden Vergleiches nicht unterschieden wurde zwischen den Bedingungen ‚kompatibel‘, ‚inkompatibel‘ und ‚Realität‘, wurden in den darauffolgenden Schritten zunächst nur die beiden Mentalisierungsbedingungen, dann die Bedingungen ‚kompatibel‘ und ‚inkompatibel‘ gesondert betrachtet. Alle Ergebnisse des Haupt- und Interaktionseffektes fanden sich in den Gruppenvergleichen wieder.

Im rechten inferioren Parietalcortex konnte eine signifikante Mehraktivierung der Psychopathen- im Vergleich zur gesunden Kontrollgruppe bei der Betrachtung aller Bedingungen ($PP > GK$) ebenso wie bei der Betrachtung der Mentalisierungsbedingungen zusammen ($PP_IK > GK_IK$) und jeder Attributionsbedingung einzeln ($PP_I > GK_I$ und $PP_K > GK_K$) nachgewiesen werden. Eine weitere Mehraktivierung in diesem Areal fand sich bei der forensischen im Vergleich zur gesunden Kontrollgruppe während der wunschkongruenten Mentalisierungsbedingung ($FK_K > GK_K$). Eine Mehraktivierung in der temporoparietalen Junction konnte einerseits bei der Psychopathen- im Vergleich zur gesunden Kontrollgruppe ($PP > GK$), andererseits bei der forensischen im Vergleich zur gesunden Kontrollgruppe ($FK > GK$), jeweils während der Bearbeitung des Paradigmas unabhängig von den einzelnen Bedingungen nachgewiesen werden. Der Haupteffekt im fusiformen Areal ließ sich auf eine erhöhte Aktivität der Psychopathen verglichen mit den forensischen Kontrollprobanden während der beiden Emotionsattributionsbedingungen zusammen ($PP_IK > FK_IK$) sowie der kompatiblen Bedingung allein ($PP_K > FK_K$) zurückführen. Im rechten Praecuneus fand sich eine Mehraktivierung der Psychopathengruppe im Vergleich zur gesunden Kontrollgruppe bei der Betrachtung aller Bedingungen ($PP > GK$), während beider Mentalisierungsbedingungen unabhängig vom

Ausgang der Szene (PP_IK > GK_IK) sowie während der wunschkongruenten Bedingung allein (PP_K > GK_K).

Der erste Interaktionseffekt zwischen Gruppe und Aufgabe im medialen Präfrontalcortex ließ sich auf eine Mehraktivierung der Psychopathengruppe im Vergleich zur forensischen Kontrollgruppe während der Bearbeitung der wunschkongruenten Situation zurückführen (PP_I > FK_I). Der zweite Interaktionseffekt im linken Praecuneus fand sich ebenfalls als Mehraktivierung der Psychopathengruppe, hier im Vergleich zur gesunden Kontrollgruppe, während der wunschkongruenten sowie der wunschkongruenten Situation wieder (PP_I > GK_I und PP_K > GK_K).

Beide Hypothesen, die zu Beginn der Arbeit in Bezug auf die neuronalen Korrelate der Emotionsattribution bei psychopathischen und nicht-psychopathischen Patienten aufgestellt worden waren (H 3 und H 4), konnten somit bestätigt werden.

Alle erwähnten Areale sowie einige weitere Nebeneffekte können detailliert der untenstehenden Tabelle 2.2 entnommen werden.

Tabelle 2.2: Darstellung der signifikanten Ergebnisse aus den Gruppenvergleichen

Areal	Brodmann-Areal	MNI-Koordinaten			Z-Wert	Cluster-Größe
		x	y	z		
<i>Psychopathen > gesunde Kontrollgruppe</i>						
<i>alle Bedingungen (PP > GK)</i>						
Inferiorer Parietalcortex, re	40	60	-48	44	4.54	190
Temporoparietale Junction, li	22/39/40	-54	-52	30	4.37	448
Praecuneus, re	7	14	-82	32	4.53	169
<i>beide Mentalisierungsbedingungen (PP_IK > GK_IK)</i>						
Inferiorer Parietalcortex, li	40	-56	-54	30	5.21	906
Inferiorer Parietalcortex, re	40	60	-48	44	4.70	389
Inferiorer Temporalcortex, li	20/21	-66	-20	-12	4.10	100
Anteriores Cingulum	32	6	50	-6	4.20	186
Praecuneus, re	7	14	-82	32	4.54	180
Praecuneus, li	7/31	-8	-60	40	4.30	344
<i>„inkompatibel“ (PP_I > GK_I)</i>						
Inferiorer Parietalcortex, li	40	-56	-54	30	4.91	548
Inferiorer Parietalcortex, re	40	60	-48	44	4.32	339
Anteriores Cingulum	32	6	50	-6	4.31	218
Praecuneus, li	7/31	-6	-62	42	4.44	214
<i>„kompatibel“ (PP_K > GK_K)</i>						
Inferiorer Parietalcortex, li	40	-56	-54	30	4.64	696
Inferiorer Parietalcortex, re	40	60	-48	44	4.29	142
Praecuneus, re	7	14	-82	32	4.50	173
Praecuneus, li	7/31	-14	-64	38	3.96	172
Posteriores Cingulum	30	18	-50	4	4.24	179

Areal	Brodmann-Areal	MNI-Koordinaten			Z-Wert	Cluster-Größe
		x	y	z		
<i>Psychopathen > forensische Kontrollgruppe</i>						
<i>alle Bedingungen (PP > FK)</i>						
Fusiformes Areal, re	18	12	-74	-16	3.90	148
<i>beide Mentalisierungsbedingungen (PP_IK > FK_IK)</i>						
Fusiformes Areal, re	18	12	-76	-16	4.16	227
<i>„inkompatibel“ (PP_I > FK_I)</i>						
Medialer Präfrontalcortex	10	8	64	22	3.78	113
<i>„kompatibel“ (PP_K > FK_K)</i>						
Superiorer Temporaler Sulcus	21/22	58	6	-12	4.08	151
V 2		8	-72	-8	3.82	247
<i>forensische Kontrollgruppe > gesunde Kontrollgruppe</i>						
<i>alle Bedingungen (FK > GK)</i>						
Temporoparietale Junction, li	22/39/40	-54	-52	26	4.31	214
<i>„kompatibel“ (FK_K > GK_K)</i>						
Inferiorer Parietalcortex, re	40	60	-48	44	4.25	178
Inferiorer Parietalcortex, li	40	-56	-42	36	4.03	261

Anmerkungen: PP = Psychopathen, GK = gesunde Kontrollgruppe, FK = forensische Kontrollgruppe, I = Emotionsattribution „inkompatibel“, wunschinkongruent, K = Emotionsattribution „kompatibel“, wunschkongruent

Einige Ergebnisse des Haupt- sowie des Interaktionseffektes sind in den folgenden Abbildungen 2.1 bis 2.4 graphisch dargestellt.

Abbildung 2.1: *Haupteffekt im inferioren Parietalcortex (BA 40)*

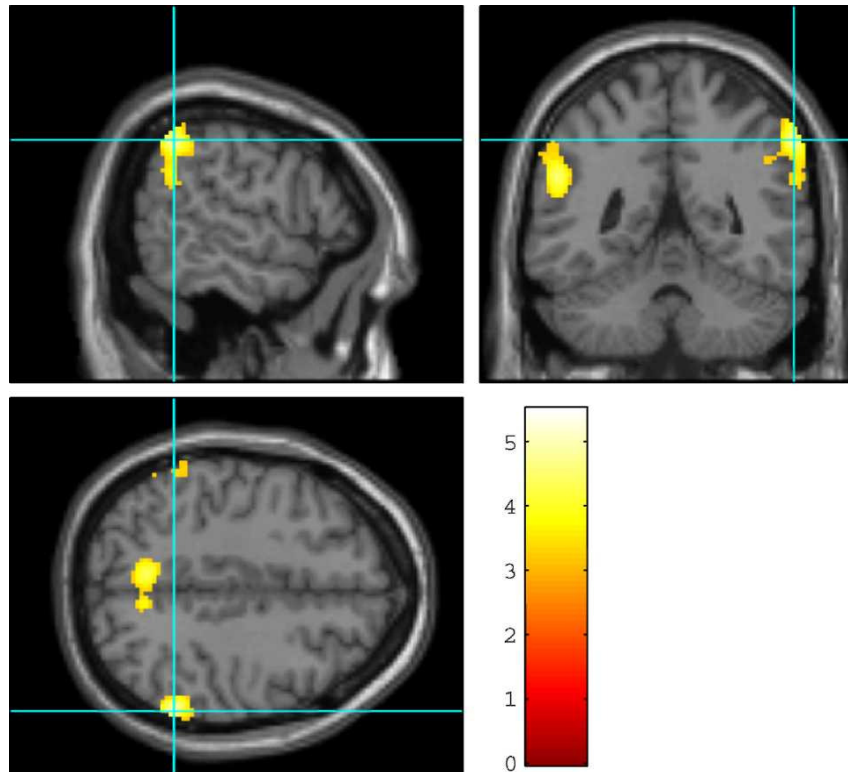


Abbildung 2.2: *Interaktionseffekt im linken Praecuneus (BA 7/31)*

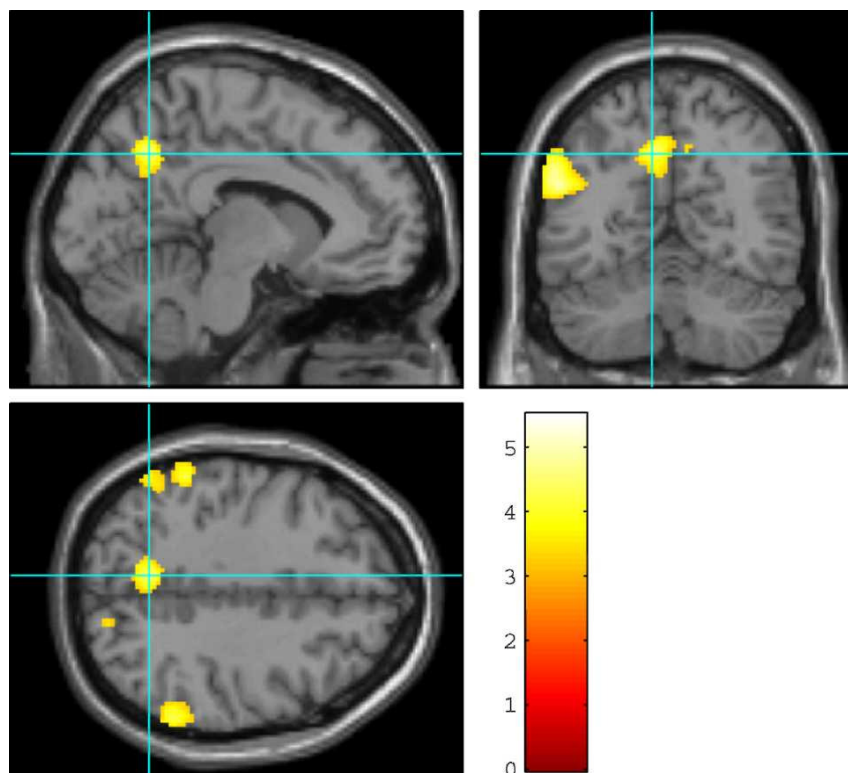


Abbildung 2.3: Haupteffekt im fusiformen Areal (BA 18)

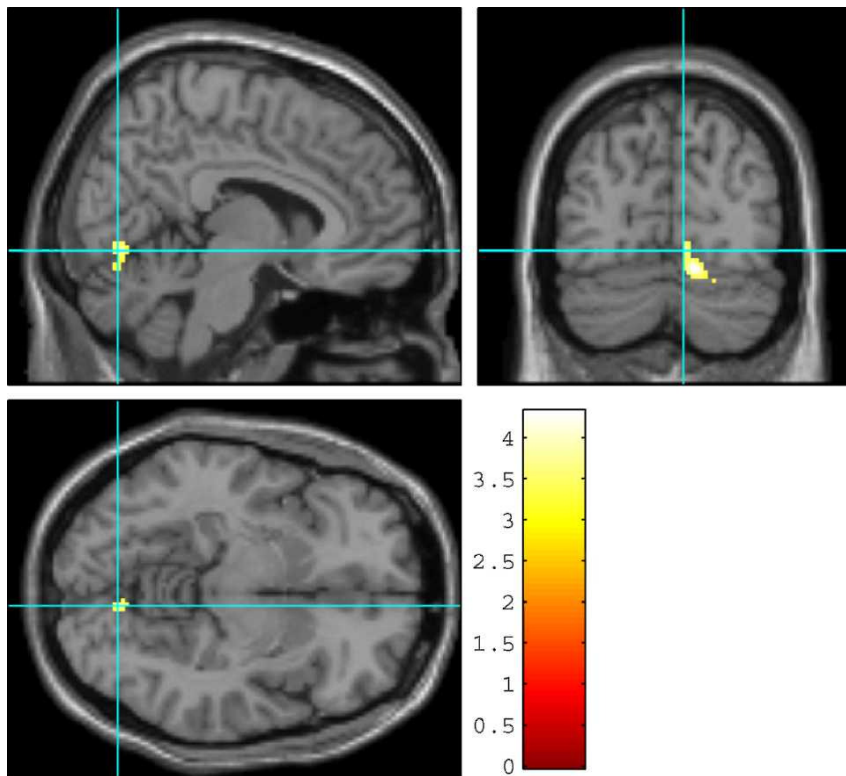
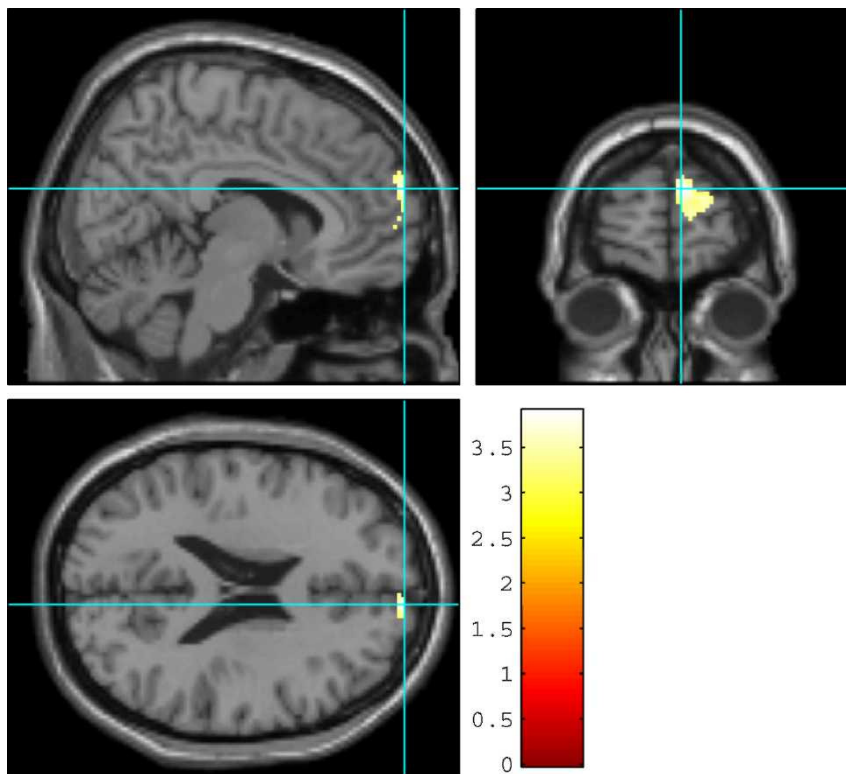


Abbildung 2.4: Interaktionseffekt im medialen Präfrontalcortex (BA 10)



5. DISKUSSION

Ziel der vorliegenden Studie war die Untersuchung der neuronalen Korrelate der Emotionsattribution als Teil der Theory of Mind bei Patienten mit psychopathischer Persönlichkeitsstörung. Neben dem Vergleich dieser Daten mit denen einer gesunden Kontrollgruppe kommt dem zusätzlichen Vergleich mit einer forensischen Kontrollgruppe besondere Bedeutung zu.

