

Neuronale Netzwerke der wunschbasierten Emotionsattribution im Altersvergleich

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Philosophie an der Ludwig-Maximilians-Universität
München



vorgelegt von
Kerstin Eichenmüller aus Regensburg

Referentin: Prof. Dr. Beate Sodian, Lehrstuhl für Entwicklungspsychologie,
Department für Psychologie der Ludwig-Maximilians-Universität München

Co-Referent: Prof. Dr. Göran Hajak, Lehrstuhl für Psychiatrie, Klinik und
Poliklinik für Psychiatrie, Psychotherapie und Psychosomatik der Universität
Regensburg am Bezirksklinikum

Tag der mündlichen Prüfung: 19.07.2010

DANKSAGUNG

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen Personen bedanken, die mich bei der Erstellung dieser Arbeit unterstützt haben. Allen voran gilt mein Dank Frau Professor Dr. Beate Sodian und Herrn Professor Dr. Göran Hajak, die mich sowohl mit ihrem Fachwissen und wertvollen Ratschlägen unterstützt haben, als auch die notwendigen Rahmenbedingungen und Voraussetzungen für die Durchführung dieser Arbeit geschaffen haben. Des Weiteren möchte ich mich insbesondere bei Frau Dr. Monika Sommer bedanken, auf deren wissenschaftliche Fachkompetenz, Unterstützung und Hilfe ich in allen Phasen der Arbeit zählen konnte, und die stets für mich ansprechbar war. Zudem gilt mein Dank meinen Kollegen der Arbeitsgruppe „Clinical Neuroscience Centre for Emotions and Social Cognition“, Katrin Döhnel, Katrin Arnold und Christoph Rothmayr, für ihre tatkräftige Hilfe bei der Erhebung und Auswertung der Daten und ihre wertvollen Anregungen und Hinweise. Ebenso möchte ich allen Versuchspersonen und dabei vor allem allen teilnehmenden Kindern und deren Eltern, sowie den mitwirkenden Institutionen, dem Albrecht-Altdorfer-Gymnasium Regensburg, dem Albertus-Magnus-Gymnasium Regensburg, dem Pindl-Gymnasium Regensburg e.V., sowie dem Cantemus-Chor Regensburg für ihre Teilnahme an dieser Studie danken. Mein ganz besonderer Dank gilt außerdem meinen Eltern und meinem Lebenspartner Bruno, die mich stets ermutigt haben und mir den Rücken freigehalten haben.

ZUSAMMENFASSUNG

Das Vorhandensein einer „Theory of Mind“ (ToM), der Fähigkeit, sich selbst und Anderen mentale Zustände wie Überzeugungen, Wünsche oder Emotionen zuzuschreiben, unterscheidet den Menschen von allen anderen Lebewesen und stellt die Grundlage für das soziale Verständnis anderer Personen dar. Diese spezifisch menschliche Fähigkeit, die sich im Laufe der Kindheit entwickelt, weckte nicht nur in der Entwicklungspsychologie, sondern auch in den Neurowissenschaften reges Forschungsinteresse. Studien mit funktioneller Bildgebung an gesunden erwachsenen Probanden ergaben, dass für die Zuschreibung mentaler Zustände ein Netzwerk bestehend aus anterioren medial präfrontalen und temporoparietalen Arealen von besonderer Bedeutung zu sein scheint. Neuroanatomische Studien zeigten jedoch, dass es in diesen Gehirnregionen insbesondere mit Beginn der Pubertät zu massiven Umstrukturierungsprozessen in der grauen und weißen Substanz kommt, bevor im Erwachsenenalter eine funktionelle Spezifizierung und Effizienz der neuronalen Verbindungen erreicht wird. Dennoch beschäftigten sich bisher nur wenige Studien mit der Frage, ob bzw. inwiefern sich auch auf funktioneller neuronaler Ebene entwicklungsabhängige Unterschiede in der Rekrutierung und Funktion dieser Areale bei der Zuschreibung mentaler Zustände zeigen. Dabei existieren insbesondere zur Zuschreibung von Emotionen bisher kaum Studien.

In der vorliegenden Untersuchung wurden mit Hilfe der funktionellen Magnetresonanztomographie (fMRT) erstmals die neuronalen Netzwerke der wunschbasierten Zuschreibung von Emotionen in neutralen und moralisch relevanten Kontexten bei Erwachsenen (Studie I) und Kindern (Studie II) untersucht und miteinander verglichen (Studie III). Dazu wurden 15 gesunden jungen Erwachsenen im Alter von 18 bis 20 Jahren und 15 gesunden Kindern im Alter von zehn bis zwölf Jahren kommentierte Bildergeschichten präsentiert, in denen einem Protagonisten, dessen neutraler oder unmoralischer Wunsch entweder erfüllt oder nicht erfüllt wurde, Emotionen zugeschrieben werden sollten. In diesem Altersbereich weisen Kinder ein mit Erwachsenen vergleichbares Verständnis komplexer und simultaner Emotionen auf. Gleichzeitig unterscheidet sich in diesem Alter das Volumen grauer und weißer Substanz massiv von den Volumina bei Erwachsenen. Als Kontrollbedingung wurden Geschichten dargeboten, in denen keine Emotionsattribution verlangt wurde. Über ein Emotionsrating nach der fMRT-Untersuchung wurden außerdem spezifischere Emotionsattributionsmuster erhoben. In den Verhaltensdaten ergaben sich keine bedeutsamen Unterschiede zwischen den Gruppen, was auf eine grundlegend ähnliche Verarbeitung hinweist. Auf neuronaler Ebene zeigte sich bei der Zuschreibung von Emotionen auf der Basis

unmoralischer Wünsche bei den Erwachsenen die Rekrutierung eines ausschließlich frontalen Netzwerkes, bestehend aus anterioren medialen und dorso- und ventrolateralen (prä-)frontalen Arealen. Bei den Kindern ergaben sich zusätzlich Aktivierungen in anterioren und posterioren temporalen Arealen, der temporoparietalen Junction (TPJ) und dem Präcuneus, sowie Mehraktivierungen gegenüber den Erwachsenen im Temporalpol, der TPJ und dem Präcuneus / posterioren Cingulum. Hingegen zeigten sich bei der Zuschreibung von Emotionen auf der Basis neutraler Wünsche bei keiner der beiden Gruppen Aktivierungen in medial präfrontalen und temporoparietalen Arealen, welche mit der Zuschreibung von mentalen Zuständen assoziiert werden. Stattdessen ergaben sich bei den Erwachsenen nur Aktivierungen im dorso- und ventrolateralen präfrontalen Kortex sowie im posterioren medialen Frontalkortex und bei den Kindern im posterioren Temporalkortex sowie im ventralen anterioren Cingulum. Diese Befunde weisen darauf hin, dass sowohl Erwachsene als auch Kinder nur bei der Emotionsattribution auf der Basis unmoralischer Wünsche Emotionen im Sinne eines Mentalisierungsprozesses zuschreiben, während sie die Emotionen der Protagonisten bei zugrunde liegenden neutralen Wünschen über einen einfachen Abgleich zwischen Wunsch und Handlungsausgang zu inferieren scheinen. Des Weiteren deuten diese Befunde darauf hin, dass im Erwachsenenalter die Rekrutierung eines ausschließlich frontalen Netzwerkes ausreicht, um in solchen Szenarien Emotionen zuzuschreiben. Bei Kindern scheint jedoch im Zusammenhang mit noch weniger effizienten und spezifischen neuronalen Verbindungen eine zusätzliche Aktivierung und Mehraktivierung posteriorer Areale, welche die Übernahme der Perspektive einer anderen Person, sowie die Unterscheidung verschiedener Perspektiven unterstützen, notwendig zu sein.

INHALTSVERZEICHNIS

0	EINFÜHRUNG.....	9
1	THEORETISCHER UND EMPIRISCHER HINTERGRUND	12
1.1	Befunde der entwicklungspsychologischen Forschung zur „Theory of Mind“	12
1.1.1	Definition der Theory of Mind	12
1.1.2	Entwicklung der Überzeugungsattribution	14
1.1.3	Entwicklung der Wunsch- / Intentionsattribution.....	16
1.1.3.1	Entwicklungen im Säuglingsalter	16
1.1.3.2	Entwicklungen im Kleinkindalter.....	18
1.1.3.3	Entwicklung eines subjektiven bzw. repräsentationalen Verständnisses von Wünschen / Intentionen als mentale Zustände.....	20
1.1.4	Entwicklung der Emotionsattribution	26
1.1.4.1	Entwicklungen im Säuglingsalter	27
1.1.4.2	Entwicklungen im Kleinkindalter.....	28
1.1.4.3	Entwicklung eines subjektiven bzw. repräsentationalen Verständnisses von Emotionen als mentale Zustände	30
1.1.4.4	Entwicklung der Zuschreibung von Basisemotionen und komplexen Emotionen	32
1.1.4.5	Entwicklung der Zuschreibung von simultanen bzw. gemischten Emotionen	35
1.1.4.6	Das Happy-Victimizer-Phänomen	38
1.2	Befunde zur strukturellen Gehirnentwicklung	46
1.3	Befunde der funktionellen Bildgebung.....	51
1.3.1	Befunde der funktionellen Bildgebung bei Erwachsenen.....	52
1.3.1.1	Neuronale Korrelate der Wunsch- / Intentionsattribution	52
1.3.1.2	Neuronale Korrelate der Emotionsattribution	57
1.3.1.3	Neuronale Korrelate der Verarbeitung moralisch bedeutsamer Szenarien	65
1.3.2	Befunde der funktionellen Bildgebung bei gesunden Kindern und Jugendlichen und im Altersvergleich.....	69
1.3.2.1	Neuronale Korrelate der Überzeugungsattribution	69
1.3.2.2	Neuronale Korrelate der Dekodierung und Zuschreibung von Wünschen und Intentionen	70
1.3.2.3	Neuronale Korrelate der Dekodierung und Zuschreibung von Emotionen	75

1.4	Zusammenfassung und Untersuchungshypothesen	81
2	METHODEN STUDIE I – WUNSCHBASIERTE EMOTIONSATTRIBUTION BEI ERWACHSENEN.....	88
2.1	Stichprobe	88
2.2	Stimuli.....	89
2.3	Verwendete Technik und Scannerparameter	96
2.4	Versuchsablauf	97
2.5	Versuchsdesign	98
2.6	Auswertung.....	98
2.6.1	Analyse der Verhaltensdaten	98
2.6.2	Analyse der fMRT-Daten	99
3	ERGEBNISSE STUDIE I – WUNSCHBASIERTE EMOTIONSATTRIBUTION BEI ERWACHSENEN.....	103
3.1	Verhaltensdaten.....	103
3.1.1	Während der fMRT-Messung aufgezeichnete Reaktionen	103
3.1.2	Emotionsrating	105
3.2	fMRT-Daten	108
4	DISKUSSION STUDIE I – WUNSCHBASIERTE EMOTIONSATTRIBUTION BEI ERWACHSENEN.....	113
4.1	Verhaltensdaten.....	114
4.1.1	Während der fMRT-Messung aufgezeichnete Reaktionen	114
4.1.2	Emotionsrating	120
4.2	fMRT-Daten	122
5	METHODEN STUDIE II – WUNSCHBASIERTE EMOTIONSATTRIBUTION BEI KINDERN.....	140
5.1	Stichprobe	140
5.2	Material.....	140
5.3	Versuchsablauf	141
5.4	Versuchsdesign und Auswertung.....	142
6	ERGEBNISSE STUDIE II – WUNSCHBASIERTE EMOTIONSATTRIBUTION BEI KINDERN.....	143
6.1	Verhaltensdaten.....	143
6.1.1	Während der fMRT-Messung aufgezeichnete Reaktionen	143
6.1.2	Emotionsrating	144
6.2	fMRT-Daten	148

7	DISKUSSION STUDIE II - WUNSCHBASIERTE EMOTIONSATTRIBUTION BEI KINDERN.....	153
7.1	Verhaltensdaten.....	153
7.1.1	Während der fMRT-Messung aufgezeichnete Reaktionen	153
7.1.2	Emotionsrating.....	154
7.2	fMRT-Daten	157
8	METHODEN STUDIE III – GRUPPENVERGLEICH: WUNSCHBASIERTE EMOTIONSATTRIBUTION BEI ERWACHSENEN VERSUS KINDERN	175
8.1	Analyse der Verhaltensdaten.....	175
8.2	Analyse der fMRT-Daten	176
8.2.1	Deskriptiver Vergleich der fMRT-Daten der beiden Stichproben	176
8.2.2	Statistischer Vergleich der fMRT-Daten der beiden Stichproben.....	176
9	ERGEBNISSE STUDIE III – GRUPPENVERGLEICH: WUNSCHBASIERTE EMOTIONSATTRIBUTION BEI ERWACHSENEN VERSUS KINDERN	178
9.1	Verhaltensdaten.....	178
9.1.1	Während der fMRT-Messung aufgezeichnete Reaktionen	178
9.1.2	Emotionsrating.....	179
9.2	fMRT-Daten	184
9.2.1	Deskriptiver Vergleich der fMRT-Daten der beiden Stichproben	184
9.2.2	Statistischer Vergleich der fMRT-Daten der beiden Stichproben.....	188
10	DISKUSSION STUDIE III – GRUPPENVERGLEICH: WUNSCHBASIERTE EMOTIONSATTRIBUTION BEI ERWACHSENEN VERSUS KINDERN	191
10.1	Verhaltensdaten.....	191
10.1.1	Während der fMRT-Messung aufgezeichnete Reaktionen	191
10.1.2	Emotionsrating.....	192
10.2	fMRT-Daten	193
11	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK	203
12	LITERATURVERZEICHNIS	208
13	ANHANG	230

0 EINFÜHRUNG

Das Vorhandensein einer „Theory of Mind“ (ToM) unterscheidet den Menschen von allen anderen Lebewesen (Premack & Woodruff, 1978). ToM beschreibt die Fähigkeit, die Perspektive einer anderen Person einzunehmen und ihr unabhängig vom eigenen mentalen Zustand und auch unabhängig von sichtbaren physikalischen Hinweisreizen, wie z. B. einem emotionalen Gesichtsausdruck, mentale Zustände wie Wünsche und Intentionen, Emotionen, Überzeugungen und Wissen zuzuschreiben. Diese komplexe Fähigkeit stellt die Basis dafür dar, Handlungen und Entscheidungen anderer Personen zu verstehen und adäquat auf das Verhalten anderer Personen reagieren zu können. Das Vorhandensein einer ToM ist somit die Grundvoraussetzung für soziale Kommunikation und Interaktion.

Die Entwicklung dieser Fähigkeit in der menschlichen Ontogenese wurde in zahlreichen Studien untersucht. Im Fokus des Forschungsinteresses stand dabei v. a. der Erwerb des Konzeptes der (falschen) Überzeugung, da die Fähigkeit zu verstehen, dass eine Person eine vom eigenen mentalen Zustand und der Realität unabhängige falsche Überzeugung über die Realität haben kann und auch auf der Basis dieser subjektiven Überzeugung handeln wird, das Vorhandensein einer ToM in der kindlichen Entwicklung markiert (für einen Überblick s. Astington, 1993; Perner, 1991; Sodian & Thoermer, 2006; Wellman, 1990; Wellman, Cross & Watson, 2001). Auch zu den weiteren Komponenten der ToM existieren jedoch zahlreiche Studien. Diese Untersuchungen gingen z. B. der Frage nach, ab welchem Alter Kinder Wünsche, Intentionen oder Emotionen ähnlich wie Überzeugungen unabhängig von physikalischen oder situativen Hinweisreizen als subjektive mentale Zustände verstehen, und ab welchem Alter sie sich der kausalen Beziehung zwischen der Erfüllung bzw. Nicht-Erfüllung eines Wunsches und den damit einhergehenden Emotionen bewusst sind (z. B. Astington, 1999; Hadwin & Perner, 1991; Wellman & Banerjee, 1991; Yuill, Perner, Pearson, Peerbhoy & van den Ende, 1996). Im Zusammenhang mit dieser Fragestellung, aber auch um z. B. näheren Aufschluss über die moralische Entwicklung und die Entwicklung moralischer Motivation zu erhalten, wurden Studien durchgeführt, in welchen systematisch untersucht wurde, welche Emotionen Kinder verschiedener Altersstufen einem Protagonisten zuschreiben, der gegen einen moralischen Standard verstößt, sich dadurch aber einen persönlichen Wunsch erfüllt (z. B. Lourenco, 1997; Nunner-Winkler & Sodian, 1988).

Besonderes Interesse im Rahmen der ToM-Forschung erregte auch der Befund, dass Personen mit Autismus bzw. Aspergersyndrom, einer Entwicklungsstörung, die u. a. durch mehr oder weniger gravierende Einschränkungen in der sozialen Kommuni-

kation, Interaktion und Entwicklung gekennzeichnet ist, spezifische Beeinträchtigungen in der ToM aufweisen (Abell, Happé & Frith, 2000; Baron-Cohen, Leslie & Frith, 1985; Sodian & Frith, 1992). Des Weiteren zeigten sich auch bei Personen mit Läsionen in bestimmten Gehirnarealen, v. a. im medialen Frontalkortex und in einem Bereich des Übergangs zwischen Temporal- und Parietalkortex (Rowe, Bullock, Polkey & Morris, 2001; Samson, Apperly, Chiavarino & Humphreys, 2004; Stuss, Gallup & Alexander, 2001) zumindest zum Teil spezifische ToM-Defizite. Diese (wenn auch teilweise inkonsistenten) Befunde ließen vermuten, dass der ToM ein bestimmtes neuronales Netzwerk zugrunde liegen könnte. Um die möglichen Komponenten eines solchen der ToM zugrunde liegenden neuronalen Netzwerkes systematisch zu erforschen, wurden in den letzten 20 Jahren eine ganze Reihe von Studien mit funktioneller Bildgebung durchgeführt. Diese beschränkten sich zunächst auf die Untersuchung der neuronalen Korrelate der ToM bei erwachsenen Personen (für einen Überblick vgl. z. B. Gallagher & Frith, 2003; Phan, Wager, Taylor & Liberzon, 2002; Saxe, Carey & Kanwisher, 2004). Erst in den letzten zehn Jahren wurden auch die neuronalen Netzwerke von Kindern und Jugendlichen verschiedenen Alters mittels funktioneller Magnetresonanztomographie (fMRT) bei der Bearbeitung unterschiedlicher ToM-Aufgaben erforscht. Allerdings wurde nur in wenigen dieser Studien ein direkter Vergleich zwischen den neuronalen Netzwerken bei Kindern und Erwachsenen bei der Bearbeitung derselben ToM-Aufgabe durchgeführt. In den vereinzelt durchgeführten Studien, in denen ein solcher Altersvergleich durchgeführt wurde, zeigte sich jedoch interessanterweise, dass Kinder und Jugendliche bei gleicher Performanz im Vergleich zu Erwachsenen auf unterschiedliche neuronale Strategien zurückgreifen (für einen Überblick vgl. Blakemore, 2008). Diese altersabhängig unterschiedliche Rekrutierung von Gehirnarealen bei der Bearbeitung derselben Aufgabe wird auch mit entwicklungsabhängigen neuroanatomischen Umstrukturierungsprozessen in für die Prozessierung von ToM-Aufgaben wichtigen Gehirnarealen in Zusammenhang gesehen, welche sich nach neueren Untersuchungen v. a. während des Übergangs zwischen später Kindheit und Adoleszenz vollziehen, zum Teil jedoch auch bis in das Erwachsenenalter fort dauern (für einen Überblick vgl. Blakemore & Choudhury, 2006).

Das Ziel der vorliegenden fMRT-Studien war es daher, die wenigen bereits bestehenden Befunde zu entwicklungsbedingten Modulationen der an ToM-Prozessen beteiligten neuronalen Korrelate zu erweitern. Dazu wurden Erwachsenen im Alter von 18 bis 20 Jahren und Kindern im Alter von zehn bis zwölf Jahren in Anlehnung an das von Yuill und Kollegen (1996) entwickelte Paradigma Geschichten präsentiert, in denen einem Protagonisten Emotionen zugeschrieben werden sollten, dessen „neutraler“ Wunsch, einen Gegenstand zu einer bestimmten Person zu spielen oder dessen

„unmoralischer“ Wunsch, eine bestimmte Person mit einem Gegenstand zu verletzen, erfüllt bzw. nicht erfüllt wurde. Die vorliegende Untersuchung ist somit eine der ersten, in der die neuronalen Korrelate der Zuschreibung eines mentalen Zustandes bei Kindern im Vergleich zu Erwachsenen mittels fMRT untersucht wurden und die erste, in der die neuronalen Korrelate der Zuschreibung von Emotionen auf der Basis eines erfüllten oder nicht erfüllten neutralen oder unmoralischen Wunsches, der sog. „wunschbasierten Emotionsattribution“, im Altersvergleich erhoben wurden. Im Gegensatz zu vorherigen fMRT-Studien, in denen die Kinderstichproben häufig aus Probanden von der mittleren / späten Kindheit bis zur mittleren oder sogar späten Adoleszenz bestanden, wurde für diese Untersuchung außerdem ein engerer Altersbereich für die Kinderstichprobe (zehn bis zwölf Jahre) gewählt, um damit insbesondere einen Zeitabschnitt in der Entwicklung aufzugreifen, in dem sehr starke strukturelle Veränderungen auf neuronaler Ebene stattfinden.

Im Folgenden werden im Rahmen der Darstellung des theoretischen und empirischen Hintergrundes zunächst die entwicklungspsychologischen Befunde zur Entwicklung der ToM mit dem Fokus auf der Wunsch- / Intentionsattribution, der Emotionsattribution und dem Verständnis der kausalen Beziehung zwischen diesen beiden mentalen Zuständen aufgeführt. Dem folgt eine Darstellung der Befunde zur anatomischen Entwicklung der Gehirnstrukturen. Anschließend werden Ergebnisse der funktionellen Bildgebung hinsichtlich neuronaler Korrelate der Wunsch- / Intentions- und Emotionsattribution bei erwachsenen Probanden aufgeführt, bevor auf relevante Ergebnisse der funktionellen Bildgebung bei Kindern / Jugendlichen und bei Kindern / Jugendlichen im Vergleich zu Erwachsenen eingegangen wird. Die weitere Arbeit gliedert sich in drei Bereiche, welche die experimentelle Vorgehensweise, die Ergebnisse und eine Diskussion der Ergebnisse zunächst für die Erwachsenen, anschließend für die Kinder und schließlich für den Vergleich der beiden Gruppen enthalten. Dem schließt sich eine Zusammenfassung und ein Ausblick für künftige Untersuchungen an.

1 THEORETISCHER UND EMPIRISCHER HINTERGRUND

1.1 Befunde der entwicklungspsychologischen Forschung zur „Theory of Mind“

1.1.1 Definition der Theory of Mind

Unter einer ToM versteht man die Fähigkeit, sich selbst und anderen Personen mentale Zustände wie Intentionen und Wünsche, Emotionen, Überzeugungen oder Wissen zuzuschreiben. Dieser Vorgang wird von einigen Autoren als „Mentalisieren“ bezeichnet (Frith, Morton & Leslie, 1991). ToM beinhaltet weiterhin das Bewusstsein darüber, dass sich der mentale Zustand einer anderen Person vom eigenen mentalen Zustand oder auch von der Realität unterscheiden kann und die Fähigkeiten, mentale Zustände und Realität entkoppelt voneinander zu repräsentieren (Leslie, 1987, 1994) und auf dieser Basis Verhalten vorherzusagen und zu erklären.

Nach Perner (1991) sind mentale Zustände im Unterschied zu rein behavioralen Assoziationen durch drei Kriterien gekennzeichnet: sie sind der „inneren Erfahrung“ zugänglich, fungieren als „theoretische Konstrukte“ in einer intuitiven Verhaltenstheorie und sind insbesondere gekennzeichnet durch „Intentionalität“. Dies bedeutet, dass die Zuschreibung mentaler Zustände dadurch erfolgt, dass eigene mentale Zustände erfahren werden und dass das daraus resultierende Wissen eine Person befähigt, sich in eine andere Person hineinzusetzen. Die Attribution mentaler Zustände stellt dabei eine kausal-explanative Rolle bei der Vorhersage bzw. Erklärung von Verhalten dar. Des Weiteren beziehen sich mentale Zustände auf intentionale Objekte, die sich wiederum durch „Nichtexistenz“, „Aspektualität“ und „Missrepräsentation“ auszeichnen, d.h., das Objekt, auf den sich der mentale Zustand bezieht, ist nicht unbedingt existent und die intentionalen Akte beziehen sich nur auf bestimmte Aspekte eines Objektes und können das Zielobjekt missrepräsentieren. Ein Beispiel hierfür wäre die falsche Überzeugung einer Person (z. B. Maxi), dass sich ein bestimmtes Objekt (z. B. Schokolade) an einem bestimmten Ort befindet (z. B. im Schrank). Aussagen wie „Maxi glaubt, dass die Schokolade im Schrank ist.“ werden auch als „propositionale Einstellungen“ bezeichnet. Diese propositionalen Einstellungen (z. B. glauben, denken) bezeichnen die Art der psychologischen Relation, in der ein Organismus (z. B. Maxi) in Beziehung steht zu einer Proposition (die Schokolade ist im Schrank), welche wiederum ausdrückt, wie der Organismus die Realität repräsentiert. Diese Proposition kann außerdem unabhängig von der propositionalen Einstellung des Organismus wahr oder falsch sein. Um falsche Überzeugungen zu

verstehen, ist ein Verständnis davon nötig, dass Propositionen Aussagen über die Welt sind, die von Individuen evaluiert, also mit ihrer subjektiven Realität abgeglichen werden, wodurch es zu verschiedenen Evaluationen der gleichen Propositionen zu einem Zeitpunkt kommen kann (Beispiel: Maxi hält die Aussage „Die Schokolade ist im Schrank.“ für wahr; Maxis Mutter hält die Aussage „Die Schokolade ist in der Truhe.“ für wahr; beide Propositionen können jedoch falsch sein, wenn z. B. Maxis Schwester die Schokolade ohne das Wissen von Maxi und dessen Mutter aufgegessen hat.).

Da nun diese mentalen Zustände nicht direkt beobachtbar sind, müssen sie inferiert werden. Nach der „Simulation-Theory“ (ST) geschieht dies durch eine unmittelbare Einsicht in die eigenen situationsspezifischen mentalen Zustände, die dann als Modell dienen und durch Projektion in die Situation einer anderen Person einen Zugang zu den mentalen Zuständen anderer Personen ermöglichen (Harris, 1992). Laut Vertretern der „Theory-Theory“ (TT) hingegen werden eigene und fremde mentale Zustände durch begriffliches Wissen erschlossen, welches in eine während der Entwicklung und den damit einhergehenden Erfahrungen und sozialen Informationen erworbene Theorie eingebettet ist. Diese Theorie enthält Regeln und Axiome, so dass die mentalen Begriffe wie theoretische Terme ihre Bedeutung durch ihre Beziehung zu anderen Begriffen der Theorie und durch ihren Bezug zu unbeobachtbaren mentalen Zuständen und Vorgängen erhalten (Gopnik & Wellman, 1992). Für beide Theorien existieren unterstützende empirische Ergebnisse. Als Belege für die ST gelten beispielsweise die Beobachtung, dass Kleinkinder zu einer spontanen Nachahmung von Gesichtsausdrücken in der Lage sind (Meltzoff & Moore, 1977) und das Vorhandensein sog. Spiegelneurone, die sowohl bei der Beobachtung zielgerichteter Handlungen als auch bei der eigenen Ausführung der gleichen Handlungen Aktivierungen aufweisen (z. B. Rizzolatti, