

Aus der Klinik für Neurologie
der Medizinischen Fakultät Charité – Universitätsmedizin Berlin

DISSERTATION

Soziale Kognition und ihre neuronalen Strukturen: Zur Bedeutung des
temporoparietalen Kortex und des Gyrus fusiformis-Amygdala-
Systems

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

vorgelegt der Medizinischen Fakultät
Charité – Universitätsmedizin Berlin

von

Markus Young-Ji Bahnemann
aus Berlin

Gutachter: 1. Hr. Prof. Dr. Hauke Heekeren
 2. Fr. Prof. Dr. Sabine Herpertz
 3. Hr. Prof. Dr. Dr. Kai Vogeley

Datum der Promotion: 07.09.2012

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei den zahlreichen Wissenschaftlern, Freunde und Kollegen bedanken, deren Unterstützung, Anregung und Förderung entscheidend zum Gelingen dieser Dissertation beigetragen haben.

Mein ganz besonderer Dank gilt meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. Hauke Heekeren, der mich lehrte bei allen wichtigen Details den roten Faden nicht aus den Augen zu verlieren und die Essenz auch eines abstrakten Zusammenhangs griffig darzustellen. In seiner Arbeitsgruppe bot er mir mannigfaltige Möglichkeiten, Kenntnisse und Fertigkeiten für die inhaltliche Arbeit zu erlangen und zu vertiefen. Seine offene und herzliche Art bereitete dabei den Boden für eine lebendige und von gegenseitigem Austausch geprägte Arbeitsatmosphäre für alle Mitarbeiter seines Teams.

Weiterhin danke ich Frau Dr. Kristin Prehn für die stets geduldige und zugewandte Vermittlung grundlegender praktischer Kniffe und Tricks bei der Planung und Durchführung eines neuropsychologischen Experiments. Ein herzlicher Dank gilt außerdem Frau Dr. Isabel Dziobek, von der ich lernen konnte, wie eine pointierte Position zu beziehen ist und was dadurch gewonnen werden kann. Die Datenauswertung begleitete sie bis ins Detail und gleichzeitig mit dem Fokus auf das Ganze. Beiden danke ich für ihre zahlreichen Ideen und Kommentare bei der Erstellung der Manuskripte für die Veröffentlichungen.

Darüber hinaus danke ich Ingo Wolf, der mit seinen Kenntnissen aus der Welt des Films wichtige Impulse für die Erstellung des Stimulusmaterials einbrachte, und außerdem Jennifer Kirchner und Sandra Preißler, die eine große Unterstützung bei der Durchführung der Experimente waren. Allen Mitarbeitern der Arbeitsgruppe „Neurokognition der Entscheidungsfindung“ gebührt mein Dank für ungezählte inspirierende Gespräche und eine gute Zusammenarbeit.

Der Charité Universitätsmedizin Berlin und dem Max Planck Institut für Bildungsforschung möchte ich für die finanzielle Unterstützung danken.

Meinen Eltern Chang-Ok und Klaus Bahnemann sowie meiner Schwester Vera und meiner Frau Susanne Schrimpf-Bahnemann danke ich für ihre vielfältige Unterstützung und für ihre Ermutigung und Aufmunterung zu jeder Zeit.

Allen Patienten und Probanden bin ich für die bereitwillige Teilnahme an den Experimenten dieser Arbeit dankbar.

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	1
Zusammenfassung	
Abstract	2
Einleitung und Zielstellung	2
Methodik	4
Ergebnisse	6
Diskussion	8
Referenzen	12
Ausgewählte Publikationen und Anteilserklärung	16
Druckexemplare der ausgewählten Publikationen	
“Sociotopy in the temporoparietal cortex: common versus distinct processes.”	18
“The role of the fusiform-amygdala system in the pathophysiology of autism.”	29
“Dissociation of cognitive and emotional empathy in adults with Asperger syndrome using the Multifaceted Empathy Test (MET).”	38
Lebenslauf	48
Komplette Publikationsliste	49
Selbstständigkeitserklärung	50

Abkürzungsverzeichnis

ALM	Allgemeines lineares Modell
AMY	Amygdala
ASS	Autismus Spektrum Störung
ASP	Asperger Syndrom
BM	biological motion, sozial-kognitive Aufgabe: Wahrnehmung der Bewegung von Personen
BOLD	blood oxygen level dependant
fMRT	funktionelle Magnetresonanztomographie
GF	Gyrus fusiformis
IRI	Interpersonal Reactivity Index
MASC	Movie for the Assessment of Social Cognition
MET	Multifaceted Empathy Test
MJ	moral judgment, sozial-kognitive Aufgabe: moralische Bewertung des Verhaltens einer anderen Person
MRT	Magnetresonanztomographie
ROI	Region of interest
STS	Sulcus temporalis superior
TPJ	Temporoparietale Junktion
ToM	Theory-of-Mind, sozial-kognitive Aufgabe: Zuschreibung von mentalen Zuständen

Abstract

Soziale Interaktionen stellen einen wesentlichen Bestandteil menschlicher Existenz dar. Die dem Denken, Fühlen und Handeln im sozialen Kontext zugrunde liegenden neuronalen Korrelate zu erforschen, ist das Ziel des neuen Forschungsfelds der sozialen Neurowissenschaft. Dabei konnte durch eine Vielzahl von Studien ein reproduzierbares Netzwerk unterschiedlicher Gehirnregionen identifiziert werden, zu denen unter anderem auch der temporoparietale Kortex, der Gyrus fusiformis und die Amygdala gehören. Die genaue Charakterisierung der Funktion der einzelnen Teile dieses Netzwerks ist jedoch Gegenstand intensiver Debatten. Hinsichtlich des temporoparietalen Kortex wird darüber gestritten, ob der durch verschiedene sozial-kognitiven Aufgaben in dieser Gehirnregion hervorgerufenen Aktivität ein singulärer gemeinsamer sozial-kognitiver Prozess entspricht. Eine mittels funktioneller MRT durchgeführte Analyse der Aktivierungskarten von drei verschiedenen sozial-kognitiven Aufgaben widerspricht dieser Konzeption und lässt ein neues zwei-stufiges Prozessmodell wahrscheinlicher erscheinen. Hinsichtlich des Gyrus fusiformis wird debattiert, ob Veränderungen in dieser Gehirnregion eine pathophysiologische Rolle bei Störungen sozialer Kognition wie der Autismus Spektrum Störung zukommt. Eine auf Basis struktureller MRT Daten durchgeführte Untersuchung zeigt, dass bei Patienten mit Autismus Spektrum Störung eine Kortexverdickung des Gyrus fusiformis mit Schwierigkeiten bei der Emotionserkennung zusammenhängt und dass dabei auch eine reduzierte Verknüpfung mit der Amygdala von Bedeutung ist. Da die Untersuchung neuronaler Strukturen immer nur so gut sein kann, wie die Konzeptualisierung der entscheidenden kognitiven Prozesse, wurde außerdem ein neuer multidimensionaler Test entwickelt zur Bestimmung der Empathiefähigkeit, als einer grundlegenden sozial-kognitiven Funktion. Die Erprobung an Patienten mit Asperger Syndrom ergab, dass diese im Vergleich zu einer Kontrollgruppe zwar über ein verringertes Maß kognitiver Empathie verfügen, die emotionale Empathie aber gänzlich unbeeinträchtigt ist.

1. Einleitung und Zielstellung

Das Wesen des Menschen, so argumentierten bereits die griechischen Philosophen Platon und Aristoteles, liege in der Vernunft und in der sozialen Interaktion ¹. Das neue Forschungsfeld der sozialen Neurowissenschaften richtet sich darauf, die neuronalen Grundlagen sozialen Verhaltens zu untersuchen. Dabei konnte durch eine Vielzahl von Studien ein reproduzierbares Netzwerk unterschiedlicher Gehirnregionen identifiziert werden, welche sich in drei Gruppen unterteilen lassen: i) spezifische Regionen sensorischer Kortices, ii) die Amygdala, das ventrale Striatum und der Orbitofrontale Kortex und iii) weitere kortikale Regionen wie der linke Präfrontale Kortex, der rechte Parietale Kortex und der Cinguläre Cortex ². Zur ersten Gruppe gehören der Sulcus temporalis superior (STS) und der Gyrus fusiformis (GF), deren Rolle bei der Erkennung von Gesichtern, einer fundamentalen sozial-kommunikativen Funktion, von Haxby et al. beschrieben wird ³. Danach soll der STS der Analyse veränderlicher Aspekte von Gesichtern, wie Blickrichtungsänderungen oder

Lippenbewegungen, und der GF der Analyse unveränderlicher Aspekte, wie der einzigartigen Identität, dienen. Aufbauend auf dieser grundlegenden Funktionszuschreibung soll diese Arbeit das Verständnis der Bedeutung dieser beiden Gehirnregionen als Teile eines Netzwerks für soziale Kognition vertiefen.

Neben der Erkennung von Gesichtern wurde im STS und im angrenzenden Übergang zwischen Temporal- und Parietalkortex, der sog. Temporoparietalen Junktion (TPJ), eine verstärkte Aktivität auch bei weiteren sozial-kognitiven Aufgaben beobachtet, wie der Wahrnehmung der Bewegungen von Personen⁴⁻⁶, der Zuschreibung von mentalen Zuständen⁷⁻⁹ und der moralischen Bewertung des Verhaltens einer anderen Person¹⁰⁻¹³. Verschiedene Autoren gehen davon aus, dass die Funktion des temporoparietalen Kortex durch einen singulären, gemeinsamen Prozess erklärt werden kann, der durch verschiedenste sozial-kognitive Aufgaben angesprochen wird und dessen Kern in der Analyse und Zuschreibung der Intention einer beobachteten Handlung liegen könnte¹⁴. Die Voraussetzung für eine derartige Interpretation ist jedoch ein gemeinsames neuronales Korrelat. Das bedeutet, dass die von verschiedenen sozial-kognitiven Aufgaben in dieser Gehirnregion hervorgerufenen Aktivitätsmuster deutlich überlappen sollten. Ziel des ersten Experiments war es, mittels funktioneller Magnetresonanztomographie (fMRT) durch eine Analyse der entsprechenden Aktivierungsmuster zu untersuchen, ob verschiedene sozial-kognitive Aufgaben in dieser Gehirnregion tatsächlich ein gemeinsames neuronales Korrelat teilen und ob überlappende Aktivität durch einen singulären, gemeinsamen kognitiven Prozess für die Zuschreibung von Intentionen erklärt werden kann.

Die Bedeutung des GF innerhalb eines Netzwerks für soziale Kognition wird dadurch unterstrichen, dass bei Patienten mit einer Autismus Spektrum Störung (ASS), die wesentlich durch schwere Beeinträchtigungen in den Bereichen „soziale Interaktion“ und „Kommunikation“ charakterisiert ist¹⁵, sowohl strukturelle als auch funktionelle Veränderungen dieser Gehirnregion beschrieben wurden¹⁶⁻¹⁹. Bei der Verarbeitung von Gesichtern wird in Zusammenarbeit mit dem GF auch der Amygdala (AMY) eine wichtige Rolle zugeschrieben, wobei Patienten mit ASS ebenfalls in dieser Struktur strukturelle und funktionelle Veränderungen zeigen^{7,19-21}. Schultz postuliert in seinem pathophysiologischen Modell für Autismus eine zugrunde liegende Störung der Interaktion von GF und AMY²². Allerdings überzeugt diese Zuschreibung nur dann, wenn strukturelle Veränderungen innerhalb dieses Systems mit funktionellen Defiziten eindeutig in Verbindung gebracht werden können. Um diesen Nachweis zu erbringen, wurden im zweiten Experiment mittels struktureller MRT die Kortexdicke des GF und das Volumen der AMY bei Erwachsenen mit ASS und bei Kontrollprobanden bestimmt und sowohl die anatomische Beziehung der beiden Strukturen zueinander als auch die Auswirkung entsprechender Veränderungen auf die Leistung bei der Emotionserkennung von Gesichtsausdrücken analysiert.

Die Untersuchung neuronaler Strukturen sozialer Kognition ist wesentlich von einer differenzierten Konzeptualisierung der entscheidenden kognitiven Prozesse abhängig. Der Empathie, als der Fähigkeit Anteil zu nehmen am Innenleben einer anderen Person, kommt dabei eine große Bedeutung zu.

Personen mit ASS wird seit der ersten Beschreibung des Autismus durch Kanner im Jahr 1943 eine verringerte Empathiefähigkeit zugeschrieben. Eine aktuelle Studie, die erstmals eine differenzierte Betrachtung von sowohl kognitiven als auch emotionalen Aspekten von Empathie vornahm, konnte allerdings zeigen, dass Patienten mit Asperger Syndrom (ASP) als einer Form im Spektrum der ASS zwar eine verringerte kognitive Empathiekomponente aufweisen, dass die emotionale Komponente jedoch erhalten ist ²³. Da diese Studie auf Fragebögen zur Selbstauskunft basiert, denen es an ökologischer Validität mangelt und die weitere Fähigkeiten wie abstraktes Denkvermögen voraussetzen, ist anzunehmen, dass die reale Empathiefähigkeit von Patienten mit ASS auch hier nur unzureichend wiedergegeben wurde. Ziel des dritten Experiments war es einen neuartigen, realitätsnahen Test zur multi-dimensionalen Einschätzung der Empathiefähigkeit zu entwickeln, um damit eine differenzierte Untersuchung dieser grundlegenden sozial-kognitiven Funktion an Patienten mit ASP im Vergleich zu einer Kontrollgruppe durchzuführen.

2. Methodik

Studienteilnehmer: Normalprobanden nahmen nach Ausschluss neurologischer und psychiatrischer Vorerkrankungen an den Experimenten teil. Bei der Zusammenstellung von Kontrollgruppen wurde auf größtmögliche Übereinstimmung bezüglich Alter, Bildung und IQ mit der Patientengruppe geachtet. Patienten mit ASS wurden auf Basis eines auf Video aufgezeichneten Interviews nach DSM-IV-Kriterien diagnostiziert und eingeschlossen ¹⁵. Wenn elterliche Angaben verfügbar waren, wurde die Diagnose zusätzlich mittels des Autism Diagnostic Interview-Revised ²⁴ bestätigt. Alle Studienteilnehmer willigten nach entsprechender Aufklärung schriftlich zu einer Teilnahme ein. Alle Experimente dieser Arbeit wurden durch die lokale Ethikkommission genehmigt und in Übereinstimmung mit der Deklaration von Helsinki (1991) durchgeführt.

Neuropsychologie: Für die Quantifizierung der Fähigkeit, einem Gegenüber Intentionen richtig zuzuschreiben, sich also in eine andere Person hineinzuversetzen (in der Englisch-sprachigen Literatur auch als „Theory-of-Mind“ bezeichnet), wurde der reliable und hochsensitive Movie for the Assessment of Social Cognition Test benutzt (MASC ²⁵). Zur Bestimmung der intellektuellen Funktionen wurde die Shipley Institute of Living Scale ²⁶ angewandt und auf Basis der Ergebnisse die korrespondierenden Wechsler Adult Intelligence Scale-Revised (WAIS-R) IQ-Werte ²⁷ berechnet. Beim Emotionserkennungstest mussten die Studienteilnehmer die Emotionen auf 28 Bildern von Gesichtern mit Ausdruck von Freude, Trauer, Ärger, Furcht, Überraschung, Abscheu oder mit neutralem Ausdruck richtig zuordnen ²⁸. Um die Spezifität des visuellen Prozessierungsdefizits bezüglich der Emotionserkennung von Gesichtern untersuchen zu können, wurden außerdem ein mentaler Rotationstest und ein räumlicher Visualisierungstest durchgeführt ²⁹. Als Instrument für die Messung sozial erwünschten Verhaltens wurde die Marlowe-Crowne Social Desirability Scale ³⁰ verwendet. Für eine multi-dimensionale Bestimmung der Empathiefähigkeit durch eine differenzierte Messung von kognitiven und emotionalen Aspekten wurde der realitätsnahe Multifaceted Empathy

Test (MET) entwickelt, welcher aus 23 Photo-Paaren, zusammengesetzt aus einem Kontext- und einem Personenbild, besteht. In aufeinanderfolgenden Schritten sollten die Studienteilnehmer das Ausmaß ihrer inneren Aufregung beim Betrachten des Hintergrunds allein (Arousal Kontext) und beim Betrachten der abgebildeten Person (Arousal Person/emotionale Empathie implizit) angeben, den mentalen Zustand der Person richtig auswählen (kognitive Empathie) und das Ausmaß ihres Mitgefühls für die Person bewerten (emotionale Empathie explizit). Um die Validität des MET überprüfen zu können, wurde außerdem ein bereits gut validierter Empathie-Fragebogen genutzt, der die kognitive und affektive Komponente in separaten Skalen misst, der Interpersonal Reactivity Index (IRI)³¹. Unterschiede zwischen den Gruppen wurden mit unabhängigen t-Tests, Chi-Quadrat-Tests und Kovarianzanalysen untersucht. Um die konvergente und diskriminante Validität des MET zu untersuchen, wurden Pearson Korrelationen von Komponenten des MET mit denen des IRI berechnet. Die Analysen wurden zweiseitig durchgeführt und das Alpha-Level bei $p < 0,05$ festgesetzt.

Funktionelle MRT: Als sozial-kognitive Aufgaben und Hauptbedingungen des ersten Experiments wurden die Wahrnehmung der Bewegungen von Personen, die Zuschreibung von mentalen Zuständen und die moralische Bewertung des Verhaltens einer anderen Person genutzt. In Anlehnung an Vorgängerstudien dienten die Wahrnehmung der Bewegung eines Objekts, die Bewertung des Alters, des Geschlechts oder der Ethnie einer Person und die Bewertung des Auftretens eines Verstoßes gegen die Regeln der Physik als entsprechende Kontrollbedingungen^{4,7,32}. Für all diese experimentellen Bedingungen wurde gleichermaßen ein eigens entwickeltes Set von animierten Stimuli genutzt, die jeweils zwei Personen in sozialer Interaktion darstellten, wobei das Verhalten des Protagonisten gegen eine soziale Norm verstieß oder ihr entsprach. Pro Bedingung wurden in einem gemischten Block-/Einzelevent Design 32 Einzelabfragen in pseudo-randomisierter Reihenfolge mithilfe einer angepassten Kontrollsoftware (Presentation, Neurobehavioral Systems Inc., Albany, CA) präsentiert. Für die Akquisition funktioneller MRT-Daten wurde eine T2*-gewichtete Echo Planar Imaging Sequenz genutzt, für die strukturellen eine T1-gewichtete 3D-Sequenz, jeweils mit Standardparametern. Die Analyse der MRT-Daten erfolgte mittels eines Modells mit gemischten Effekten im Rahmen eines allgemeinen linearen Modells (ALM) unter Verwendung des FMRI Expert Analysis Tool (FEAT), als Teil von FSL (FMRIB's Software Library; www.fmrib.ox.ac.uk/fsl;³³) und unter Verwendung von AFNI (www.afni.nimh.nih.gov; (2005)). Für jede experimentelle Bedingung wurde ein individueller Regressor definiert. Um die neuronale Aktivität, die durch die drei sozial-kognitiven Aufgaben hervorgerufen wurde, zu identifizieren, wurden Kontrastbilder zwischen allen Hauptbedingungen und ihren jeweiligen Nebenbedingungen für jeden Studienteilnehmer berechnet und nach räumlicher Normalisierung in den Standardraum transformiert³³, woraufhin die Analyse auf Gruppenebene erfolgte. Für die Identifikation von Clustern überlappender und separater Aktivität wurde eine Konjunktionsanalyse nach den Kriterien von Nichols et al. durchgeführt³⁴, indem die Kontraste von Haupt- und entsprechender Nebenbedingung nach Anwendung des Schwellenwerts von $Z = 3,09$ ($P \leq 0,001$) durch logische UND Operationen zu einem Überlagerungsbild zusammengefügt

wurden. Um zu untersuchen, ob ein singulärer gemeinsamer Prozess für die Zuschreibung von Intentionen durch alle drei sozial-kognitiven Aufgaben angesprochen wird, korrelierten wir die Amplitude der BOLD-Antwort der entsprechenden Kontraste mit den individuellen Ergebnissen im MASC in den Clustern überlappender Aktivität.

Strukturelle MRT: Für die Akquisition struktureller MRT Daten wurde eine T1-gewichtete 3D-Sequenz mit Standardparametern benutzt. Um das Volumen der AMY der Studienteilnehmer zu vermessen wurde TkMedit angewendet, ein Programm des FreeSurfer Software Pakets (<http://surfer.nmr.mgh.harvard.edu>), mit dem auch alle weiteren Analysen der strukturellen MRT erfolgten. Alle Messungen wurden verblindet durchgeführt, wie in Convit et al. detailliert beschrieben³⁵. Um die Variabilität der Kopf- bzw. Gehirngröße berücksichtigen zu können, die sich auf die Größe der uns primär interessierenden Gehirnstrukturen auswirken könnte, wurde eine von Buckner et al. entwickelte Methode zur Bestimmung des intrakraniellen Volumens angewendet³⁶. Der errechnete Parameter floss als Kovariate in die Gruppenvergleiche ein. Zur Bestimmung der Kortexdicke wurde eine von Fischl und Dale im Detail beschriebene Methode angewendet³⁷, bei der unter Verwendung von Informationen über Intensität und Kontinuität des gesamten 3D Datensatzes mittels Segmentations- und Deformationsprozeduren Repräsentationen der Grenze zwischen weißer und grauer Substanz und der kortikalen Oberfläche berechnet werden, um dann die Distanz zwischen diesen beiden Oberflächen an jedem Punkt des kortikalen Mantels zu errechnen. Die errechneten Werte der Kortexdicke können dann auf die aufgeblähten Oberflächen der rekonstruierten Gehirne der Studienteilnehmer projiziert werden³⁸. Die Oberflächenkarten wurden mithilfe einer nicht-rigid hochdimensionalen sphärischen Transformationsmethode über die Teilnehmer gemittelt, um die kortikalen Faltungsmuster aneinander auszurichten. Mittels eines ALM wurden statische Unterschiede zwischen den Gruppen bezüglich der Kortexdicke an jedem Punkt des kortikalen Mantels berechnet. Da die ALM-Analyse eine erhöhte Kortexdicke im linken GF der ASS Gruppe ergab (siehe Ergebnisse), wurde dieses Areal als Region of interest (ROI) im Durchschnittsgehirn der Gruppe bestimmt und dann mittels einer sphärischen Morphingprozedur auf die individuellen Kortexoberflächen übertragen, um dort homologe Regionen zu identifizieren. Somit konnte ein individueller Durchschnittswert der Kortexdicke dieses Areals für jeden Teilnehmer bestimmt werden. Dieser wurde dann mittels Pearson Korrelationen mit den Ergebnissen der neuropsychologischen Messungen und mit den Amygdalavolumina korreliert, um eventuelle Beziehungen zwischen diesen Werten aufzudecken.

3. Ergebnisse

Funktionelle Aktivierungsmuster sozial-kognitiver Aufgaben im temporoparietalen Kortex

Im ersten Experiment zeigte die Analyse der fMRT-Aktivierungskarten der drei sozial-kognitiven Aufgaben innerhalb des temporoparietalen Kortex für die Wahrnehmung der Bewegung von Personen (BM) eine erhöhte BOLD-Antwort im rechten STS, für die Zuschreibung von mentalen Zuständen (ToM) im STS bilateral und in der TPJ links und für die moralische Bewertung des Verhaltens einer

anderen Person (MJ) im STS und in der TPJ, jeweils bilateral. Dabei wird eine hierarchisch zunehmende Rekrutierung der Sub-Areale dieser Gehirnregion deutlich. Die Konjunktionsanalyse ergab keinen Cluster überlappender Aktivität für alle drei sozial-kognitiven Aufgaben. Cluster überlappender Aktivität fanden sich jedoch für die Konjunktion aus BM mit ToM im rechten STS und aus ToM mit MJ im STS bilateral und in der linken TPJ. Cluster separater Aktivität wurden für alle drei Aufgaben in allen von ihnen jeweils aktivierten Sub-Arealen gefunden. In Clustern überlappender Aktivität ergab sich eine signifikante Korrelation der Amplitude der BOLD-Antwort mit dem verwendeten Test für die Fähigkeit, Intentionen richtig zuzuschreiben (MASC), ausschließlich im linken STS-Cluster von ToM mit MJ und dort nur für die BOLD-Antwort von ToM.

Strukturelle Veränderungen im Gyrus fusiformis-Amygdala-System bei Autismus

Im zweiten Experiment ergab sich in den neuropsychologischen Untersuchungen ein Unterschied zwischen der ASS Gruppe und der Kontrollgruppe nur im Emotionserkennungstest, was die Spezifität der Einschränkung verdeutlicht. Hinsichtlich des Volumens der linken oder rechten AMY ergaben sich in Kovarianzanalysen unter Einbezug des intrakraniellen Volumens keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen. Hinsichtlich regionaler Veränderungen der Kortexdicke zeigte sich im ALM eine signifikante Kortexverdickung nur in der ASS Gruppe im linken GF. In der Analyse der anatomischen Kovarianz zwischen der AMY und dem GF fand sich in der Kontrollgruppe eine signifikante positive Korrelation der Kortexdicke des linken GF mit dem Volumen der linken AMY. Im Gegensatz dazu fand sich in der ASS Gruppe eine negative, obgleich nicht signifikante Korrelation der Kortexdicke des linken GF mit dem Volumen der linken AMY. Die Korrelationen der Kortexdicke des linken GF mit dem Volumen der linken AMY unterschieden sich signifikant zwischen den Gruppen. Um die behaviorale Relevanz der anatomischen Veränderungen für die ASS zu überprüfen, wurden für die beiden Gruppen getrennt partielle Korrelationen der Kortexdicke des linken GF mit der Leistung im Emotionserkennungstest, im mentalen Rotationstest und im räumlichen Visualisierungstest berechnet. Während sich in der Kontrollgruppe keine signifikanten Korrelationen zeigten, ergab sich in der ASS Gruppe eine spezifische signifikante negative Korrelation der Kortexdicke des linken GF mit dem Emotionserkennungstest.

Dissoziation kognitiver und emotionaler Empathiefähigkeit bei Asperger Syndrom

Im dritten Experiment zeigte sich bei der Auswertung des neu entwickelten, realitätsnahen Tests zur multi-dimensionalen Einschätzung der Empathiefähigkeit (MET) ein signifikant schlechteres Abschneiden der ASP Gruppe im Bereich kognitive Empathie. Im Gegensatz dazu fanden sich keine Unterschiede zwischen den Gruppen im Bereich emotionale Empathie, weder bei expliziter noch bei impliziter Abfrage. Des Weiteren zeigte sich auch kein Unterschied zwischen den Gruppen im Ausmaß der inneren Aufregung beim Betrachten des Hintergrunds allein. Im zum Vergleich zusätzlich durchgeführten bereits etablierten IRI zeigte sich ein analoges Bild mit signifikant niedrigeren Werten der ASP Gruppe auf der Skala für kognitive Empathie bei fehlenden Unterschieden zwischen den Gruppen auf den Skalen für emotionale Empathie. Um die Validität des MET zu evaluieren, wurden

konvergente und diskriminante Validität im Vergleich mit dem IRI analysiert, wobei nur die Ergebnisse der Kontrollgruppe betrachtet wurden. Als Bestätigung der Konstruktvalidität fanden sich die höchsten Korrelationen zwischen den Abschnitten zur emotionalen Empathie im MET und der Skala für emotionale Empathie im IRI und zwischen dem Abschnitt zur kognitiven Empathie im MET und der Skala für kognitive Empathie im IRI.

4. Diskussion

Die Beobachtung, dass außer bei der Erkennung von Gesichtern dem STS auch bei verschiedenen weiteren sozial-kognitiven Aufgaben eine wichtige Rolle zuzukommen scheint, führte zu der Hypothese, dass ein all diesen sozial-kognitiven Aufgaben gemeinsamer Prozess der im temporoparietalen Kortex hervorgerufenen Aktivität zugrunde liegen könnte. Die Voraussetzung für solch eine Interpretation besteht im Nachweis eines gemeinsamen neuronalen Korrelats. Diesbezüglich ergaben sich im ersten Experiment jedoch keine wegweisenden Hinweise, da kein Cluster überlappender Aktivität für alle drei verwendeten Aufgaben gefunden wurde. Somit kann die Vorstellung zurückgewiesen werden, dass ein singulärer gemeinsamer Prozess allein, sei es für die Wahrnehmung von anderen Individuen³⁹ oder aber für die Zuschreibung von Intentionen¹⁴, die Aktivität in dieser Gehirnregion erklären könne.

Da ein Prozess zur Zuschreibung von Intentionen die wahrscheinlichste Schnittmenge der verwendeten drei sozial-kognitiven Aufgaben darstellte, wurde außerdem überprüft, ob in jenen Clustern, in denen zumindest die Aktivität von zwei der drei sozial-kognitiven Aufgaben überlappte, eine Korrelation zwischen der Amplitude der BOLD-Antwort mit den individuellen Ergebnissen im MASC nachzuweisen ist. Da in keinem dieser Cluster eine signifikante Korrelation für *beide* Aufgaben mit dem MASC gefunden wurde, muss die Hypothese, dass ein solcher Prozeß als gemeinsamer Prozeß verschiedener sozial-kognitiver Aufgaben dienen könne, als unwahrscheinlich bewertet werden¹⁴. Als alternative Kandidaten für einen gemeinsamen Prozess kommen die initiale Analyse von Bewegungsmustern anderer Individuen³⁹ oder die Analyse der sozialen Bedeutung beobachteten Verhaltens⁴⁰ in Betracht. Letztere Interpretation wird dadurch gestützt, dass erhöhte Aktivität im STS durch Stimuli mit sozialer Salienz, z.B. bei der Beurteilung von Vertrauenswürdigkeit oder Attraktivität, hervorgerufen werden kann^{41,42}.

Herausragendes Charakteristikum der Aktivierungsmuster der drei sozial-kognitiven Aufgaben im ersten Experiment war eine hierarchisch zunehmende Rekrutierung der Sub-Areale dieser Gehirnregion. Während die Wahrnehmung der Bewegungen von Personen eine erhöhte Aktivität nur im rechten STS hervorrief, führte die Zuschreibung von mentalen Zuständen zu zusätzlicher Aktivität im linken STS und in der linken TPJ und die moralische Bewertung des Verhaltens einer anderen Person wiederum zu weiterer Aktivität in der rechten TPJ. Dieses Muster zeigt eine gute Übereinstimmung mit einer aktuellen zwei-stufigen Konzeption eines Prozesses, der sowohl der kognitiven Domäne der Sprache als auch der sozialen Kognition gemeinsam sein könnte⁴³. Dabei soll

auf der ersten Stufe eine Zergliederung des Informationsflusses, ob auditorisch oder visuell, in Bedeutung tragende Elemente stattfinden und auf der zweiten eine Interpretation ebendieser hinsichtlich ihrer kommunikativen Bedeutung. In diesem Sinne könnte die Aktivität im rechten STS, wo alle drei sozial-kognitiven Aufgaben eine erhöhte BOLD-Antwort hervorriefen, der ersten Stufe entsprechen, also der Zergliederung des visuell-räumlichen Informationsflusses unserer Stimuli, die identisch waren für alle drei Bedingungen. Die hierarchisch zunehmende Aktivität im linken STS und in der TPJ bilateral könnte der zweiten Stufe entsprechen, d.h. der zunehmend komplexeren Prozessierung der kommunikativen Bedeutung, die moduliert wird durch den Kontext, der durch die jeweilige Aufgabe bestimmt wird. Dieses Experiment widerspricht also der bisherigen Konzeption eines singulären gemeinsamen Prozesses im temporoparietalen Kortex und lässt stattdessen ein neues zwei-stufiges Prozessmodell wahrscheinlicher erscheinen.

Im GF, dessen pathophysiologische Bedeutung für die ASS im Fokus des zweiten Experiments stand, wurde eine fokale Verdickung des Kortex allein im linken GF für die ASS Gruppe gefunden. Dieser Befund steht im Einklang mit Voxel-basierten Morphometriestudien, die ein erhöhtes Volumen der grauen Materie des GF bei Kindern und Erwachsenen mit High-functioning Autismus nachweisen konnten^{16,17}, allerdings in einem deutlich weniger spezifischen Ausmaß als in diesem Experiment. Hinsichtlich des Volumens der linken oder rechten AMY ergaben sich in Übereinstimmung mit einigen früheren Berichten keine Unterschiede zwischen der ASS und der Kontrollgruppe^{21,44,45}.

Die behaviorale Relevanz der strukturellen Veränderungen im GF konnte dadurch gezeigt werden, dass nur in der ASS Gruppe eine spezifische signifikante negative Korrelation der Kortexdicke des linken GF mit dem Emotionserkennungstest bestand. Dieses Ergebnis ergänzt Beobachtungen von abnormen Aktivierungsmustern mit reduzierter Aktivität im GF, wenn Patienten mit ASS Gesichter verarbeiten^{46,47}. Andere fMRT-Studien stellten jedoch keine derartigen Unterschiede fest^{48,49} oder konnten solche auf andere Faktoren zurückführen, wie die Dauer der Fixierung der Augen¹⁹ oder das Maß der Vertrautheit mit der betrachteten Person⁵⁰.

Daher entstand die Idee, dass die abnorme Prozessierung von Gesichtern im GF zumindest zum Teil durch andere Strukturen des sozialen Gehirns vermittelt wird, insbesondere durch die AMY^{19,22,51}. In Übereinstimmung mit dieser Konzeption konnte in der ASS Gruppe eine im Vergleich zur Kontrollgruppe reduzierte anatomische Kovarianz zwischen dem Volumen der AMY und der Kortexdicke des GF gezeigt werden. Kürzlich wurde die morphometrische Kovarianzanalyse als ein alternatives Maß für die Untersuchung von struktureller Konnektivität vorgeschlagen⁵²⁻⁵⁴ und es konnte nachgewiesen werden, dass die Ergebnisse gut mit denen anderer bereits etablierter Untersuchungsmethoden für strukturelle Konnektivität, wie z.B. Diffusions-Tensor-Imaging (DTI), korrespondieren⁵⁵. So findet sich auch eine Übereinstimmung der Ergebnisse der Kovarianzanalyse dieses Experiments mit denen einer aktuellen DTI Studie, die Anomalien der Verbindung von der AMY zum GF bei Jugendlichen und Erwachsenen mit High-Functioning Autismus aufzeigte⁵⁶. Vor diesem Hintergrund können die Resultate unserer anatomischen Kovarianzanalyse im Sinne intakter

struktureller Konnektivität zwischen der AMY und dem GF in der Kontrollgruppe interpretiert werden und im Sinne einer Störung derselben in der ASS Gruppe. Somit unterstützen die Ergebnisse dieses Experiments das AMY-GF-Modell sozial-perzeptueller Einschränkungen bei ASS²² dadurch, dass sowohl strukturelle Veränderungen im Amygdala-Fusiformis-System als auch damit verbundene, funktionelle Einschränkungen gefunden wurden.

Da die Untersuchung neuronaler Strukturen immer nur so gut sein kann, wie die Konzeptualisierung der entscheidenden kognitiven Prozesse, richtete sich das dritte Experiment auf eine realitätsnahe und multi-dimensionale Untersuchung von Empathie, als einer grundlegenden sozial-kognitiven Funktion. Bei der Untersuchung einer Gruppe von ASP Patienten mit dem neu entwickelten MET zeigte diese im Vergleich zur Kontrollgruppe eine Einschränkung nur im Bereich der kognitiven Empathie. Für den Bereich der emotionalen Empathie fanden sich jedoch keine Unterschiede, was darauf hindeutet, dass Individuen mit ASP über ein vergleichbares Ausmaß an Sorge um andere verfügen wie Normalprobanden. Diese Ergebnisse wurden gestärkt durch das Fehlen von Unterschieden zwischen den Gruppen bezüglich der Tendenz zu sozial-erwünschtem Verhalten und bezüglich der emotionalen Reaktion auf Stimuli ohne sozialen Inhalt (Arousal Kontext), die konfundierende Faktoren hätten darstellen können.

Die Messung verringerter kognitiver Empathie bei Individuen mit ASP stimmt mit den Ergebnissen von Vorgängerstudien überein²³. Individuen mit ASS erreichen unter Verwendung von Instrumenten der Selbstauskunft bezüglich kognitiver Empathie niedrigere Werte als Kontrollprobanden⁵⁷⁻⁵⁹. Auch zeigen sie bei Untersuchungen mit objektiveren Maßen Einschränkungen hinsichtlich der Fähigkeit, den mentalen Zustand von anderen zu erfassen⁶⁰. Bis heute haben nur wenige Studien emotionale Empathie bei Individuen mit ASS untersucht, wobei die Ergebnisse bisher kein einheitliches Bild ergeben. In einer früheren Studie, deren Aufgabe im korrekten Benennen der eigenen durch Mitfühlen ausgelösten Reaktionen bestand, wurde über ein verringertes Maß an emotionaler Empathie bei Kindern einer Autismusgruppe berichtet⁵⁹. Allerdings berichteten die Autoren auch, dass die Kinder mit Autismus „überraschend gut“ abschnitten, wenn sie auf die Emotion von anderen reagierten, was mit Einzelberichten von Verwandten und Klinikern von Personen mit ASS übereinstimmt⁵⁷. Darüber hinaus konnte gezeigt werden, dass keine Unterschiede zur entsprechenden Kontrollgruppe bestehen bezüglich der elektrodermalen Reaktion auf emotional-aufgeladene Photos bei autistischen Kinder⁶¹ und bezüglich des Messwerts einer Selbstauskunft zu empathischer Sorge bei Erwachsenen mit ASP²³.

Die Diskrepanz zwischen den Befunden intakter emotionaler Empathie bei ASP im MET und der bisher vorherrschenden Überzeugung eines Mangels an Empathie ist bemerkenswert. Zwar wurde bisher noch nicht untersucht, ob das in dieser Studie bei Personen mit ASP beobachtete Profil eingeschränkter kognitiver und erhaltener emotionaler Empathie auch auf andere Entitäten der ASS zutrifft, es erscheint aber wahrscheinlich, dass es sich hierbei um ein allgemeines Funktionsmuster des Spektrums handeln könnte.

Obwohl eine deutliche Zunahme von Forschungsprojekten bezüglich der biologischen Basis der ASS beobachtet werden kann, ist die Datenlage zu reproduzierbaren neuronalen Korrelaten bisher noch dünn. Dies könnte auch darauf zurückzuführen sein, dass eine präzisere Charakterisierung des behavioralen Phänotyps dieser Störungen vonnöten ist, um die (möglicherweise subtilen) Veränderungen von Gehirnstrukturen und -funktionen aufdecken zu können. Im Rahmen dieses Experiments wurde ein neuartiger multi-dimensionaler Test entwickelt und validiert, der nun angewendet werden kann, um weitere Erkenntnisse auch hinsichtlich der neurobiologischen Basis dieser Störungen gewinnen zu können.

Zusammenfassend konnte mit dieser Arbeit eine differenziertere Charakterisierung der Funktion einzelner Strukturen innerhalb eines Netzwerks für soziale Kognition vorgenommen werden. So deuten die funktionellen MRT Ergebnisse daraufhin, dass die im temporoparietalen Kortex durch sozial-kognitive Aufgaben hervorgerufene Aktivität am besten durch ein zwei-stufiges Prozessmodell erklärt werden kann. Die strukturellen MRT Ergebnisse weisen auf die pathophysiologische Bedeutung des GF im Zusammenhang mit der AMY für die Autismus Spektrum Störung hin. Durch die Entwicklung des MET gelang eine präzisere Charakterisierung des behavioralen Phänotyps des ASP, mithilfe derer eine weitere Vertiefung des Verständnisses der neurobiologischen Basis von Störungen sozialer Kognition erreicht werden kann.

Referenzen

1. Schwarz FF ed. *Aristoteles Politik*. Stuttgart: Reclam Universal-Bibliothek; 1989.
2. Adolphs R. Cognitive neuroscience of human social behaviour. *Nat Rev Neurosci*. 2003;4(3):165-178.
3. Haxby JV, Hoffman EA, Gobbini MI. The distributed human neural system for face perception. *Trends Cogn Sci*. 2000;4(6):223-233.
4. Beauchamp MS, Lee KE, Haxby JV, Martin A. fMRI responses to video and point-light displays of moving humans and manipulable objects. *J Cogn Neurosci*. 2003;15(7):991-1001.
5. Grossman E, Donnelly M, Price R, et al. Brain areas involved in perception of biological motion. *J Cogn Neurosci*. 2000;12(5):711-720.
6. Puce A, Allison T, Bentin S, Gore JC, McCarthy G. Temporal cortex activation in humans viewing eye and mouth movements. *J Neurosci*. 1998;18(6):2188-2199.
7. Baron-Cohen S, Ring HA, Wheelwright S, et al. Social intelligence in the normal and autistic brain: an fMRI study. *European Journal of Neuroscience*. 1999;11(6):1891-1898.
8. Saxe R, Kanwisher N. People thinking about thinking people. The role of the temporo-parietal junction in "theory of mind". *Neuroimage*. 2003;19(4):1835-1842.
9. Vollm BA, Taylor AN, Richardson P, et al. Neuronal correlates of theory of mind and empathy: a functional magnetic resonance imaging study in a nonverbal task. *Neuroimage*. 2006;29(1):90-98.
10. Greene JD, Nystrom LE, Engell AD, Darley JM, Cohen JD. The neural bases of cognitive conflict and control in moral judgment. *Neuron*. 2004;44(2):389-400.
11. Heekeren HR, Wartenburger I, Schmidt H, et al. Influence of bodily harm on neural correlates of semantic and moral decision-making. *Neuroimage*. 2005;24(3):887-897.
12. Heekeren HR, Wartenburger I, Schmidt H, Schwintowski HP, Villringer A. An fMRI study of simple ethical decision-making. *Neuroreport*. 2003;14(9):1215-1219.
13. Moll J, Zahn R, Oliveira-Souza R de, Krueger F, Grafman J. Opinion: the neural basis of human moral cognition. *Nat Rev Neurosci*. 2005;6(10):799-809.
14. Gallagher HL, Happe F, Brunswick N, et al. Reading the mind in cartoons and stories: an fMRI study of "theory of mind" in verbal and nonverbal tasks. *Neuropsychologia*. 2000;38(1):11-21.
15. Association AP. *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders*. 1994.
16. Rojas DC, Peterson E, Winterrowd E, et al. Regional gray matter volumetric changes in autism associated with social and repetitive behavior symptoms. *BMC Psychiatry*. 2006;6:56.
17. Salmond CH, Vargha-Khadem F, Gadian DG, Haan M de, Baldeweg T. Heterogeneity in the patterns of neural abnormality in autistic spectrum disorders: evidence from ERP and MRI. *Cortex*. 2007;43(6):686-699.
18. Schultz RT, Grelotti DJ, Klin A, et al., P. The role of the fusiform face area in social cognition: implications for the pathobiology of autism. *Philos. Trans. R. Soc. Ser. B*. 2003;358:415-427.
19. Dalton KM, Nacewicz BM, Johnstone T, et al. Gaze fixation and the neural circuitry of face processing in autism. *Nat Neurosci*. 2005;8(4):519-526.
20. Amaral DG, Schumann CM, Nordahl CW. Neuroanatomy of autism. *Trends Neurosci*. 2008;31(3):137-145.

21. Dziobek I, Fleck S, Rogers K, Wolf OT, Convit A. The “amygdala theory of autism” revisited: linking structure to behavior. *Neuropsychologia*. 2006;44(10):1891-1899.
22. Schultz RT. Developmental deficits in social perception in autism: the role of the amygdala and fusiform face area. *Neuroscience*. 2005;23:125-141.
23. Rogers K, Dziobek I, Hassenstab J, Wolf OT, Convit A. Who cares? Revisiting empathy in asperger syndrome. *J Autism Dev Disord*. 2007;37(4):709-715.
24. Lord C, Rutter M, Le Couteur A. Autism diagnostic interview-revised: a revised version of a diagnostic interview for caregivers of individuals with possible pervasive developmental disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*. 1994;24:659-685.
25. Dziobek I, Fleck S, Kalbe E, et al. Introducing MASC: a movie for the assessment of social cognition. *J Autism Dev Disord*. 2006;36(5):623-636.
26. Prado WM, Taub DV. Accurate predication of individual intellectual functioning by the Shipley-Hartford. *Journal of Clinical Psychology*. 1966;22(3):294-296.
27. Zachary RA, Paulson MJ, Gorsuch RL. Estimating WAIS IQ from the Shipley Institute of Living Scale using continuously adjusted age norms. *Journal of Clinical Psychology*. 1985;41(6):820-831.
28. Ekman P, Friesen WV. *Pictures of facial affect*. Palo Alto,CA: Consulting Psychologists Press; 1975.
29. Horn W. *Leistungspruefsystem LPS*. Goettingen: Verlag fuer Psychologie, Dr. C.J. Hogrefe; 1962.
30. Crowne DP, Marlowe D. A new scale of social desirability independent of psychopathology. *J Consult Psychol*. 1960;24:349-354.
31. Davis MH. Measuring individual differences in empathy: Evidence for a multidimensional approach. *Journal of Personality and Social Psychology*. 1983;44(1):113-126.
32. Prehn K, Wartenburger I, Meriau K, et al. Individual differences in moral judgment competence influence neural correlates of socio-normative judgments. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*. 2008;3(1):33-46.
33. Jenkinson M, Bannister P, Brady M, Smith S. Improved optimization for the robust and accurate linear registration and motion correction of brain images. *Neuroimage*. 2002;17(2):825-841.
34. Nichols T, Brett M, Andersson J, Wager T, Poline JB. Valid conjunction inference with the minimum statistic. *Neuroimage*. 2005;25(3):653-660.
35. Convit A, McHugh PR, Wolf OT, et al. MRI volume of the amygdala: A reliable method allowing separation from the hippocampal formation. *Psychiatry Research: Neuroimaging*. 1999;90:113-123.
36. Buckner RL, Head D, Parker J, et al. A unified approach for morphometric and functional data analysis in young, old, and demented adults using automated atlas-based head size normalization: reliability and validation against manual measurement of total intracranial volume. *Neuroimage*. 2004;23(2):724-738.
37. Fischl B, Dale AM. Measuring the thickness of the human cerebral cortex from magnetic resonance images. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2000;97(20):11050-11055.
38. Dale AM, Fischl B, Sereno MI. Cortical surface-based analysis. I. Segmentation and surface reconstruction. *Neuroimage*. 1999;9(2):179-194.
39. Allison T, Puce A, McCarthy G. Social perception from visual cues: role of the STS region. *Trends Cogn Sci*. 2000;4(7):267-278.

40. Singer T, Kiebel SJ, Winston JS, Dolan RJ, Frith CD. Brain responses to the acquired moral status of faces. *Neuron*. 2004;41(4):653-662.
41. Winston JS, Strange BA, O' Doherty J, Dolan RJ. Automatic and intentional brain responses during evaluation of trustworthiness of faces. *Nat Neurosci*. 2002;5(3):277-283.
42. Winston JS, O' Doherty J, Kilner JM, Perrett DI, Dolan RJ. Brain systems for assessing facial attractiveness. *Neuropsychologia*. 2007;45(1):195-206.
43. Redcay E. The superior temporal sulcus performs a common function for social and speech perception: implications for the emergence of autism. *Neurosci Biobehav Rev*. 2008;32(1):123-142.
44. Haznedar MM, Buchsbaum MS, Wei TC, et al. Limbic circuitry in patients with autism spectrum disorders studied with positron emission tomography and magnetic resonance imaging. *The American Journal of Psychiatry*. 2000;157(12):1994-2001.
45. Schumann CM, Hamstra J, Goodlin-Jones BL, et al. The amygdala is enlarged in children but not adolescents with autism; the hippocampus is enlarged at all ages. *The Journal of Neuroscience: the Official Journal of the Society for Neuroscience*. 2004;24(28):6392-6401.
46. Pelphrey KA, Morris JP, McCarthy G, Labar KS. Perception of dynamic changes in facial affect and identity in autism. *Soc Cogn Affect Neurosci*. 2007;2(2):140-149.
47. Schultz RT, Gauthier I, Klin A, et al. Abnormal ventral temporal cortical activity during face discrimination among individuals with autism and Asperger syndrome. *Arch. Gen. Psychiatry*. 2000;57:331-340.
48. Hadjikhani N, Joseph RM, Snyder J, Tager-Flusberg H. Abnormal activation of the social brain during face perception in autism. *Hum Brain Mapp*. 2007;28(5):441-449.
49. Dapretto M, Davies MS, Pfeifer JH, et al. Understanding emotions in others: mirror neuron dysfunction in children with autism spectrum disorders. *Nat Neurosci*. 2006;9(1):28-30.
50. Pierce K, Redcay E. Fusiform Function in Children with an ASD Is a Matter of "Who". *Biol Psychiatry*. 2008.
51. Kleinhans NM, Richards T, Sterling L, et al. Abnormal functional connectivity in autism spectrum disorders during face processing. *Brain*. 2008;131(Pt 4):1000-1012.
52. Bullmore ET, Woodruff PW, Wright IC, et al. Does dysplasia cause anatomical dysconnectivity in schizophrenia? *Schizophr Res*. 1998;30(2):127-135.
53. Mitelman SA, Buchsbaum MS, Brickman AM, Shihabuddin L. Cortical intercorrelations of frontal area volumes in schizophrenia. *Neuroimage*. 2005;27(4):753-770.
54. Rykhlevskaia E, Gratton G, Fabiani M. Combining structural and functional neuroimaging data for studying brain connectivity: a review. *Psychophysiology*. 2008;45(2):173-187.
55. Lerch JP, Worsley K, Shaw WP, et al. Mapping anatomical correlations across cerebral cortex (MACACC) using cortical thickness from MRI. *Neuroimage*. 2006;31(3):993-1003.
56. Conturo TE, Williams DL, Smith CD, et al. Neuronal fiber pathway abnormalities in autism: an initial MRI diffusion tensor tracking study of hippocampo-fusiform and amygdalo-fusiform pathways. *J Int Neuropsychol Soc*. 2008;14(6):933-946.
57. Baron-Cohen S, Wheelwright S. The Empathy Quotient: An Investigation of Adults with Asperger Syndrome or High Functioning Autism, and Normal Sex Differences. *Journal of Autism and Developmental Disorders*. 2004;34(2):163-175.

58. Rogers J, Viding E, Blair RJ, Frith U, Happe F. Autism spectrum disorder and psychopathy: shared cognitive underpinnings or double hit? *Psychol Med*. 2006;36(12):1789-1798.
59. Yirmiya N, Sigman MD, Kasari C, Mundy P. Empathy and cognition in high-functioning children with autism. *Child Dev*. 1992;63(1):150-160.
60. Golan O, Baron-Cohen S, Hill J. The Cambridge Mindreading (CAM) Face-Voice Battery: Testing complex emotion recognition in adults with and without Asperger syndrome. *J Autism Dev Disord*. 2006;36(2):169-183.
61. Blair RJ. Psychophysiological responsiveness to the distress of others in children with autism. *Personality and Individual Differences*. 1999;26:477-485.

Ausgewählte Publikationen und Anteilserklärung

Der Promovend Markus Bahnemann hatte folgenden Anteil an den ausgewählten Publikationen:

Bahnemann M, Dziobek I, Prehn K, Wolf I, Heekeren HR. Sociotopy in the temporoparietal cortex: common versus distinct processes. *Soc Cogn Affect Neurosci*. 2010 Mar;5(1):48-58.

Impact Factor (JCR Science Edition 2009): 4,203

75-80 Prozent: Studiendesign, Datenerhebung und -auswertung, Manuskriptanfertigung

Dziobek I, Bahnemann M, Convit A, Heekeren HR. The role of the fusiform-amygdala system in the pathophysiology of autism. *Arch Gen Psychiatry*. 2010 Apr;67(4):397-405.

Impact Factor (JCR Science Edition 2009): 12,257

30-35 Prozent: Datenauswertung und Manuskriptanfertigung

Dziobek I, Rogers K, Fleck S, Bahnemann M, Heekeren HR, Wolf OT, Convit A. Dissociation of cognitive and emotional empathy in adults with Asperger syndrome using the Multifaceted Empathy Test (MET). *J Autism Dev Disord*. 2008 Mar;38(3):464-73. Epub 2007 Nov 8.

Impact Factor (JCR Social Science Edition 2009): 3.063

20-25 Prozent: Datenauswertung und Manuskriptanfertigung

Druckexemplare der ausgewählten Publikationen

Die Originalpublikationen werden aus urheberrechtlichen Gründen in der elektronischen Version meiner Arbeit nicht veröffentlicht.

Sie sind entsprechend der auf der vorherigen Seite angegebenen kompletten Referenzen über die Datenbank pubmed.gov recherchierbar mit Verknüpfungen zu den entsprechenden Verlagen.

Lebenslauf

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

Komplette Publikationsliste

Originalarbeiten

Dziobek, Isabel, Markus Bahnemann, Antonio Convit, and Hauke R Heekeren. "The role of the fusiform-amygdala system in the pathophysiology of autism." *Archives of general psychiatry* 67, no. 4 (April 2010): 397-405.

Bahnemann, Markus, Isabel Dziobek, Kristin Prehn, Ingo Wolf, and Hauke R Heekeren. "Sociotopy in the temporoparietal cortex: common versus distinct processes." *Social cognitive and affective neuroscience* 5, no. 1 (March 2010): 48-58.

Dziobek, Isabel, Kimberley Rogers, Stefan Fleck, Markus Bahnemann, Hauke R Heekeren, Oliver T Wolf, and Antonio Convit. "Dissociation of cognitive and emotional empathy in adults with Asperger syndrome using the Multifaceted Empathy Test (MET)." *Journal of autism and developmental disorders* 38, no. 3 (2008): 464-73.

Kongressbeiträge

Bahnemann M, Dziobek, I, Prehn K, Wolf, I, Heekeren HR. Sociotopy of the Superior Temporal Sulcus – searching for dissociable representations for judgments on movements, mental states and norm-congruency of behavior. Human Brain Mapping Conference, Chicago, IL, USA, 2007 – Vortrag und Poster

Bahnemann M, Dziobek, I, Prehn K, Wolf, I, Heekeren HR. Sociotopy of the Superior Temporal Sulcus – searching for dissociable representations for judgments on movements, mental states and norm-congruency of behavior. Neural Systems of Social Behavior, Austin, TX, USA, 2007 – Vortrag

Dziobek I, Rogers K, Fleck S, Bahnemann M, Heekeren HR, Wolf OT, Convit A. Differenzierung kognitiver und affektiver Empathie bei Menschen mit Asperger Syndrom: Erste Ergebnisse des Multifaceted Empathy Test (MET). Kongress der Deutschen Gesellschaft für Psychiatrie, Psychotherapie und Nervenheilkunde (DGPPN), Berlin November 2006; *Der Nervenarzt* 77 (Suppl. 3) 2006, S 343:0095. – Poster

Buch

Schrimpf, Ulrike / Bahnemann, Markus. *Deutsch für Ärztinnen und Ärzte. Kommunikationstraining für Klinik und Praxis.* Heidelberg (Springer), 2010

Selbständigkeitserklärung

„Ich, Markus Bahnemann, erkläre, dass ich die vorgelegte Dissertation mit dem Thema „Soziale Kognition und ihre neuronalen Strukturen: Zur Bedeutung des temporoparietalen Kortex und des Gyrus fusiformis-Amygdala-Systems“ selbst verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt, ohne die (unzulässige) Hilfe Dritter verfasst und auch in Teilen keine Kopien anderer Arbeiten dargestellt habe.“

Berlin, den 31. Mai 2012