Als Paradigma wurden einfach strukturierte, schriftlich kommentierte Bildergeschichten, angelehnt an Yuill et al. (1996), verwendet. In beiden Experimentalbedingungen wurde dabei im Rahmen einer feststehenden Szene die Intention des Protagonisten genannt, welche sich im darauffolgenden Bild erfüllte (kompatible/wunschkongruente Bedingung) oder nicht erfüllte (inkompatible/wunschinkongruente Bedingung). Die Versuchspersonen wurden instruiert, dem Protagonisten, abhängig von der genannten Intention und dem darauffolgendem Ausgang der präsentierten Szene, eine Emotion zuzuschreiben und diese im letzten Bild einer jeden Bildergeschichte durch die Auswahl einer Antwort aus den drei Möglichkeiten „negativ“, „positiv“ und „neutral“ zu bestätigen. Die korrekte Bearbeitung der wunschinkongruenten Situation erforderte hierbei ein sogenanntes *decoupling*, das heißt die Repräsentation der Realität entkoppelt von den Gedanken über diese Realität. Innerhalb der ToM gilt der Prozess des *decoupling* vor allem dann als essentiell für die richtige Beurteilung des mentalen Zustandes der beobachteten Personen, wenn Realität und Gedanken über die Realität, im vorliegenden Paradigma die genannte Intention des Protagonisten, differieren. Während in der wunschkongruenten Bedingung Intention und Realität übereinstimmten, erforderte die wunschinkongruente Situation die getrennte Verarbeitung der Intention des Protagonisten und des davon abweichenden Ergebnisses, um, basierend auf dieser Diskrepanz, die richtige Emotion zuschreiben zu können.

Für die vorliegende Studie wurde bewusst ein Paradigma auf niedrigem Komplexitätsniveau gewählt, um während der Bearbeitung die Wahrscheinlichkeit für die Aktivierung zusätzlicher kognitiver oder emotionaler Verarbeitungsprozesse so gering wie möglich zu halten. Es wird davon ausgegangen, dass die im präsentierten Kontext geforderte Attribution einer Emotion in Abhängigkeit der vorher genannten Intention durch den Abruf von Emotionswissen, das heißt, durch kognitive Leistung erbracht wird. Ein weiterer

Grund für die Wahl des verwendeten Paradigmas war das Ziel, zu untersuchen, ob dem Prozess der Emotionsattribution bei Psychopathen bereits in der einfachsten Form neuronale Abweichungen zugrunde liegen.

Für die Verhaltensdaten wurden aufgrund des verwendeten Paradigmas sowie aufgrund früherer Ergebnisse zu einfachen ToM-Aufgaben keine Unterschiede bei der Bearbeitung der Experimentalbedingungen zwischen Psychopathen und Kontrollprobanden erwartet. Um genauere Aussagen zur Emotionsattribution auf Verhaltensebene machen zu können, wurden den Versuchspersonen im Anschluss an die fMRT-Untersuchung nochmals zehn der gezeigten Geschichten in ausgedruckter Form vorgelegt, bei denen neben der Qualität auch die Quantität von insgesamt sechs Emotionen bewertet werden sollte. Für die psychopathische Patientengruppe war hierbei für die Bewertung der Emotionen in der wünschungskongruenten Bedingung ein weniger differenziertes Antwortprofil denkbar, als es bei den Kontrollprobanden erwartet wurde (Blair, 1997).

Während es einige wenige bildgebende Studien zur Emotionsdekodierung, Emotionsinduktion oder Verarbeitung affektiver Stimuli bei Psychopathen gibt, fehlen bislang Studien, die sich mit den neuronalen Korrelaten der Emotionsattribution auf der Grundlage mentaler Zustände bei psychopathischen Patienten beschäftigen. Auch wenn sich die bisher durchgeführten bildgebenden Studien zur Psychopathy nicht direkt mit der vorliegenden Studie vergleichen lassen, sind sie teilweise dennoch von großem Interesse. Besonders Studien mit abweichenden neuronalen Aktivierungsmustern in frontalen und temporalen Arealen bei psychopathischen Patienten sind hier hervorzuheben (u.a. Intrator et al., 1997; Kiehl et al., 2001; Müller et al., 2003), da für diese Areale eine Aktivierung bei der Bearbeitung der vorliegenden Aufgabe erwartet wurde. Für das Verhalten der Psychopathengruppe auf neuronaler Ebene wurde so die Hypothese aufgestellt, dass diese während der Bearbeitung des Paradigmas Aktivierungsmuster vor allem in temporalen und präfrontalen Kortexarealen zeigen, die von denen der gesunden sowie der forensischen Kontrollgruppe abweichen.

5.1 Verhaltensdaten

Entsprechend der Hypothese H 1 zeigten sich bei den Verhaltensdaten der fMRT-Untersuchung keine Unterschiede zwischen den drei Versuchspersonengruppen. Wellman & Woolley (1990) konnten zeigen, dass bereits 2-jährige in der Lage sind, einem Protagonisten eine positive Emotion zuzuschreiben, wenn sich dessen Intention erfüllte, sowie eine negative Emotion zu attribuieren, wenn diese sich nicht erfüllte. Erwartungsgemäß wurde dem entsprechend die wunschkongruente Bedingung von allen Versuchspersonengruppen überwiegend mit „positiv“ bewertet, während die häufigste Antwort für die wunschkongruente Bedingung „negativ“ war.

Die Auswertung der Daten aus dem schriftlich bewerteten Rating, das im Anschluss an die fMRT-Untersuchung stattfand, zeigte ebenfalls keine signifikanten Unterschiede. Die hierzu aufgestellt Hypothese H 2 muss somit verworfen werden. Während alle Versuchspersonengruppen in der Bedingung ‚kompatibel‘ vor allem eine Emotion, „Freude“, attribuieren, wurden dem Protagonisten in der wunschkongruenten Situation alle vorgelegten Emotionen, mit Ausnahme von „fröhlich“, in beinahe gleicher Intensität zugeschrieben. Diese Ergebnisse erklären auch, warum die wunschkongruente Bedingung während der funktionellen Messung weniger eindeutig bewertet wurde als die wunschkongruente. Während der Messung standen zur Bewertung der Gefühle des Protagonisten lediglich die drei Items „positiv“, „neutral“ und „negativ“ zur Verfügung und die Versuchspersonen wurden instruiert, sich für eine Emotion zu entscheiden. Wie die Daten des Ratings zeigen, attribuieren die Probanden in der wunschkongruenten Bedingung nicht vorrangig eine einzelne, sondern mehrere Emotionen. So ist es nachvollziehbar, dass während der Messung neben dem Item „negativ“ gelegentlich auch die beiden anderen Items gewählt wurden.

Die Hypothese einer weniger differenzierten Bewertung der wunschkongruenten Situation durch die psychopathische Patientengruppe gründete auf einer Studie von Blair (1997), der zeigte, dass Kinder mit psychopathischen Tendenzen auf Geschichten mit negativem Inhalt weniger differenziert reagierten als gesunde Kinder. Die Möglichkeit, dass Kinder mit psychopathischen Tendenzen deutlichere Schwierigkeiten bei der Attribution von Emotionen haben als erwachsene Psychopathen, kann durch den Lernprozess über Emotionen und die Interpretation sozialer Situationen erklärt werden, wie er bei allen Menschen im Laufe des Lebens stattfindet. Vorstellbar ist, dass dieser Erwerb von

Emotionswissen, für den durchaus auch ein gewisser kognitiver Mehraufwand denkbar ist, es Psychopathen erst ermöglicht, zu einem bestimmten Grad kriminell erfolgreich zu sein und in der Interaktion mit anderen Menschen einen eigenen Vorteil zu erreichen. Die Verhaltensdaten dieser Studie sollen dennoch nicht als Beweis angesehen werden, dass Psychopathen in der Attribution von Emotionen auf der Grundlage mentaler Zustände nicht beeinträchtigt sind. Sollte es Unterschiede zwischen Psychopathen und Nicht-Psychopathen geben, so ist jedoch davon auszugehen, dass sich diese in verwertbarer Form erst unter Verwendung weitaus komplexerer Paradigmen darstellen lassen.

5.2 fMRT-Daten

Beide Hypothesen bezüglich der neuronalen Korrelate der Emotionsattribution wurden bestätigt. Entsprechend der Hypothese H 3 konnte während der Bearbeitung des präsentierten Paradigmas eine Aktivierung in kognitiven Arealen nachgewiesen werden. Das in der Studie verwendete Paradigma wurde mit dem Ziel konstruiert, allein den kognitiven Prozess der Emotionsattribution abzubilden. Durch Bestätigung der Hypothese H 3 kann davon ausgegangen werden, dass dieses Ziel erreicht wurde und dass eine zusätzliche Aktivierung emotionaler Verarbeitungsprozesse bei der Beantwortung der Aufgaben nicht stattfand. Entsprechend der Untersuchungshypothese H 4 präsentierte die psychopathische Patientengruppe bei der Bearbeitung der Aufgaben Aktivierungsmuster, die sowohl von denen der gesunden als auch von denen der forensischen Kontrollgruppe differierten. In den folgenden Kapiteln soll die Bedeutung dieser Ergebnisse ausführlich diskutiert werden.

5.2.1 Zusammenfassende Betrachtung der Ergebnisse

Die Ergebnisse der Gruppenvergleiche sind in mehreren Aspekten konsistent. Sowohl im Vergleich *Psychopathen > gesunde Kontrollgruppe* als auch im Vergleich *Psychopathen > forensische Kontrollgruppe* zeigten sich signifikante Mehraktivierungen für alle betrachteten Bedingungen. Ausnahmslos konnten hierbei jeweils mehr Areale im Vergleich $PP > GK$ ermittelt werden als im Vergleich $PP > FK$. Für die gesunde Kontrollgruppe wiederum konnte in keinem der gerechneten Kontraste eine Mehraktivierung nachge-

wiesen werden. Die forensische Kontrollgruppe zeigte signifikante Mehraktivierungen nur im Vergleich zur gesunden Kontrollgruppe, wohingegen im Vergleich zur Psychopathengruppe für die forensische Kontrollgruppe keine Areale mit signifikanter Mehraktivierung dargestellt werden konnten.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sich die psychopathischen Patienten, während der Bearbeitung des vorgelegten Paradigmas, von beiden Kontrollgruppen signifikant durch Mehraktivierungen in verschiedenen Hirnarealen unterscheiden, wobei der Unterschied zur gesunden Kontrollgruppe deutlicher ausgeprägt war. Während bei Psychopathen also einige und bei gesunden Kontrollprobanden keine Areale mit signifikanter Mehraktivierung nachgewiesen werden konnten, nahmen die forensischen Kontrollprobanden eine Art „Zwischenrolle“ ein, indem sie im Vergleich zu Gesunden Mehraktivierungen zeigten, nicht aber zu Psychopathen. Eine mögliche Erklärung hierfür liefert die genaue Betrachtung und Charakteristik der einzelnen Versuchspersonengruppen.

5.2.2 Bewertung der Versuchspersonengruppen

Das Hauptaugenmerk der Studie lag auf der Untersuchung psychiatrischer Patienten mit der Persönlichkeitsstörung Psychopathy, deren neuronale Antwortmuster mit denen einer Kontrollgruppe verglichen werden sollten. Der Unterschied zwischen Patienten- und Kontrollgruppe sollte sich im Idealfall auf den Faktor „Psychopathy“ beschränken, um festgestellte Unterschiede in der Hirnaktivität während der Bearbeitung einer präsentierten Aufgabe auf das Vorhandensein, beziehungsweise Nicht-Vorhandensein dieser Persönlichkeitsstörung zurückführen zu können. Betrachtet man die Lebensgewohnheiten psychopathischer Patienten, wird deutlich, dass sich diese mit oftmals niedrigem Ausbildungsstand, Gefängnisaufenthalt und vor allem Drogenkonsum in einigen weiteren Faktoren mit möglichem Einfluss auf die Fähigkeit zur Emotionsattribution von gesunden Probanden unterscheiden. Um diese möglichen Einflussfaktoren kontrollieren zu können, wurde aus der forensischen Psychiatrie eine weitere Kontrollgruppe rekrutiert, deren Lebensgewohnheiten denen der psychopathischen Patientengruppe entsprechen sollten. Dieses Ziel wurde, wie der Tabelle 1 entnommen werden kann, nur teilweise erreicht. Ein möglicher Einflussfaktor, der sich durch den zusätzlichen Vergleich der Psychopathen mit dieser forensischen Kontrollgruppe kontrollieren ließ, ist die „Ausbildungszeit“, deren

durchschnittliche Dauer sich bei Forensikern und Psychopathen nicht signifikant unterscheidet. Ein weiterhin signifikanter Unterschied besteht jedoch im Hinblick auf die Faktoren „Gesamthaft-„ und „Suchtdauer“, wobei jeweils die Psychopathengruppe eine im Durchschnitt längere Gesamtdauer vorweist. Wie in Kapitel 3.1 bereits erwähnt, ist davon auszugehen, dass diese beiden Werte in den meisten Fällen eng mit der Höhe des PCL-Wertes korrelieren. Bewertungsitems wie *Erlebnishunger*, *frühe Verhaltensauffälligkeiten* und *Jugendkriminalität* bewirken, dass Patienten mit hohen PCL-Werten oftmals früh mit Drogen und Alkohol in Berührung kommen. Daraus sowie aus weiteren Merkmalen wie *polytrope Kriminalität*, *Missachtung von Bewährungsauflagen* und *schwache Verhaltenskontrolle* folgt dann die Verbüßung einer oder mehrerer, unter Umständen langjähriger Haftstrafen. Auch wenn die beiden genannten Faktoren nicht in Bezug auf die Dauer kontrolliert werden konnten, so liegen die Lebensgewohnheiten der Psychopathengruppe und der forensischen Kontrollgruppe doch deutlich näher beisammen, als dies bei der gesunden Kontrollgruppe der Fall ist. Sowohl die forensischen als auch die psychopathischen Probanden waren zum Zeitpunkt der Studie primär aufgrund einer Abhängigkeitserkrankung in stationärer Behandlung, so dass der Faktor „Alkohol- und Drogenabusus“ zumindest in Bezug auf Vorliegen oder Nicht-Vorliegen als kontrolliert betrachtet werden kann. Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die zusätzliche Rekrutierung der forensischen Kontrollgruppe im Hinblick auf den Einfluss der Psychopathy auf den Prozess der Emotionsattribution einen wertvollen zusätzlichen Vergleich mit der psychopathischen Patientengruppe ermöglicht. Obwohl sich nicht alle möglichen Einflussfaktoren kontrollieren ließen, können mit den forensischen Kontrollprobanden und den Psychopathen zwei Gruppen miteinander verglichen werden, deren Lebensumstände sich sehr ähnlich sind.

Geht man zunächst von der Annahme aus, dass nur die Persönlichkeitsstörung der Psychopathy einen Einfluss auf die neuronalen Verarbeitungsmechanismen der Emotionsattribution hat, so wäre kein Unterschied zwischen der gesunden und der forensischen Kontrollgruppe zu erwarten. Tatsächlich aber zeigten die forensischen Kontrollprobanden, ebenso wie die Psychopathen, im Vergleich zur gesunden Kontrollgruppe eine signifikante Mehraktivierung in einigen Hirnregionen, wenn auch es sich im Fall der forensischen Kontrollgruppe um deutlich weniger Areale handelt. Zwei Interpretationsansätze sind für dieses Ergebnis denkbar. Wie in Kapitel 2.1.1 erörtert, gilt als entschei-

dendes Element für die Diagnosestellung der Persönlichkeitsstörung Psychopathy die Anwendung und Auswertung der *Psychopathy-Checklist Revised* nach Hare. Durch die Bewertung 20 verschiedener Items mit einem Punktwert zwischen 0 und 2 resultiert jede Beurteilung eines Patienten in einem Punktwert zwischen 0 und 40. Die Höhe des Wertes korreliert positiv mit dem Ausprägungsgrad psychopathischer Charaktereigenschaften und Verhaltensweisen der untersuchten Person, wobei ab einem gewissen PCL-cutoff-Wert, in Deutschland meist 28, von der Erkrankung Psychopathy gesprochen wird. Da die Diagnosestellung der Psychopathy also von Vorhandensein und Nicht-Vorhandensein 20 verschiedener Merkmale abhängig gemacht wird, ist der Übergang zwischen Nicht-Psychopath und Psychopath fließend. Da man sich auch bei der Planung der vorliegenden Studie dieses fließenden Überganges bewusst war, wurden nur Patienten mit einem Wert ≥ 28 in die Psychopathen- und Patienten mit einem Wert ≤ 12 in die forensische Kontrollgruppe eingeschlossen, während mögliche weitere Probanden, deren PCL-Wert zwischen diesen Werten lag, aus der Studie ausgeschlossen wurden. Dennoch muss bei Betrachtung der Ergebnisse die Möglichkeit in Betracht gezogen werden, dass forensische Patienten mit einem Hare-Wert von 10-12 einen möglicherweise nicht zu unterschätzenden Grad an psychopathischen Merkmalen und Eigenschaften besitzen. Was auch immer die Mehraktivierungen einiger Areale im Gehirn psychopathischer Patienten bei der Bearbeitung von Aufgaben zur Emotionsattribution bewirkt, könnte also bei forensischen Patienten mit einer wesentlich geringeren Ausprägung an psychopathischen Merkmalen und dadurch bedingter Defizite Mehraktivierungen zur Folge haben, die in Anzahl und Ausprägung zwar geringer sind, als die von Psychopathen, höher jedoch als die gesunder Probanden. Dies würde erklären, dass die Psychopathengruppe im Vergleich zur gesunden Kontrollgruppe konstant in mehr Hirnarealen eine Mehraktivierung zeigte als im Vergleich zur forensischen Kontrollgruppe und für diese wiederum nur im Vergleich zur gesunden, nie aber zur psychopathischen Gruppe Mehraktivierungen nachgewiesen werden konnten.

Eine weitere denkbare Begründung für die „Zwischenrolle“ der forensischen Kontrollgruppe ist der schon erwähnte mögliche Einfluss langjährigen Alkohol- und Drogenmissbrauchs. Während Alkohol- und Drogenabusus als Ausschlusskriterien bei der Rekrutierung gesunder Kontrollprobanden galten, war bei allen Probanden der beiden forensischen Gruppen die Diagnose einer Abhängigkeitserkrankung bekannt. Wie bereits

erwähnt gibt es bezüglich der Dauer des Suchtmittelmissbrauchs jedoch einen signifikanten Unterschied zwischen Psychopathen und forensischen Kontrollprobanden. Bei Betrachtung der Ergebnisse wäre es denkbar, dass Alkohol- und Drogenabusus einen nicht zu vernachlässigenden Einfluss auf die neuronalen Verarbeitungsmechanismen der Emotionsattribution haben, dessen Ausprägung mit der Dauer der Abhängigkeit zunimmt und der in einer Steigerung der Hirnaktivität in unterschiedlich vielen Arealen zum Ausdruck kommt. Auch dieser Einfluss würde also erklären, warum Psychopathen in allen Vergleichen eine Mehraktivierung in mehr Arealen zeigten als forensische Kontrollprobanden, während für die gesunde Kontrollgruppe weder im Vergleich zur forensischen Kontroll- noch zur psychopathischen Patientengruppe Mehraktivierungen nachgewiesen werden konnten.

5.2.3 Gruppenvergleiche der fMRT-Daten

Wie in Kapitel 2.1.3 vorgestellt, gibt es eine Reihe an Studien, die die neuronalen Korrelate verschiedener Verarbeitungsprozesse von Psychopathen und Patienten mit antisozialer Persönlichkeitsstörung mit denen von gesunden, beziehungsweise nicht-psychopathischen Kontrollprobanden verglichen. Nachdem vor allem emotionale Dysfunktionen als zentrales Merkmal der Psychopathy betrachtet werden, untersuchten die meisten dieser Studien Prozesse zur Erkennung und Verarbeitung emotionaler Stimuli. Das Hauptaugenmerk dieser Arbeiten lag daher vor allem auf der Interpretation von Arealen, denen eine Rolle in der Verarbeitung und Generierung von Emotionen zugesprochen wird, während die Hirnareale, die kognitiven Verarbeitungsprozessen zugeteilt werden, meist weniger Beachtung fanden. In der vorliegenden Studie wurden erstmals gezielt die neuronalen Korrelate eines kognitiven Verarbeitungsprozesses von psychopathischen Patienten und Kontrollprobanden miteinander verglichen.

5.2.3.1 Neuronale Korrelate der Psychopathengruppe im Vergleich zur gesunden Kontrollgruppe

Mit dem Vergleich *Psychopathen > gesunde Kontrollgruppe* werden zunächst die Ergebnisse der beiden Gruppen betrachtet, die auf neuronaler Ebene die größten

Unterschiede aufweisen. Ein signifikanter Haupteffekt konnte hier im rechten inferioren Parietalcortex, in der linken temporoparietalen Junction (TPJ) und im rechten Praecuneus nachgewiesen werden. Ein Interaktionseffekt fand sich weiterhin im linken Praecuneus. Im folgenden sollen diese Ergebnisse diskutiert werden.

Beide Areale des Parietalcortex, der Praecuneus (BA 7) sowie der inferiore Parietalcortex (BA 40), wurden bisher nicht spezifisch mit der Krankheit Psychopathy in Verbindung gebracht (Kiehl, 2006). Dem inferioren Parietalcortex wird eine Rolle bei der Bearbeitung von Aufgaben mit Anforderungen an Aufmerksamkeit und Arbeitsgedächtnis zugeschrieben (Smith & Jonides, 1998) sowie eine weitere zentrale Rolle beim Prozess der Perspektivenübernahme (Ruby & Decety, 2004; Sommer et al., 2007). In der vorliegenden Studie war es, aufgrund der Ähnlichkeit der einzelnen präsentierten Geschichten, sowohl für die Beantwortung der Emotionsbedingungen als auch für die korrekte Beantwortung der Kontrollbedingung notwendig, den Inhalt der jeweils ersten beiden Bilder aufmerksam zu betrachten und sich diesen zu merken. Obwohl in dieser Studie bewusst ein sehr einfach strukturiertes Paradigma verwendet wurde, ist es denkbar, dass psychopathische Patienten die für sie, im Vergleich zu Kontrollprobanden, höheren Anforderungen an Aufmerksamkeit und Arbeitsgedächtnis mit einem kognitiven Mehraufwand im inferioren Parietalcortex bewerkstelligten. Eine weitere mögliche Erklärung für die Mehraktivierung psychopathischer Patienten im BA 40 ist die Rolle dieses Areals bei der Perspektivenübernahme. Im Vorfeld der Untersuchung wurde nicht erwartet, dass es für die Beantwortung der Frage nach den Gefühlen des Protagonisten notwendig ist, dessen Perspektive einzunehmen. Die Mehraktivierung im inferioren Parietalcortex kann so als Ausdruck dafür angesehen werden, dass sich, entgegen dieser Annahme, Psychopathen eher in die Perspektive des Kindes versetzten, um die Aufgabe zu beantworten, während gesunde Probanden dies über den Abruf sozialen Wissens leisteten.

Eine weitere Rolle wird dem inferioren Parietalcortex innerhalb des *social cognition system* zugeschrieben (Adolphs, 2001; Gobbini, Koralek, Bryan, Montgomery & Haxby, 2007). Die funktionelle Integrität dieses Systems gewährleistet die Erkennung und Aufnahme sozialer Stimuli über temporale Areale, wie STS und Gyrus fusiforme, die kognitive Verarbeitung und Integration dieser Informationen mit weiteren Stimuli wie Emotionen und Motivation durch Amygdala, orbitofrontale, cinguläre und inferiore parietale Cortexareale und, daraus folgend, schließlich die Generierung und Ausführung

sozialen Verhaltens durch Hypothalamus, Basalganglien und Motorcortex (Adolphs, 2001). Verschiedene Studien und Übersichtsartikel zeigen, dass Dysfunktionen besonders in Amygdala, OFC und cingulären Arealen mit den psychopathologischen Merkmalen der Psychopathy in Verbindung gebracht werden können (u.a. Birbaumer et al. 2005; Blair, 2006; Kiehl, 2006; Kiehl et al., 2001). Neben der gestörten Entwicklung von moralischem Empfinden sind dies vor allem dissoziale Verhaltensweisen (Habermeyer & Herpertz, 2006; Hare, 2003), so dass bei psychopathischen Patienten von einem stark beeinträchtigten *social cognition system* ausgegangen werden kann. Für das neuronale Verhalten des inferioren Parietalcortex als Teil des *social cognition systems* ist als Korrelat dieser Beeinträchtigung so einerseits eine Minderaktivierung denkbar, während andererseits auch eine Mehraktivierung, ebenso wie in der vorliegenden Studie, vorstellbar ist - möglicherweise um Defizite in Amygdala oder OFC teilweise kompensieren zu können.

Als weiteres Areal des Parietalcortex fand sich im Vergleich *Psychopathen > gesunde Kontrollgruppe* eine signifikante Mehraktivierung im Praecuneus (BA 7). Der Haupteffekt, der sich im posterioren Teil des Praecuneus der rechten Hemisphäre zeigte, fand sich bei der Betrachtung aller Bedingungen mit Ausnahme der wunschinkongruenten Situation wieder, während sich der Interaktionseffekt im weiter anterior gelegenen Teil des linken Praecuneus (BA 7/31) für beide Mentalisierungsbedingungen zusammen und jede Emotionsbedingung einzeln nachweisen ließ. Ebenso wie der inferiore Parietalcortex fand auch der posteromediale Parietalcortex bisher keine spezielle Erwähnung in bildgebenden Studien mit psychopathischen Patienten. Durch eine Reihe an Studien mit gesunden Probanden gilt der Praecuneus heute als essentiell für die Verarbeitung eines weiten Spektrums an kognitiven Anforderungen. Die Verbindungen zu anderen Hirnarealen sind ausgeprägt und involvieren höhere Assoziationscortices ebenso wie subkortikale Strukturen. Zu der Vielzahl an kognitiven Prozessen, für die dem Praecuneus eine relevante Rolle zugesprochen wird, zählen besonders der episodische Gedächtnisabruf, visuo-räumliche Vorstellung sowie Bewusstsein und Verarbeitung der eigenen Rolle (Cavanna & Trimble, 2006). Vor allem mit dem zuletzt erwähnten Punkt gewinnt der Praecuneus Bedeutung im Prozess der Theory of Mind. Nur durch Bewusstsein der Perspektive der eigenen Person und der Abgrenzung dieser zur Perspektive anderer Personen, können Handlungen, Eigenschaften und Emotionen der eigenen oder einer dritten Person zugeschrieben werden. Weiterhin kann nur durch das Bewusstsein der eigenen

Perspektive erkannt werden, dass sich die mentalen Zustände anderer Personen von den eigenen unterscheiden (Ochsner et al., 2004; Sommer et al., 2007). Dies gilt für die ToM-Untergruppen der *belief*- und Intentionsattribution (den Ouden, Frith, Frith & Blakemore, 2005; Saxe & Kanwisher, 2003; Sommer, 2007) ebenso wie für die Zuschreibung von Emotionen (Ochsner et al., 2004; Ruby & Decety, 2004).

Die Mehraktivierung psychopathischer Patienten im Vergleich zu gesunden Kontrollprobanden zeigte möglicherweise, ähnlich wie die Mehraktivierung im inferioren Parietalcortex, dass die Aufgabe für Psychopathen eine höhere kognitive Anforderung darstellte, als dies für Gesunde der Fall war. Wie auch schon bei der Diskussion der Rolle des inferioren Parietalcortex erwähnt, war bei der Erstellung des Paradigmas erwartet worden, dass die Aufgabe durch den Abruf sozialen Wissens beantwortet wird. Dennoch ist es denkbar, dass die Mehraktivierung im Praecuneus Ausdruck dafür ist, dass Psychopathen, im Gegensatz zu Gesunden, bei der Verarbeitung der Bildergeschichte die eigene Perspektive von der des gezeigten Kindes abgrenzen mussten, um dem Kind dann eine Emotion zuzuschreiben. Die internale Repräsentation des mentalen Zustandes einer anderen Person wird dabei nach Cavanna & Trimble (2006) vor allem dem anterioren Teil des Praecuneus zugeschrieben, für den in der vorliegenden Studie in beiden Emotionsbedingungen eine Mehraktivierung aufgezeigt werden konnte.

Der Haupteffekt, der in der temporoparietale Junction (BA 22/39/40) nachgewiesen werden konnte, ließ sich auf eine Mehraktivierung der Psychopathen im Vergleich zur gesunden Kontrollgruppe unabhängig von der bearbeiteten Bedingung zurückführen. Im Gegensatz zu parietalen Hirnarealen wurden Areale des Temporalcortex bereits in mehreren Studien mit psychopathischen Patienten, sowohl mit struktureller als auch mit funktioneller Bildgebung, erwähnt. Eine Mehraktivierung in (fronto-) temporalen Arealen bei Psychopathen im Vergleich zu gesunden Kontrollprobanden fanden Intrator et al. (1997), Kiehl et al. (2001) und Müller et al. (2003), die in ihren Studien die Verarbeitung affektiver Stimuli untersuchten. Während die gefundene Aktivierung im superioren temporalen Gyrus bei Müller et al. (2003) mit dem Ergebnis der vorliegenden Studie übereinstimmt, trifft dies jedoch nicht für das bei Kiehl et al. (2001) beschriebene Areal zu. Intrator et al. (1997) machen zwar keine detaillierten Angaben über die Areale, für die ein gesteigerter Blutfluss nachgewiesen werden konnte, aber auch hier scheint das temporale Areal nicht direkt mit der TPJ aus den Ergebnissen der vorliegenden Studie

übereinzustimmen. Aufgrund der eher geringen Anzahl an Studien mit psychopathischen Patienten sollen die Arbeiten von Intrator et al. (1997) und Kiehl et al. (2001) an dieser Stelle dennoch kurz betrachtet werden. Wie bereits im einleitenden Teil dieses Kapitels erwähnt, lag der Schwerpunkt von Studien mit emotionalen Stimuli meist auch auf der Interpretation von Arealen, die für Emotionsverarbeitung und Generierung von Emotionen verantwortlich gemacht werden. Die Mehraktivierung in fronto-temporalen Arealen, die bei Psychopathen während der Verarbeitung emotionaler Stimuli nachgewiesen werden konnte, wurde von Intrator et al. (1997) und Kiehl et al. (2001) als kompensatorische Mehraktivierung in kognitiven Arealen interpretiert. Kiehl fand bei Psychopathen im Vergleich zu gesunden Probanden eine signifikante Minderaktivierung in limbischen Arealen – ein Ergebnis, das auch in anderen Studien als essentielles neuronales Korrelat der schweren emotionalen Dysfunktion psychopathischer Patienten betrachtet wurde. Die beeinträchtigte Funktion des limbischen Systems zwingt Psychopathen so, durch die zusätzliche Rekrutierung kognitiver, außerhalb des limbischen Systems liegender Areale, die Verarbeitung affektiver Stimuli zu bewerkstelligen.

Mehr als den beiden bisher beschriebenen Arealen wird der temporoparietalen Junction eine spezifische Rolle für den Prozess der Theory of Mind zugeschrieben. Studien sowohl zur *belief*- und Intentionsattribution (Castelli et al., 2000; Saxe & Kanwisher, 2003; Sommer et al., 2007) als auch zur Emotionsattribution (Völlm et al., 2006) lassen dabei auf eine Beteiligung beim Prozess des Mentalisierens an sich schließen. Von einer Rolle speziell bei der Zuschreibung von Emotionen ist nicht auszugehen. Laut Aichhorn et al. (2008) gilt besonders die linke temporoparietale Junction als zentrales Areal für das Einschätzen von unterschiedlichen Perspektiven. Mehr noch als die Mehraktivierung im anterioren Teil des Praecuneus kann also auch die Mehraktivierung in der linken TPJ als Hinweis darauf gesehen werden, dass Psychopathen den Unterschied der eigenen Perspektive zu der des Kindes repräsentierten. Weniger zu der Theorie passt an dieser Stelle jedoch die Tatsache, dass die Mehraktivierung in der TPJ nur bei Betrachtung aller Bedingungen gemeinsam, nicht jedoch für die beiden Emotionsbedingungen einzeln nachgewiesen werden konnte. Wie oben vorgestellt, galt die temporale Mehraktivierung bei Intrator et al. (1997) und Kiehl et al. (2001) als kompensatorische Rekrutierung kognitiver Areale. Da es sich bei dem in der vorliegenden Studie verwendeten Paradigma jedoch nicht um affektives Stimulusmaterial handelte und auch

bei Gesunden erwartungsgemäß keine Aktivierung in klassischen Emotionsarealen nachgewiesen wurde, ist nicht davon auszugehen, dass es sich bei der hier gefundenen Mehraktivierung in der TPJ um die Kompensation von Dysfunktionen anderer Areale handelt.

Erwähnt seien an dieser Stelle noch drei Studien mit struktureller Bildgebung, die für psychopathische Patienten im Vergleich zu gesunden Probanden eine signifikante Volumenminderung in temporalen Arealen nachweisen konnten (Barkataki et al., 2006; Dolan et al., 2002; Müller et al., 2007). Während Müller et al. (2007) ein reduziertes Volumen speziell um die Temporalpole aufzeigen konnten, berichteten die beiden anderen Studien über eine generelle Volumenminderung des Temporallappens, ohne dabei einzelne Strukturen voneinander zu unterscheiden. Vor allem in Verbindung mit strukturellen und funktionellen Abweichungen im Frontalcortex und in limbischen Arealen wie der Amygdala, werden Anomalien im Temporalcortex verantwortlich gemacht für die zentralen Beeinträchtigungen psychopathischer Patienten besonders bei der Verarbeitung emotionaler Stimuli (Kiehl, 2006; Müller et al., 2007). Auch wenn eine Reduktion des Volumens des Temporallappens nicht konsistent in Studien mit psychopathischen Patienten nachgewiesen werden konnte, ist es doch denkbar, dass in der vorliegenden Studie eine möglicherweise auch geringe Volumenminderung durch Mehraktivierung in funktionell intakten Teilbereichen des Temporallappens kompensiert wurde.

Ein weiteres Ergebnis aus dem Vergleich *Psychopathen > gesunde Kontrollgruppe*, auf das ebenfalls näher eingegangen werden soll, ist die Mehraktivierung im anterioren cingulären Cortex (ACC) (BA 32) während der Bearbeitung der wunschinkongruenten Bedingung. Durch Ergebnisse aus Läsionsstudien und Studien mit funktioneller Bildgebung wurden Dysfunktionen innerhalb dieses Areals bereits mit dem Krankheitsbild der Psychopathy in Verbindung gebracht (Kiehl, 2006). Ebenso wie in anderen Arealen des limbischen Systems konnte in einigen Studien zur aversiven Konditionierung und Verarbeitung affektiver Stimuli eine Minderaktivierung im anterioren Cingulum bei psychopathischen Patienten im Vergleich zu gesunden Probanden nachgewiesen werden (Birbaumer et al., 2005; Kiehl et al., 2001; Müller et al., 2003). Eine Mehraktivierung in diesem Areal konnte für Psychopathen bisher nicht aufgezeigt werden.

Während der ACC seit langer Zeit zum limbischen System und, vor allem auf der Basis von Läsionsstudien, zu den klassischen affektiven Arealen des Gehirns gezählt wird, kann ihm seit der Durchführung von Studien mit bildgebenden Verfahren darüber

hinaus auch eine bedeutende Rolle in kognitiven Verarbeitungsprozessen zugeschrieben werden (Bush, Luu & Posner, 2000). Eine zentrale Erkenntnis aus diesen Studien ist die Unterscheidung von zwei Untereinheiten innerhalb des anterioren Cingulums – ein kognitiver Anteil im dorsalen Areal sowie ein affektiver Anteil, der sich im rostralen Part des ACC befindet. Die in der vorliegenden Studie gefundene Mehraktivierung bei Psychopathen für beide Emotionsbedingungen zusammen sowie für die wunschinkongruente Bedingung allein lässt sich dem rostralen, affektiven Anteil des anterioren Cingulums zuordnen (rACC). Neben der Involvierung dieses rostralen Parts in den Prozess der Einschätzung affektiver Informationen und die Generierung und Regulation einer emotionalen Reaktion, wird ihm weiterhin eine wichtige Rolle bei Aufgaben zugeschrieben, die eine kognitive Verarbeitung bei der Verwendung emotionaler Stimuli fordern (Mohanty et al., 2007). Wie bereits erwähnt, wurde in der vorliegenden Studie ein sehr einfach strukturiertes Paradigma verwendet, in dem beispielsweise auf die Darstellung emotionaler Gesichtsausdrücke verzichtet wurde. Denkbar wäre daher vielleicht, dass psychopathische Patienten sich vor allem die negativen Gesichtsausdrücke in der wunschinkongruenten Bedingung vorstellten und es während der Verarbeitung dieser so zu einer Mehraktivierung im rACC kam.

Ein anderer Ansatz für die gefundene Mehraktivierung bei Psychopathen im rostralen anterioren Cingulum ist die Involvierung dieses Areals in das sogenannte *default mode* Netzwerk. Bei der Diskussion der Rolle des medialen Präfrontalcortex im nachstehenden Kapitel soll darauf näher eingegangen werden.

5.2.3.2 Neuronale Korrelate der Psychopathengruppe im Vergleich zur forensischen Kontrollgruppe

Im Folgenden werden weiter die Ergebnisse aus dem Vergleich *Psychopathen > forensische Kontrollgruppe* betrachtet. Wie bereits ausführlich erläutert, ist es durch die Rekrutierung der zusätzlichen Kontrollgruppe gelungen, mögliche Einflussfaktoren auf den in der vorliegenden Studie untersuchten, neuronalen Verarbeitungsprozess zu eliminieren, beziehungsweise die Lebensumstände und Lebensgewohnheiten der beiden Gruppen PP und FK einander stark anzugleichen. Den Ergebnissen aus diesem Gruppenvergleich kommt im Hinblick auf die neuronalen Korrelate der Psychopathy daher

nochmals eine besondere Bedeutung zu. Sowohl ein Haupt- als auch ein Interaktionseffekt ließ sich auf den Vergleich *Psychopathen* > *forensische Kontrollgruppe* zurückführen. Der Haupteffekt im fusiformen Areal fand sich bei der Bearbeitung des Paradigmas unabhängig von der gezeigten Bedingung sowie bei beiden Emotionsbedingungen zusammen wieder. Der Interaktionseffekt im medialen präfrontalen Cortex ließ sich für die Bearbeitung der wunschinkongruenten Bedingung innerhalb dieses Gruppenvergleichs nachweisen. Im folgenden Kapitel soll die Bedeutung der Mehraktivierung dieser beiden Areale bei psychopathischen Patienten diskutiert werden.

Das fusiforme Areal (BA 18) wurde bislang nicht spezifisch mit der Krankheit der Psychopathy in Verbindung gebracht. Deeley et al. (2006) untersuchten in ihrer Studie die neuronalen Korrelate der Verarbeitung emotionaler Gesichtsausdrücke und konnten bei psychopathischen Patienten eine Minderaktivierung im fusiformen Cortex, vor allem bei der Verarbeitung negativer Gesichtsausdrücke, nachweisen. Eine Mehraktivierung im BA 18 fand sich in der Studie von Müller et al. (2003) bei der Betrachtung von positiven Bildern.

Das fusiforme Areal als Teil des extrastriären Cortex kann allgemein mit der Verarbeitung von visuellem Stimulusmaterial in Verbindung gebracht werden, ohne dass ihm dabei zunächst eine spezifische Rolle bei der Attribution mentaler Zustände zukommt (Völlm et al., 2006). Besondere Bedeutung hingegen wird ihm bei der Wahrnehmung und Interpretation emotionaler Gesichtsausdrücke zugeschrieben (Deeley et al., 2006; Kanwisher, Dermott & Chun, 1997; Schultz et al., 2003), wobei Schultz et al. (2003) zeigen konnten, dass die zentrale Funktion des fusiformen Areals noch über dies hinaus geht. Wie zuvor bereits Castelli et al. (2000) fanden sie eine Aktivierung im fusiformen Areal auch während der Bearbeitung einer Aufgabe, bei der die Bewegungen von zwei, beziehungsweise drei geometrischen Figuren als soziale Interaktion betrachtet und interpretiert werden sollten. So scheint das fusiforme Areal nicht nur an der Verarbeitung von Gesichtern, sondern an der Verarbeitung und dem Verständnis sozialer Informationen an sich beteiligt zu sein. Die Verarbeitung von Gesichtern spielt hierbei weiterhin eine zentrale Rolle: im Laufe des Lebens findet sich eine ständige Wiederholung perzeptueller Erfahrungen mit Menschen und deren Gesichtsausdrücken in sozialen Situationen und in der sozialer Interaktion. Diese Erfahrungen bahnen die Art der Informationen, die schließ-

lich im fusiformen Areal verarbeitet werden – Informationen über Menschen in sozialen Interaktionen (Schultz et al., 2003).

Für die in der vorliegenden Studie geforderte Beantwortung der Frage nach den Emotionen des Protagonisten war der Abruf von sozialem Wissen erwartet worden. Die bei Psychopathen nachgewiesene Mehraktivierung im fusiformen Areal kann so erneut als Hinweis interpretiert werden, dass die hier zu bearbeitende Aufgabe für psychopathische Patienten eine höhere kognitive Anforderung darstellte als dies für gesunde Probanden der Fall war und so durch eine Mehraktivierung kognitiver Ressourcen bewerkstelligt wurde. Betont sei hierbei nochmals die Tatsache, dass die adäquate Verarbeitung von sozialen Informationen im fusiformen Areal darauf zurück geht, dass im Laufe des Lebens zahlreiche Informationen über erlebte und beobachtete soziale Interaktionen gesammelt wurden. Schwerwiegende Beeinträchtigungen in der richtigen Interpretation und dem Verständnis vor allem negativer affektiver Gesichtsausdrücke gelten als eine der zentralen Ursachen für die Entwicklung des Krankheitsbildes der Psychopathy (u.a. Blair, 1995; Blair, 2003; Deeley et al., 2006). So ist es gut vorstellbar, dass psychopathische Patienten aufgrund dieser Beeinträchtigung weniger Informationen oder zumindest weniger adäquate Informationen über Menschen in sozialen Interaktionen abgespeichert haben als Nicht-Psychopathen. Die richtige Interpretation einer wie hier präsentierten, wenig komplexen sozialen Situation kann durch einen gewissen Mehraufwand jedoch gewährleistet werden.

Als vielleicht interessantestes Ergebnis der vorliegenden Studie kann die bei Psychopathen während der Bearbeitung der wunschinkongruenten Bedingung nachgewiesene Mehraktivierung im medialen Präfrontalcortex betrachtet werden. Sowohl bei den neuronalen Korrelaten der Psychopathy als auch der ToM stehen präfrontale Areale im Mittelpunkt des Interesses. Basierend auf dem berühmten Fall des Phineas Gage, der sich in Folge einer frontalen Kopfverletzung von einem pflichtbewussten, sozial gut integrierten Menschen zu einem unberechenbaren und verantwortungslosen Charakter entwickelt hatte, wurde der Präfrontalcortex (PFC) als erstes Areal mit dem psycho-pathologischen Bild der Psychopathy in Verbindung gebracht (Damasio et al., 1994; Harlow, 1868; Kiehl, 2006). Besonders sehr früh im Leben stattgefundene Schädigungen des frontalen Cortex werden mit der Entwicklung einer Persönlichkeitsstruktur assoziiert, die charakterisiert ist durch ausgeprägte deviante und delinquente Verhaltensweisen und die somit

einige der zentralen Merkmale des Vollbildes der Krankheit Psychopathy erfüllt (Anderson, Bechara, Damasio, Tranel, & Damasio, 1999). Weitere Hinweise auf die Involvement des Präfrontalcortex in diese tiefgreifende Persönlichkeitsstörung lieferten Studien sowohl mit struktureller als auch funktioneller Bildgebung. Eine signifikante Volumenminderung des präfrontalen Cortex bei psychopathischen Patienten konnte in mehreren Studien nachgewiesen werden (Müller et al., 2007; Raine et al., 2000, Yang et al., 2005), wobei sich auch dieses Ergebnis nicht konsistent bestätigen ließ (Barkataki et al., 2006; Dolan et al., 2002). Auch bei den Ergebnissen aus Studien mit funktioneller Bildgebung sei die Heterogenität dieser betont, die eine konkrete Aussage über die Art der Dysfunktionalität des Präfrontalcortex bei Psychopathen (noch) nicht möglich macht. Festzuhalten ist hier jedoch, dass in sehr unterschiedlichen Studien, von der Verarbeitung emotionaler Stimuli (Kiehl et al., 2001; Intrator et al., 1997; Müller et al., 2003) über die Interaktion von Emotion und Kognition (Müller et al., 2008) bis hin zur klassischen Konditionierung (u.a. Birbaumer et al., 2005; Schneider et al., 2000), bei Psychopathen immer wieder Abweichungen in Form von sowohl Mehr- als auch Minderaktivierungen in verschiedenen Teilbereichen des präfrontalen Cortex nachgewiesen werden konnten.

Ebenfalls eine zentrale Rolle wird dem PFC bei den neuronalen Korrelaten der Theory of Mind zugeschrieben. In Kapitel 2.2.3.1 wurden zahlreiche Studien mit verschiedenen Paradigmen zu *belief*- und Intentionsattribution genannt, auf deren Ergebnissen diese Erkenntnis gründet. Auch bei den Studien zur Emotionsattribution, die im Theorieteil der Arbeit näher erläutert wurden, ließ sich als einzig konsistentes Ergebnis in allen fünf Studien eine Aktivierung in Teilbereichen des präfrontalen Cortex nachweisen. Innerhalb des kognitiven Prozesses der Theory of Mind ist es speziell der Vorgang des *decoupling*, der mit diesem Areal in Verbindung gebracht wird (Frith & Frith, 2003; Gallagher & Frith, 2003). Als einen der zentralen Schritte bei der Entwicklung der ToM bei Kleinkindern beschrieb Leslie (1987) das Verständnis von *pretend play*, das heißt, das Verständnis darüber, dass sich im Spiel mit einem Gegenstand oftmals eine andere Bedeutung dieses Gegenstandes vorgestellt wird. Warum sich ihr Gegenüber im Spiel beispielsweise eine Banane ans Ohr hält, können Kinder bereits im Alter von etwa 18 Monaten durch die Repräsentation der Gedanken ihres Spielpartners verstehen, ohne über die eigentliche Bedeutung und Verwendung einer Banane verwirrt zu sein. Den hier zugrunde liegenden kognitiven Prozess nannte Leslie (1987) *decoupling* – die Fähigkeit zur

Repräsentation der Realität entkoppelt von den Gedanken einer Person über diese Realität. Essentiell für das Verständnis einer ToM-Aufgabe und die richtige Beurteilung des mentalen Zustandes beobachteter Personen wird der Prozess des *decoupling* dann, wenn, wie in *false-belief* Aufgaben, Realität und Gedanken über die Realität nicht übereinstimmen. Im vorliegenden Paradigma trifft dies, wie bereits erwähnt, für die wunschinkongruente Situation zu. Wird die Realität („Anna rollt die Ente zu Marie“) getrennt von der Intention des Protagonisten („Anna will die Ente zu Tim rollen“) betrachtet und verarbeitet, kann diesem, basierend auf der Diskrepanz zwischen Realität und Intention, die richtige (negative) Emotion zugeschrieben werden.

Als Teil des *social cognition* Netzwerks geht die Rolle des mPFC noch über diese konkrete Rolle im Rahmen der ToM hinaus. Amodio und Frith (2006) teilten den medialen präfrontalen Cortex in drei funktionelle Untereinheiten ein, wobei das BA 10, in dem in der vorliegenden Studie eine Aktivierung nachgewiesen wurde, dem anterioren rostralen mPFC (ar-mPFC) zuzuordnen ist. Innerhalb des fronto-temporalen *social cognition* Netzwerks gilt der mediale Präfrontalcortex als essentiell für jene kognitiven Prozesse, die dem Menschen, mehr als jedem anderen Lebewesen, die Fähigkeit zur sozialen Interaktion vermitteln. Drei hierbei besonders wichtige Items werden dem ar-mPFC zugeschrieben: die Selbsterkenntnis, inklusive der Fähigkeit das eigene Selbst gegenüber Anderen abgrenzen und Eigenschaften und Vorzüge als sich selbst betreffend erkennen zu können, die Wahrnehmung anderer Personen und deren Wesen sowie die Fähigkeit Wissen, Pläne und Gefühle anderer Personen als unabhängig erkennen und diese repräsentieren zu können, das heißt, die Fähigkeit zu Mentalisieren. Zusammenfassend kamen Amodio und Frith (2006) in ihrem Übersichts-Artikel zu dem Schluss, dass eine Aktivierung im anterioren mPFC bei Aufgaben nachgewiesen werden konnte, die eine Reflektion über Eigenschaften und mentale Zustände erforderten, unabhängig davon ob diese die eigene oder eine dritte Person betrafen sowie unabhängig davon ob dies in Bezug auf die Wesensart oder mentale Zustände stattfand.

Wiederum über diese genannten Funktionen des anterioren mPFC hinaus, gehen die Prozesse, die Gilbert et al. (2006) dem BA 10 auf der Grundlage ihrer Meta-Analyse zuschreiben konnten, in der mehr als hundert bildgebende Studien mit Aktivierungen in diesem Areal betrachtet wurden. Eine Aktivierung im BA 10 zeigte sich demnach, neben der Verarbeitung innerer Zustände, auch bei der Bearbeitung einer Vielzahl an weiteren

kognitiven Aufgaben wie dem Gedächtnisabruf, der Wahrnehmung, der Auf- und Neuzuteilung von Aufmerksamkeit und der Integration von Ergebnissen aus zwei oder mehr zunächst getrennten kognitiven Verarbeitungsprozessen (Gilbert et al., 2006, Ramnani & Owen, 2004). Christoff, Ream, Geddes und Gabrieli (2003) beschrieben das BA 10 als spezialisiert für die Verarbeitung selbst-generierter Informationen – eine Schlussfolgerung die auch bei der Betrachtung der Ausführungen von Amodio und Frith (2006) gezogen werden kann. Eine Aktivierung im BA 10 konnte jedoch auch in Studien nachgewiesen werden, die die Wahrnehmung und Verarbeitung externer Stimuli erforderten (Gilbert, Frith & Burgess, 2005; Small et al, 2003). Zusammenfassend kann der anteriore mPFC daher als Areal beschrieben werden, das die Ausgewogenheit der Aufmerksamkeit auf selbst-generierte Stimuli einerseits und wahrgenommene externe Stimuli andererseits beeinflusst und die integrative Verarbeitung dieser Informationen gewährleistet (Gilbert et al., 2006, Ramnani & Owen, 2004). Als weiteres wichtiges Ergebnis ihrer Meta-Analyse konnten Gilbert et al. (2006) eine funktionelle Spezialisierung innerhalb des BA 10 nachweisen. Während die Verarbeitung rein kognitiver Anforderungen, wie Gedächtnisabruf, im lateralen Teil des anterioren mPFC lokalisiert ist, findet im medialen Anteil, in dem auch in der vorliegenden Studie eine Aktivierung nachgewiesen wurde, die Bearbeitung von ToM-Aufgaben statt, vor allem wenn diese einen emotionalen Kontext beinhalten (u.a. Ochsner et al., 2004, Ruby & Decety, 2004, Saxe & Kanwisher, 2003).

Will man die in der vorliegenden Studie gefundene Mehraktivierung bei Psychopathen nun vor dem Hintergrund dieser Erkenntnisse und Annahmen über die Funktionen des anterioren medialen Präfrontalcortex erklären, sind verschiedene Ansätze denkbar. Ihnen gemein ist jedoch die Vermutung, dass es sich um eine zusätzliche kognitive oder kompensatorische Mehraktivierung handelt, die die korrekte Bearbeitung des Paradigmas schließlich ermöglicht. Im Rahmen der ToM gilt der mPFC besonders als zuständig für das *decoupling*. Die Mehraktivierung bei Psychopathen wurde während der Bearbeitung der wunschkongruenten Bedingung nachgewiesen, das heißt, während der Bedingung, die auch ein *decoupling* erforderte. Die kognitive Anforderung, die die getrennte Verarbeitung von Realität und mentalem Zustand bei dem hier verwendeten Paradigma stellte, ist im Vergleich zum Beispiel zu *second-order false belief*-Aufgaben sicher auf einem niedrigeren Niveau anzusiedeln. Denkbar ist, dass Psychopathen diesen Teilprozess innerhalb der ToM, besonders in solch einfachem Kontext, zwar fehlerfrei durch-

führen können, dafür aber bereits mehr kognitive Ressourcen benötigen als Gesunde. Angemerkt sei hier jedoch, dass auch bei komplexeren Aufgaben zur ToM bei Psychopathen auf Verhaltensebene bisher keine Beeinträchtigungen nachgewiesen werden konnten (Dolan & Fullam, 2004).

Schwerwiegende Beeinträchtigungen in der sozialen Interaktion hingegen gelten als zentrales Merkmal der Psychopathy (u.a. Blair et al., 2002; Habermeyer & Herpertz, 2006; Walter, 2005), so dass auf diesem Hintergrund eine funktionelle Störung des *social cognition* Netzwerk nach Amodio und Frith (2006) bei Psychopathen sehr gut vorstellbar ist. Zwei Erklärungen für die Mehraktivierung sind hierbei denkbar. Zum einen ist es möglich, dass, wie dies bereits bei der Diskussion der linken TPJ und des anterioren Praecuneus in Betracht gezogen worden war, Psychopathen die eigene Perspektive eher von der des Kindes abgrenzen mussten, um eine Emotion zu attribuieren. Während dieser Prozess bei Psychopathen zu einer Mehraktivierung im dafür zuständigen anterioren mPFC führte, bewerkstelligten Nicht-Psychopathen die Aufgabe vor allem durch den Abruf von Emotionswissen. Zum anderen sei bedacht, dass es sich beim *social cognition* Netzwerk um ein System aus mehreren fronto-temporalen Arealen handelt und dass davon ausgegangen werden kann, dass in solch einem dynamischen Netzwerk bei partiellen Ausfällen oder Beeinträchtigungen auch immer Kompensationsmechanismen zur Verfügung stehen (Schultz et al., 2003). Vorstellbar als beeinträchtigte Anteile im *social cognition* Netzwerk bei Psychopathen sind, neben temporalen Arealen, die für eher generelle kognitive Prozesse bei der Verarbeitung sozialer Interaktionen verantwortlich gemacht werden (Amodio & Frith, 2006), vor allem andere Teilbereiche des mPFC. Dem OFC wird eine zentrale Rolle beispielsweise bei der Wahrnehmung von Handlungsfolgen und der Beurteilung dieser als Belohnung oder Bestrafung für den Handelnden zugeschrieben (Amodio & Frith, 2006). Dysfunktionen im OFC bei psychopathischen Patienten konnten bereits in mehreren Studien nachgewiesen werden und auch der Prozess der adäquaten Beurteilung von Handlungsfolgen gilt bei diesen als beeinträchtigt. Auch wenn bei der vorliegenden Studie keine abweichenden Aktivierungsmuster im OFC bei Psychopathen gefunden wurden, ermöglichte es die Mehraktivierung im funktionell intakten anterioren mPFC vielleicht dennoch eine subtile Dysfunktion im OFC oder in (mehreren) anderen Bereichen des *social cognition* Netzwerks zu kompensieren.

Vor dem Hintergrund der Ergebnisse aus der Meta-Analyse von Gilbert et al. (2006) kann die Mehraktivierung im medialen BA 10 einerseits dahingehend interpretiert werden, dass, wie dies auch bei der Diskussion anderer Areale in Erwägung gezogen wurde, die Aufgabe an sich, mit Anforderungen zum Beispiel an Aufmerksamkeit und Gedächtnis, für Psychopathen eine höhere kognitive Anforderung darstellte als für Nicht-Psychopathen. Andererseits kann jedoch, mit Betonung des medialen Teils des BA 10, auch vermutet werden, dass Psychopathen bei der wunschinkongruenten Attributionsbedingung genau das Areal mehr aktivierten, dass für die Bearbeitung von ToM-Aufgaben mit emotionalem Kontext zuständig ist.

Ein weiterer Erklärungsansatz für die Mehraktivierung im medialen PFC sowie auch im rostralen ACC basiert darauf, dass beide Areale dem sogenannten *default mode* Netzwerk zugeschrieben werden. Dieses Netzwerk umfasst eine Gruppe frontaler und parietaler Hirnareale, die in der Ruhebedingung (*baseline*) eine höhere neuronale Aktivität aufweisen als während der Verarbeitung kognitiver Aufgaben (Gusnard, Akbudak, Shulman & Raichle, 2001; Greicius, Krasnow, Reiss & Menon, 2003). Die zentrale Funktion dieser Areale ist die Verarbeitung von selbst-generierten Stimuli wie Tagträumen, Zukunftsvisionen, persönlichen Erinnerungen und Gedanken über die inneren Zustände anderer Personen (Bruckner, Andrews-Hanna & Schacter, 2008). Bei kognitiven Anforderungen, die die Fokussierung und Verarbeitung externer Stimuli fordern, wird diese gewissermaßen automatisch ablaufende Aktivität gehemmt und vermindert, während andere Areale aktiv werden (Greicius et al., 2003). In der vorliegenden Studie stellte die Bearbeitung der wunschinkongruenten Situation die höchste kognitive Anforderung dar. Es ist denkbar, dass, bei Bearbeitung des Paradigmas durch Abruf von sozialem Wissen, ein funktionell intaktes *default mode* Netzwerk an dieser Stelle am deutlichsten gehemmt wurde und im Gegenzug Areale aktiviert wurden, die für den Wissensabruf zuständig waren. Vor diesem Hintergrund können die Mehraktivierungen im mPFC und rostralen ACC, die beide während der wunschinkongruenten Bedingung bei Psychopathen nachgewiesen wurden, also als fehlende oder, im Vergleich zu Nicht-Psychopathen, als verminderte Deaktivierung gewertet werden. Eine erste Erklärung hierfür ist, dass Psychopathen im Gegensatz zu Nicht-Psychopathen, die Frage nach der Emotion des Protagonisten nicht, oder zumindest nicht ausschließlich durch den Abruf von sozialem Wissen beantworteten. Nach Gusnard et al. (2001) lässt sich eine echte

Mehraktivierung im mPFC auf die introspektive Verarbeitung sowohl Stimulus-unabhängiger als auch Stimulus-abhängiger, beobachteter sozialer Beziehungen und Interaktionen zurückführen. Die Mehraktivierung im mPFC kann also bedeuten, dass Psychopathen sich im Gegensatz zu Nicht-Psychopathen zum Beispiel in die Lage des Kindes hineinversetzen und/oder die eigene Perspektive von der des Kindes abgrenzen mussten, um vor allem die wunschkongruente Bedingung richtig zu beurteilen. Die Verarbeitung dieser selbst-generierten Informationen führte zu einer Mehraktivierung, beziehungsweise einer ausbleibenden Minderaktivierung im mPFC.

Während die Erkrankungen Autismus, Schizophrenie und Depression schon im Zusammenhang mit einer Dysfunktion innerhalb des *default mode* Netzwerks genannt wurden, finden sich bisher keine Theorien zur Beeinträchtigung des Netzwerks im Rahmen der Psychopathy (Broyd et al., 2009; Bruckner, Andrews-Hanna & Schacter, 2008). Vorstellbar ist dies jedoch, wenn man die Bedeutung der Funktionen des Netzwerks sowie die charakteristischen Merkmale der Psychopathy betrachtet. Das *default mode* Netzwerk gewährleistet die Verarbeitung und ständige Aktualisierung von sozialen Beziehungen und deren Bedeutung sowie die richtige Einschätzung der eigenen Person und Möglichkeiten. Nur durch die funktionelle Integrität dieses Systems kann ein Leben in der sozialen Gesellschaft gelingen (Bruckner, Andrews-Hanna & Schacter, 2008; Klin, Jones, Schultz & Volkmar, 2003). Etliche Merkmale der Psychopathy, wie die Unfähigkeit andauernde Beziehungen zu führen, der Mangel an realistischen Zukunftsplänen, die Neigung zur Selbstüberschätzung, das Unvermögen Empathie zu empfinden und die Unfähigkeit aus Erfahrungen zu lernen, lassen stark vermuten, dass Psychopathen bei der Verarbeitung selbst-generierter Informationen beeinträchtigt sind. Eine zweite Möglichkeit ist daher, die fehlende Minderaktivierung im rostralen ACC und mPFC als unspezifisches Korrelat einer Dysfunktion im *default mode* Netzwerk bei psychopathischen Patienten zu interpretieren.

5.3 Zusammenfassung und Ausblick

In der vorliegenden Studie wurde erstmals mit Hilfe funktioneller Bildgebung untersucht, ob psychopathische Patienten im Vergleich zu Nicht-Psychopathen beim kognitiven Prozess der Emotionsattribution abweichende neuronale Aktivierungsmuster aufweisen. Als

allgemeines Ergebnis der Arbeit kann festgehalten werden, dass Unterschiede auf neuronaler Ebene zwischen Psychopathen und Nicht-Psychopathen, die bisher vor allem bei Studien mit der Verwendung von affektivem Stimulusmaterial beschrieben worden waren, auch bei der Emotionsattribution, einer Subkomponente der Theory of Mind, nachgewiesen werden konnten. Im Theorieteil wurden drei Studien zu ToM und Psychopathy vorgestellt, die auf der Grundlage ihrer Verhaltensdaten zu dem Schluss kamen, dass bei Psychopathen nicht von einem beeinträchtigten Prozess der ToM ausgegangen werden kann (Blair et al., 1995; Blair et al., 1996; Dolan und Fullam, 2004). Wie in Kapitel 2.3 erläutert, liefern zwei der Studien trotz dieser Schlussfolgerung bereits erste Hinweise auf Schwierigkeiten bei der Zuschreibung von Emotionen (Blair et al., 1995; Dolan und Fullam, 2004).

Auch wenn sich in der vorliegenden Studie deutliche Unterschiede in der neuronalen Aktivität zwischen den Versuchspersonengruppen zeigten, kann aus den hier gefundenen Ergebnissen dennoch nicht sicher auf eine beeinträchtigte Fähigkeit zu Mentalisieren oder auf eine Dysfunktion von ToM-Arealen bei Psychopathen geschlossen werden. Sicher jedoch liefert der Nachweis dieser unterschiedlichen Aktivierungsmuster neuen Boden für die Vermutung einer Störung innerhalb dieses kognitiven Prozesses. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie zeigten, dass Psychopathen die Emotionen des Protagonisten ebenso adäquat bewerteten wie die Versuchspersonen der beiden Kontrollgruppen. Weiter zeigten sie, dass psychopathische Patienten für diese Bewertung in einigen Arealen mehr aktivierten als gesunde und forensische Kontrollprobanden. Eine Minderaktivierung bei Psychopathen konnte für kein Areal nachgewiesen werden. Die Ergebnisse zeigten aber nicht, dass Psychopathen hypoaktive ToM-Areale besitzen oder kompensatorische, statt ToM-Areale aktivieren. Vielmehr aktivierten sie genau in den Arealen mehr, die als zuständig gelten für das Bewusstsein und Abgrenzen der eigenen Person (Praecuneus, mPFC), für die Einnahme der Perspektive einer dritten Person (TPJ) und für den Prozess des *decoupling* (mPFC) – für höhere kognitive Prozesse also, die als essentiell für die erfolgreiche Bearbeitung komplexerer ToM-Aufgaben betrachtet werden. Nicht-Psychopathen schienen hingegen das hier vorliegende, sehr einfach strukturierte Paradigma erwartungsgemäß eher durch den Abruf von sozialem Wissen zu beantworten. Interpretiert man die Mehraktivierungen im anterioren Praecuneus, in der linken TPJ und im medialen PFC auf diese Weise, dann drängt sich vor allem eine Frage auf: Wenn

Psychopathen bei der hier geforderten Attributionsleistung, die bereits von 2-jährigen Kindern erbracht werden kann (Wellman & Woolley, 1990), schon auf höhere kognitive Verarbeitungsprozesse zurückgreifen müssen, wie verhalten sie sich dann bei der Bearbeitung von ToM-Aufgaben, die die richtige Beurteilung von Personen und deren Handeln in komplexen sozialen Interaktionen fordern? Nur durch weitere bildgebende Studien mit geeigneten Paradigmen ist es möglich zu erfahren, ob Psychopathen auch sehr viel komplexere ToM-Anforderungen durch Mehraktivierung in ToM-Arealen bewerkstelligen können. Ebenso denkbar ist, dass die kognitiven Verarbeitungsmöglichkeiten psychopathischer Patienten mit zunehmender Komplexität der ToM-Aufgabe an ihre Grenzen geraten und diese dann entweder andere, kompensatorische Areale aktivieren oder aber bei der richtigen Bearbeitung der Aufgabe scheitern.

Neben der Interpretation der Ergebnisse im Hinblick auf Teilprozesse im Rahmen der ToM, wurde in der hier vorliegenden Arbeit auch näher auf weitere mögliche Bedeutungen der gesteigerten Aktivität in kognitiven Arealen bei Psychopathen eingegangen. Betrachtet man diese weiteren Überlegungen, ergibt sich eine zweite mögliche Betrachtungsweise. Zunächst kann, wie dies ausführlich erläutert wurde, die Mehraktivierung im fusiformen Areal darauf hinweisen, dass Psychopathen die gestellte Aufgabe, ebenso wie die Kontrollprobanden, mit dem Abruf von sozialem Wissen beantworteten. War dies der Fall, sind die oben genannten Mehraktivierungen eher nicht mehr auf die Aktivierung ToM-typischer Prozesse zurückzuführen. Besonders aus den Überlegungen zu den beiden erwähnten neuronalen Netzwerken, dem *social cognition* und dem *default mode* Netzwerk im Rahmen der Diskussion des mPFC, ergibt sich stattdessen eine andere interessante Frage: Basiert die emotionale Beeinträchtigung psychopathischer Patienten und ihre Unfähigkeit zur adäquaten sozialen Interaktion auf einer Dysfunktion innerhalb eines dieser oder beider Netzwerke? Amodio und Frith (2006) beschrieben das *social cognition* Netzwerk als Netzwerk aus fronto-temporalen Arealen. Fronto-temporale Abweichungen bei Psychopathen, sowohl struktureller als auch funktioneller Art, ließen sich in einer Vielzahl von Studien nachweisen. Die Aufgaben zukünftiger Forschung sollten so, neben weiteren funktionellen Untersuchungen zu Psychopathy und ToM, auch Studien zu anderen Verarbeitungsprozessen des *social cognition* Netzwerks, wie zum Beispiel der Selbst- und Fremdeinschätzung, sein. Nur so kann herausgefunden werden, ob bisher nachgewiesene fronto-temporale Abweichungen bei Psychopathen mit Dysfunktionen im

social cognition Netzwerk in Zusammenhang gebracht werden können. Mit gleichem Interesse sollte bei Aufgabenstellungen, die die Verarbeitung selbst-generierter Informationen fordern, auch eine Beeinträchtigung des *default mode* Netzwerks in Betracht gezogen und abweichende Aktivierungsmuster vor allem in mPFC und rostralem ACC so auch dahingehend genauer analysiert werden.

Die vorliegende Studie konnte zeigen, dass dem Prozess der Emotionsattribution bei Psychopathen bereits in einer sehr einfachen Form abweichende Aktivierungsmuster in kognitiven Arealen zugrunde liegen. Noch können aus diesen Ergebnissen keine allgemein gültigen Schlussfolgerungen auf Ursachen und Hintergründe des psychopathologischen Bildes der Psychopathy gezogen werden. Erste wertvolle Hinweise jedoch liefern sie darauf, dass bei der weiteren Erforschung dieser Hintergründe, neben affektiven Prozessen, auch die kognitiven Prozesse der Theory of Mind sowie der Selbst- und Fremdeinschätzung im Mittelpunkt des Interesses stehen müssen. Die Aufklärung der beeinträchtigten emotionalen und kognitiven Prozesse, die der Unfähigkeit psychopathischer Patienten zur adäquaten sozialen Interaktion zugrunde liegen, kann es ermöglichen, Therapiekonzepte zu entwickeln, die gezielt darauf ausgerichtet sind diese Beeinträchtigungen zu verbessern. Die moderne Neurowissenschaft kann ihren Beitrag nicht nur in der Aufklärung der Ursachen, sondern in der Zukunft vor allem auch in der frühzeitigen Diagnostik der Psychopathy leisten, um psychopathische Patienten so möglichst früh mit optimalen Therapiekonzepten behandeln zu können.

6. LITERATUR

- Adolphs, R. (2001). The neurobiology of social cognition. *Current Opinion in Neurobiology*, 11, 231-239.
- Adolphs, R. (2003). Cognitive neuroscience of human social behaviour. *Nature Reviews*, 4, 165-178.
- Aichhorn, M., Perner, J., Weiss, B., Kronbichler, M., Staffen, W. & Ladurner, G. (2008). Temporo-parietal junction activity in Theory-of-Mind tasks: falseness, beliefs, or attention. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 1-14.
- Amodio, D.M. & Frith, C.D. (2006). Meeting the minds: the medial frontal cortex and social cognition. *Nature Reviews, Neuroscience*, 7, 268-277.
- Anderson, S.W., Bechara, A., Damasio, H., Tranel, D. & Damasio, A.R. (1999). Impairment of social and moral behavior related to early damage in human prefrontal cortex. *Nature neuroscience*, 2 (11): 1032-1037.
- Barkataki, J., Kumari, V., Das, M., Taylor, P. & Sharma, T. (2006). Volumetric structural brain abnormalities in men with schizophrenia or antisocial personality disorder. *Behavioural Brain Research*, 169, 239–247.
- Baron-Cohen, S., Golan, O., Ashwin, E., Ashwin, E., Ashwin, E. & Robertson, M. (1997). Another advanced test of theory of mind: Evidence from very high functioning adults with autism or asperger syndrome. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 38, 813-822.
- Birbaumer, N., Veit, R., Lotze, M., Erb, M., Hermann, C., Grodd, W. & Flor, H. (2005). Deficient fear conditioning in psychopathy. *Archives of General Psychiatry*, 62, 799-805.
- Blair, R.J.R. (1995). A cognitive developmental approach to morality: Investigating the psychopaths. *Cognition*, 57, 1-29.
- Blair, R.J.R. (1997). Moral reasoning and the child with psychopathic tendencies. *Personality and Individual Differences*, 22 (5), 731-739.
- Blair, R.J.R. (2001). Neurocognitive models of aggression, the antisocial personality disorders, and psychopathy. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 7, 727-731.

- Blair, R.J.R. (2003). Facial expressions, their communicatory functions and neuro-cognitive substrates. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B.*, 358, 561-572.
- Blair, R.J.R., Colledge, E., Murray, L. & Mitchell, D.G. (2001). A selective impairment in the processing of sad and fearful expressions in children with psychopathic tendencies. *Journal of Abnormal Child Psychology*, 29 (6), 491-498.
- Blair, R.J.R., Mitchell, D.G.V., Richell, R.A., Kelly, S., Leonard, A., Newman, C. & Scott, S.K. (2002). Turning a deaf ear to fear: impaired recognition of vocal affect in psychopathic individuals. *Journal of Abnormal Psychology*, 111, 682-686.
- Blair, R.J.R., Sellars, C., Strickland, I., Clark, F., Akintude, W., Smith, M. & Lawrence, J. (1996). Theory of mind in the psychopath. *The Journal of Forensic Psychiatry*, 7 (1), 15-25.
- Blair, R.J.R., Sellars, C., Strickland, I., Clark, F., Williams, A. O., Smith, M. & Jones, L. (1995). Emotion attributions in the psychopath. *Personality and Individual Differences*, 19 (4), 431-437.
- Blumer, D. & Benson, D.F., (1975). Personality changes with frontal lobe lesions. *Benson, D.F., Blumer, D. (Eds.), Psychiatric Aspects of Neurological Disease*. Grune and Stratton, New York, pp. 151– 170.
- Broyd, S.J., Demanuele, C., Debener, S., Helps, S.K., James, C.J. & Sonuga-Barke, E.J. (2009). Default-mode brain dysfunction in mental disorders: a systematic review. *Neuroscience and biobehavioral reviews*, 33 (3), 279-296.
- Bruckner R.L., Andrews-Hanna J.R. & Schacter D.L. (2008). The Brain's Default Network: Anatomy, Function, and Relevance to Disease. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1124, 1-38.
- Brunet, E., Sarfati, Y., Hardy-Baylé, M. C. & Decety, J. (2000). A PET investigation of attribution of intentions to others with a non-verbal task. *NeuroImage*, 11, 157-166.
- Brüne, M. & Brüne-Cohrs, U. (2005). Theory of mind – evolution, ontogeny, brain mechanisms and psychopathology. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 1-19.
- Bush, G., Luu, P. & Posner, M. (2000). Cognitive and emotional influences in anterior cingulate cortex. *Trend in Cognitive Sciences*, 4 (6), 215-222.

- Castelli, F., Happé, F., Frith, U. & Frith, C. D. (2000). Movement and mind: a functional imaging study of perception and interpretation of complex intentional movement pattern. *NeuroImage*, 12, 314-325.
- Cavanna, A.E. & Trimble, M.R. (2006). The precuneus: a review of its functional anatomy and behavioral correlates. *Brain*, 129, 564-583.
- Chaminade, T., Meltzoff, A.N. & Decety, J. (2002). Does the end justify the means? A PET exploration of the mechanisms involved in human imitation. *NeuroImage*, 15, 314-325.
- Christoff, K., Ream, J.M., Geddes, L.P. & Gabriele, J.D. (2003). Evaluating self-generated information: Anterior prefrontal contributions to human cognition. *Behavioral Neuroscience*, 117, 1161-1168.
- Cleckley, H. (1976). The mask of sanity. 5th ed. Mosby, St. Louis, MO.
- Collins, D.L., Neelin, P., Peters, T.M. & Evans, A. C. (1994). Automatic 3D intersubject registration of MR volumetric data in standardized Talairach space. *Journal of Computer Assisted Tomography*, 18 (2), 192-205.
- Damasio, A.R., (1994). *Descartes' Error: Error, Reason, and the Human Brain*. New York: Putnam.
- Damasio, H., Grabowski, T., Frank, R., Galaburda A.M. & Damasio A.R. (1994). The return of Phineas Gage: clues about the brain from the skull of a famous patient. *Science*, v264 n5162, 1102-1105.
- Decety, J. & Chaminade, T. (2003). Neural correlates of feeling sympathy. *Neuropsychologia*, 41, 127-138.
- Deeley, Q., Daly, E., Surguladze, S., Tunstall, N., Mezey, G., Beer, D., Ambikapathy, A., Robertson, D., Giampietro, V., Brammer, M. J., Clarke, A., Dowsett, J., Fahy, T., Phillips, M. L. & Murphy, D. G. (2006). Facial emotion processing in criminal psychopathy. *British Journal of Psychiatry*, 189, 533-539.
- Dennett, D. (1978). *Brainstorms: Philosophical Essays on Mind and Psychology*. Cambridge: Bradford Books/ MIT Press.
- Dilling H., Mombour, W. & Schmidt, M.H. (2008). Internationale Klassifikation psychischer Störungen: ICD-10 Kapitel V (F) Klinisch-diagnostische Leitlinien. 6. Auflage. Bern: Verlag Hans Huber.

- Dolan, M.C., Deakin, J.F., Roberts, N. & Anderson, I.M. (2002). Quantitative frontal and temporal structural MRI studies in personality-disordered offenders and control subjects. *Psychiatry Research. Neuroimaging*, 116, 133–149.
- Dolan, M. & Fullam, R. (2004). Theory of mind and mentalizing ability in antisocial personality disorders with and without psychopathy. *Psychological Medicine*, 34, 1093-1102.
- Farrow, T.F.D., Zheng, Y., Wilkinson, I.D., Spence, S.A., Deakin, J.F.W., Tarrier, N., Griffiths, P.D. & Woodruff, P.W.R. (2001). Investigating the functional anatomy of empathy and forgiveness. *NeuroReport*, 12 (11), 2433-2438.
- Fletcher, P.C., Happé, F., Frith, U., Baker, S.C., Dolan, R.J., Frackowiak, R.S. & Frith, C.D. (1995). Other minds in the brain: A functional imaging study of “theory of mind” in story comprehension. *Cognition*, 57 (2), 109-128.
- Flor, H., Birbaumer, N., Hermann, C., Ziegler, S. & Patrick, C.J. (2002.) Aversive Pavlovian conditioning in psychopaths: peripheral and central correlates. *Psychophysiology*, 39, 505-518.
- Friston, K.J., Fletcher, P., Josephs, O., Holmes, A., Rugg, M.D. & Turner, R. (1998). Event-related fMRI: characterizing differential responses. *Neuroimage*, 7 (1), 30-40.
- Friston, K.J., Penny, W., Phillips, C., Kiebel, S., Hinton, G. & Ashburner, J. (2002). Classical and Bayesian inference in neuroimaging: theory. *NeuroImage*, 16 (2), 465-483.
- Frith, C.D. & Frith, U. (1999). Interacting minds – A biological basis. *Cognitive Psychology*, 286, 1692-1695.
- Frith, C.D. & Frith, U. (2003). Development and neurophysiology of mentalizing. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B.*, 358, 459-473.
- Frith, C.D. & Frith, U. (2005). Theory of mind. *Current Biology*, 15 (17), R644.
- Gallagher, H.L. & Frith, C.D. (2003). Functional imaging of “theory of mind”. *Trends in Cognitive Sciences*, 7 (2), 77-83.
- Gallagher, H.L., Happé, F., Brunswick, N., Fletcher, P.C., Frith, U. & Frith, C.D. (2000). Reading the mind in cartoons and stories: An fMRI study of “theory of mind” in verbal and nonverbal tasks. *Neuropsychologia*, 38 (1), 11-21.

- Gallagher, H.L., Jack. A., Roepstorff, A. & Frith, C.D. (2002). Imaging the intentional stance in a competitive game. *NeuroImage*, 16, 814-821.
- Gilbert, S.J., Frith, C.D. & Burgess, P.W. (2005). Involvement of rostral prefrontal cortex in selection between stimulus-oriented and stimulus-independent thought. *European Journal of Neuroscience*, 21, 1423-1431.
- Gilbert, S.J., Spengler, S., Simons, J.S., Steele, J.D., Lawrie, S.M., Frith, C.D. & Burgess, P.W. (2006). Functional specialization within rostral prefrontal cortex (Area 10): A meta-analysis. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 18:6, 932-948
- Gobbini M.I., Koralek A., Bryan R., Montgomery K. & Haxby J. (2007). Two takes on the social brain: a comparison of Theory of Mind tasks. *Journal of Cognitive Neuroscience* 19:11, 1803–1814.
- Greicius, M.D., Krasnow, B., Reiss, A.L. & Menon, V. (2003). Functional connectivity in the resting brain: a network analysis of the default mode hypothesis. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100 (1), 253-258.
- Gusnard, D.A., Akbudak, E., Shulman, G.L. & Raichle, M.E. (2001). Medial prefrontal cortex and self-referential mental activity: relation to a default mode of brain function. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 98 (7), 4259-4264.
- Habermeyer, E. & Herpertz, S. C. (2006). Dissoziale Persönlichkeitsstörung. *Der Nervenarzt*, 77 (5), 605-616.
- Happé, F.G. (1994). An advanced test of theory of mind: understanding of story characters' thoughts and feelings by able autistic, mentally handicapped and normal children and adults. *Journal of Autism Developmental Disorder*, 24, 129-154.
- Hare, R.D. (1991). The Hare Psychopathy Checklist-Revised. Toronto: Multi-Health Systems.
- Hare, R.D. (1998). Psychopathy, affect, and behavior. In D.Cooke, A. Forth and R. Hare (Eds.), *Psychopathy: Theory, research, and implications for society*. Kluwer, Dordrecht, pp. 105-137.
- Hare, R. D. (2003). The Hare Psychopathy Checklist-Revised (2nd Edition). Toronto: Multi-Health Systems.
- Hare, R.D., Clark, D., Grann, M. & Thornton, D. (2000). Psychopathy and the predictive validity of the PCL-R: an international perspective. *Behavioral Sciences and the Law*, 18, 623-645.

- Hare, R.D. & Neumann C.S. (2005). Structural models of psychopathy. *Current Psychiatry Reports*, 7, 57-64.
- Harlow, J.M. (1868). Recovery from a Passage of an Iron Bar through the Head. *Publications of the Massachusetts Medical Society* 2: 327-347.
- Heiser, M., Iacoboni, M., Maeda, F., Marcus, J. & Mazziotta, J.C. (2003). The essential role of Broca's area in imitation. *European Journal of Neurosciences*, 17, 1123-28.
- Henson, R.N.A., Buechel, C., Josephs, O. & Friston, K. (1999). The slice-timing problem in event-related fMRI. *NeuroImage*, 9, 125.
- Herpertz S.C. & Sass H. (2000). Emotional deficiency and psychopathy. *Behavioral Sciences and the Law*, 18, 567-580.
- Hynes, C.A., Baird, A.A. & Grafton, S.T. (2005). Differential role of the orbital frontal lobe in emotional versus cognitive perspective-taking. *Neuropsychologia*, 44 (3), 374-383.
- Intrator, J., Hare, R., Strizke, P., Brichtswein, K., Dorfman, D., Harpur, T., Bernstein, D., Handelsman, L., Schaefer, C., Keilp, J., Rosen, J. & Machac, J. (1997). A brain imaging (single photon emission computerized tomography) study of semantic and affective processing in psychopaths. *Biological Psychiatry*, 42, 96-103.
- Kanwisher, N., McDermott, J. & Chun, M. M. (1997). The fusiform area: a module of extrastriate cortex specialized for face perception. *Journal of Neuroscience*, 17, 4302-4311
- Kiehl, K.A. (2006). A cognitive neuroscience perspective on psychopathy: Evidence for paralimbic system dysfunction. *Psychiatry Research*, 142, 107-124.
- Kiehl, K.A., Bates, A.T., Laurens, K.R., Hare, R.D. & Liddle, P.F. (2006). Brain potentials implicate temporal lobe abnormalities in criminal psychopaths. *Journal of Abnormal Psychology*, 115 (3), 443-453.
- Kiehl, K. A., Smith, A. M., Hare, R. D., Mendrek, A., Forster, B. B., Brink, J. & Liddle, P. F. (2001). Limbic abnormalities in affective processing by criminal psychopaths as revealed by functional magnetic resonance imaging. *Biological Psychiatry*, 50, 677-684.

- Kiehl, K.A., Smith, A.M., Mendrek, A., Forster, B.B., Hare, R.D. & Liddle, P.F. (2004). Temporal lobe abnormalities in semantic processing by criminal psychopaths as revealed by functional magnetic resonance imaging. *Psychiatry Research Neuroimaging*, 130, 27–42.
- Klin, A., Jones, W., Schultz, R. & Volkmar, F. (2003). The inactive mind or from actions to cognition: lessons from autism. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, B. Biological Sciences*, 358, 345-360.
- Koski, L, Wohlschlager, A., Bekkering, H., Woods, R. P. & Dubeau, M. C. (2002). Modulation of motor and premotor activity during imitation of target-directed actions. *Cerebral Cortex*, 12, 847-855.
- Laakso, M.P., Gunning-Dixon, F., Vaurio, O., Repo-Tiihonen, E., Soininen, H. & Tiihonen, J. (2002). Prefrontal volumes in habitually violent subjects with antisocial personality disorder and type 2 alcoholism. *Psychiatry Research. Neuroimaging* 114, 95–102.
- Laakso, M.P., Vaurio, O., Koivisto, E., Savolainen, L., Eronen, M. & Aronen, H.J. (2001). Psychopathy and the posterior hippocampus. *Behavioural Brain Research*, 118, 187–193.
- Leslie, A. M. (1987). Pretence and representation: the origin of “theory of mind”. *Psychological Review*, 94, 412-426.
- Levenston, G.K., Patrick, C.J., Bradley, M.M. & Lang, P.J. (2000). The psychopath as observer: Emotion and attention in picture processing. *Journal of Abnormal Psychology*, 109, 373-385.
- Lykken D.T. (1957). A study of anxiety in the sociopathic personality. *Journal of Abnormal Psychology*, 55, 6–10.
- Malloy, P., Bihrlé, A., Duffy, J. & Cimino, C., (1993). The orbitomedial frontal syndrome. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 8, 185–201.
- McMurrin, M., Blair, M. & Egan, V. (2002). An investigation of the correlations between aggression, impulsiveness, social problem-solving, and alcohol use. *Aggressive Behaviour*, 28, 439-445.
- Mohanty, A., Engels, A., Herrington, J., Heller, W., Ho, M., Banich, M., Webb, A., Warren, S. & Miller, G. (2007). Differential engagement of anterior cingulate cortex subdivisions for cognitive and emotional function. *Psychophysiology*, 44, 343-351.

- Müller, J.L., Gänßbauer, S., Sommer, M., Döhnell, K., Weber, T., Schmidt-Wilcke, T. & Hajak, G. (2007). Gray matter changes in right superior temporal gyrus in criminal psychopaths. Evidence from voxel-based morphometry. *Psychiatry Research Neuroimaging*, 163, 213-222.
- Müller, J.L., Sommer, M., Döhnell, K., Weber, T., Schmidt-Wilcke, T. & Hajak, G. (2008). Disturbed prefrontal and temporal brain function during emotion and cognition interaction in criminal psychopathy. *Behavioral Sciences and the Law*, 26, 131-150.
- Müller, J.L., Sommer, M., Wagner, V., Lange, K., Taschler, H., Röder, C. H., Schuierer, G., Klein, H.E. & Hajak, G. (2003). Abnormalities in emotion processing within cortical and subcortical regions in criminal psychopaths: Evidence from a functional magnetic resonance imaging study using pictures with emotional content. *Society of Biological Psychiatry*, 54, 152-162.
- Ochsner, K. N., Knierim, K., Ludlow, D. H., Hanelin, J., Ramachandran, T., Glover, G. & Mackey, S. C. (2004). Reflecting upon feelings: an fMRI Study of neural systems supporting the attribution of emotion to self and other. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 16:10, 1746-1772.
- Patrick, C. J. (1994). Emotion and psychopathy: startling new insights. *Psychophysiology*, 31, 319-330.
- Patrick, C.J., Bradley, M.M. & Lang, P.J. (1993). Emotion in the criminal psychopath: startle reflex modulation. *Journal of Abnormal Psychology*, 102, 82-92.
- Premack, D. & Woodruff, G. (1978). Does the chimpanzee have a theory of mind? *Behavioral and Brain Sciences*, 4, 515-526.
- Raine, A. Lencz, T., Bihrlé, S., LaCasse, L. & Colletti, P. (2000). Reduced prefrontal gray matter volume and reduced autonomic activity in antisocial personality disorder. *Archives of General Psychiatry*, 57, 119-127.
- Ramnani, N. & Owen, A. M. (2004). Anterior prefrontal cortex: Insights into function from anatomy and neuroimaging. *Nature Reviews Neurosciences*, 5, 184-194.
- Ruby, P. & Decety, J. (2004). How would *you* feel versus how do you think *she* would feel? A neuroimaging study of perspective-taking with social emotions. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 16:6, 988-999.
- Sarfati, Y., Hardy-Baylé, M. C., Besche, C. & Widlöcher, D. (1997). Attribution of intentions to others in people with schizophrenia: A non-verbal exploration with comic strips. *Schizophrenia Research*, 25, 199-209.

- Sass H., Wittchen H.U. & Zaudig M. (2003). Diagnostisches und Statistisches Manual psychischer Störungen: DSM IV. 1. Auflage. Göttingen: Hogrefe-Verlag.
- Saxe, R. & Kanwisher, N. (2003). People thinking about thinking people: fMRI studies of Theory of Mind. *NeuroImage*, 19 (4), 1835-1842.
- Saxe, R., Carey, S. & Kanwisher, N. (2004). Understanding other minds: Linking developmental psychology and functional neuroimaging. *Annual Psychological Reviews*, 55, 87-124.
- Schneider, F., Habel, U., Kessler, C., Posse, S., Grodd, W. & Müller-Gärtner, H.-W. (2000). Functional imaging of conditioned aversive emotional responses in antisocial personality disorder. *Neuropsychobiology*, 42, 192-201.
- Schultz, R. T., Grelotti, D. J., Klin, A., Kleinman, J., Van der Gaag, C., Marois, R. & Skudlarski, P. (2003). The role of the fusiform face area in social cognition: implications for the pathobiology of autism. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 358, 415-427.
- Smith, A. (2000). An fMRI investigation of frontal lobe functioning in psychopathy and schizophrenia during a go/no go task. PhD thesis, The University of British Columbia (Canada), DAI-B 61/01, 128.
- Small, D. M., Gitelman, D. R., Gregory, M. D., Nobre, A. C., Parrish, T. B. & Mesulam, M. M. (2003). The posterior cingulate and medial prefrontal cortex mediate the anticipatory allocation of spatial attention. *Neuroimage*, 18, 633-641.
- Smith, E. E. & Jonides, J. (1998). Neuroimaging analyses of human working memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 95 (20), 12061-12068.
- Soderstrom, H., Hultin, L., Tulberg, M., Wikkelson C. & Ekholm, S. (2002). Reduced frontotemporal perfusion in psychopathic personality. *Psychiatry Research Neuroimaging*, 114, 81-94.
- Sommer, M., Döhnelt, K., Sodian, B., Meinhardt, J., Thoermer, C. & Hajak, G. (2007). Neural correlates of true and false belief reasoning. *NeuroImage*, 35, 1378-1384.
- Sommer, M., Hajak, G., Döhnelt, K., Schwerdtner, J., Meinhardt, J. & Müller, J. L. (2006). Integration of emotion and cognition in patients with psychopathy. *Progress in Brain Research*, 156C, 457-466.

- Stevens, D., Charman, T. & Blair, R.J.R. (2001). Recognition of emotion in facial expressions and vocal tones in children with psychopathic tendencies. *Journal of Genetic Psychology*, 162, 201-210.
- Veit, R., Flor, H., Erb, M., Hermann, C., Lotze, M., Grodd W. & Birbaumer N. (2002). Brain circuits involved in emotional learning in antisocial behavior and social phobia in humans. *Neuroscience Letters*, 328, 233–236.
- Vogeley, K., Bussfeld, P., Newen, A., Herrmann, S., Happé, F., Falkai, P., Maier, W., Shah, N. J., Fink, G. R. & Zilles, K. (2001). Mind Reading: Neural mechanisms of theory of mind and self-perspective. *NeuroImage*, 14, 170-181.
- Völlm, B. A., Taylor, A. N. W., Richardson, P., Corcoran, R., Stirling, J., McKie, S., Deakin, J. F. W. & Elliot, R. (2006). Neuronal correlates of theory of mind and empathy: A functional magnetic resonance imaging study in a nonverbal task. *NeuroImage*, 29, 90-98.
- Walter, H. (2005). Emotionale Dysfunktion, Psychopathie und kognitive Neurowissenschaft – Was gibt es Neues und was folgt daraus? *Der Nervenarzt*, 76, 557-568.
- Wellman, H. M. & Woolley, J. D. (1990). From simple desires to ordinary beliefs: The early development of everyday psychology. *Cognition*, 35, 245-274.
- Wicker, B., Perrett, D. I., Baron-Cohen, S. & Decety, J. (2003). Being the target of another's emotion: A PET study. *Neuropsychologia*, 41 (2), 139-146.
- Wimmer, H. & Perner, J. (1983). Beliefs about beliefs: representation and constraining function of wrong beliefs in young children's understanding of deception. *Cognition*, 13, 103-128.
- Yang, Y., Raine, A., Lencz, T., Bihle, S., LaCasse, L. & Colletti, P. (2005). Volume reduction in prefrontal gray matter in unsuccessful criminal psychopaths. *Biological Psychiatry* 57, 1103-1108.
- Yuill, N., Perner, J., Pearson, A., Peerbhoy D. & van den Ende, J. (1996). Children's changing understanding of wicked desires: From objective to subjective and moral. *British Journal of Developmental Psychology*, 14, 457-475.

7. ANHANG

Anlage 1: Informationsblatt



Zentrum für Emotionen und soziale Kognition Klinik und Poliklinik für Psychiatrie und Psychotherapie der Universität Regensburg

Informationsblatt zur funktionellen Kernspintomographie (fMRI):

Sehr geehrte (r) Patient (in) / Proband (in)

Bei Ihnen ist die Durchführung einer bildgebenden Untersuchung mit dem Verfahren der funktionellen Kernspintomographie (fMRI = functional Magnetic Resonance Imaging) vorgesehen. Mit Hilfe dieses Verfahrens ist es möglich, die funktionellen Zentren des Gehirns bildlich darzustellen, der Zentren also, die bei der Bewältigung einer Aufgabe beansprucht werden. Bei der Untersuchung werden Sie aufgefordert, verschiedene Anweisungen gemäß einem vorgegebenen Untersuchungsprotokoll auszuführen. Dabei wechseln Ruhe- und Aktivierungsbedingungen einander ab. Mit Hilfe aufwendiger statistischer Operationen können so die jeweils „arbeitenden“ Hirnregionen ermittelt werden.

Die Kernspintomographie benutzt unschädliche Radiowellen zur Erzeugung der Abbildungen. Es ist erforderlich, dass Sie sich innerhalb des Magnetfeldes eines Kernspintomographen befinden. Eine spezielle Kopfspule fängt die relevanten Signale auf. Mit Hilfe eines Computers werden die empfangenen Signale weiterverarbeitet und zur Erstellung von Bildern verwendet.

Diese MRI-Technik wird weltweit sowohl zur medizinischen Diagnostik als auch zur Forschung eingesetzt und hat sich bestens bewährt. In über 10-jähriger Anwendung sind bislang keine schädigenden Wirkungen bekannt geworden. Kontrastmittel werden nicht gespritzt.

Untersuchungsablauf:

Die Untersuchung wird mit einem 1,5 Tesla [magnetische Feldstärke] - Tomographen der Firma Siemens durchgeführt. Mit diesem Gerät werden auch die Bilder zu diagnostischen Zwecken gewonnen. Sie liegen auf einer beweglichen Liege und werden langsam in das Magnetfeld hineingefahren. Die Messung wird durch Körperbewegungen empfindlich gestört. Deshalb ist es wichtig, dass Sie während der Untersuchung möglichst ruhig liegen bleiben. Während der Untersuchung treten unterschiedlich laute Klopfgeräusche auf. Ein Kopfhörer wird die auftretende Geräuschbelästigung abdämpfen. Sie können sich jederzeit über Mikrophon und Lautsprecher mit dem ableitenden Personal unterhalten.

Die MRI-Untersuchungen umfassen zwei Messungen:

Zuerst wird Ihre Gehirnaktivität während dem Bearbeiten der experimentellen Fragestellung gemessen (ca. 35 Minuten). Hierzu werden die Bilder aus dem Experiment auf eine Leinwand im Kernspingerät projiziert. Die Bilder auf der Leinwand sehen Sie über einen Spiegel, der an der Kopfspule des Kernspingeräts befestigt ist.

Anschließend wird in einer noch 5-10 Minuten dauernden Messung ein 3-dimensionales Bild Ihres Gehirns erstellt.

Während des Experiments werden Ihnen Bildergeschichten präsentiert, in denen Kinder mit einem Gegenstand spielen. Nach einigen Bildergeschichten werden Sie gefragt, wie sich eines der Kinder fühlt. Versuchen Sie hierbei, sich so stark wie möglich in das betreffende Kind hinein zu versetzen. Nach manchen Bildergeschichten werden Sie gefragt, mit was eines der Kinder spielt. Im nächsten Bild geben Sie dann in beiden Fällen mit Hilfe der Tasten einer Tastatur Ihre jeweilige Antwort ab.

Anschließend werden Sie von den Untersuchern auf die Station zurückgebracht. Bitte nutzen Sie diese Gelegenheit auch mitzuteilen, ob sich ihre Stimmung und ihr Befinden durch die Untersuchung verändert haben. Bitte teilen Sie auch mit, wenn Sie sich nicht wohl oder unter starkem Druck fühlen.

Wichtige Hinweise:

- Die Untersuchung wird mit Hilfe eines Magnetfeldes durchgeführt. Bei der Untersuchung dürfen Sie keine Metallteile mit sich führen, da es sonst zu Unfällen durch fliegende, vom Magnetfeld angezogene Metallgegenstände kommen kann.
- Uhren und Scheckkarten werden durch das angelegte Magnetfeld zerstört bzw. gelöscht. Legen Sie bitte alle metallhaltigen Gegenstände im Wartezimmer ab. Bitte denken Sie auch an: Brille, Ohrringe, Haarspangen, Gürtelschnallen, Metallteile an der Kleidung, Kugelschreiber, Schlüssel, Geldmünzen in den Taschen usw. Zahnprothesen sollten entfernt werden

Wenn Sie etwas nicht verstanden oder noch Fragen haben, stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung.

Einschränkungen:

Die Magnetfelduntersuchung kann bei bestimmten Situationen nicht durchgeführt werden. Um mögliche Risiken zu vermeiden, beantworten Sie bitte die folgenden Fragen:

Sind durch Operationen oder Unfälle Metallteile in Ihrem Körper vorhanden? (Metallprothesen, Gefäßklips, Granatsplitter etc.)

Ja Nein

Tragen Sie einen Herzschrittmacher, eine implantierte Medikamentenpumpe oder eine Metalldrahtspirale?

Ja Nein

Sind Sie am Herz oder Kopf operiert worden?

Ja Nein

Für Frauen im gebärfähigen Alter: besteht die Möglichkeit einer Schwangerschaft?

Ja Nein

Hinweise zur Teilnahme:

Die Untersuchungen werden wissenschaftlich ausgewertet. Die Messungen sind für eine Krankheitsdiagnose nicht unbedingt erforderlich, können dem behandelnden Arzt dennoch wertvolle Erkenntnisse liefern. Diese Ergebnisse werden Ihrem Arzt umgehend mitgeteilt.

Sollten Sie irgendwelche Nebenwirkung verspüren, teilen Sie diese Ihrem behandelnden Arzt oder dem Durchführenden der Untersuchung mit. Die Untersuchung geschieht in Kenntnis Ihres behandelnden Arztes. Die Teilnahme an der Untersuchung ist freiwillig. Sie können von Ihrer Teilnahme ohne Rückwirkung auf Ihre weitere Behandlung jederzeit Abstand nehmen. Sie werden im Falle eines Ablehnens der Untersuchung keine negativen Konsequenzen oder sonstige Nachteile befürchten müssen.

Wenn Sie an der Untersuchung teilnehmen möchten, unterzeichnen Sie bitte dieses Formblatt.

Alle meine Fragen sind ausreichend beantwortet.

Ich bin mit der Untersuchung einverstanden.

Name:

Vorname:

Geburtsdatum:

Gewicht:

Händigkeit:

li

re

beides

Regensburg, den

Unterschrift Proband/in Patient/in

Unterschrift Untersucher

Unterschrift behandelnder Arzt

Anlage 2: Einverständniserklärung

Einverständniserklärung

Ich habe die Aufklärung über die vorgesehene Untersuchung durchgelesen und verstanden. Meine Fragen sind ausreichend beantwortet worden. Ich bin mit der Durchführung der Untersuchung einverstanden.

Mir ist klar, dass die Teilnahme an der Untersuchung freiwillig ist. Mir ist bewusst, dass ich im Falle eines Ablehnens der Untersuchung keine negativen Konsequenzen oder sonstige Nachteile befürchten muss.

Die gesetzlichen Datenschutzbestimmungen werden eingehalten

Regensburg, den

Unterschrift Proband/in Patient/in

Unterschrift Untersucher

Unterschrift behandelnder Arzt

Anlage 3: Beispielaufgaben aus dem schriftlich vorgelegten Emotionsrating

8

Name: _____



gar nicht

sehr stark

...neutral	1	2	3	4	5
...traurig	1	2	3	4	5
...fröhlich	1	2	3	4	5
...verlegen	1	2	3	4	5
...überrascht	1	2	3	4	5
...verärgert	1	2	3	4	5

9

Name: _____



gar nicht

sehr stark

...neutral	1	2	3	4	5
...traurig	1	2	3	4	5
...fröhlich	1	2	3	4	5
...verlegen	1	2	3	4	5
...überrascht	1	2	3	4	5
...verärgert	1	2	3	4	5

ERKLÄRUNG

Ich versichere hiermit, dass ich die anliegende Arbeit mit dem Thema

**„Psychopathy und Theory of Mind –
neuronale und behaviorale Korrelate der Emotionsattribution bei Patienten
mit der Persönlichkeitsstörung der Psychopathie“**

selbstständig verfasst und keine anderen Hilfsmittel als die angegebenen benutzt habe. Die Stellen, die anderen Werken dem Wortlaut oder dem Sinn nach entnommen sind, habe ich in jedem einzelnen Fall durch Angabe der Quelle, auch der genannten Sekundärliteratur, als Entlehnung kenntlich gemacht.

Sulzbach-Rosenberg, 25. Februar 2010

Katrin Sperber

LEBENS LAUF

Persönliche Daten

Name	Katrin Sperber
Geburtsdatum	23.08.1983
Geburtsort	Sulzbach-Rosenberg

Schul Ausbildung

1990 – 2003	Grundschule und Gymnasium in Sulzbach-Rosenberg
2003	Schulabschluss: Allgemeine Hochschulreife (Note 1,4)

Studium

2003 – 2009	Vorklinischer und Klinischer Abschnitt des Studiums der Humanmedizin an der Universität Regensburg
2005	Erster Abschnitt der Ärztlichen Prüfung (Note 3,0)
2009	Zweiter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung (Note 2,0)

Beruflicher Werdegang

Seit März 2010	Assistenzärztin in der Klinik für Kinderheilkunde und Jugendmedizin am Klinikum Weiden
----------------	---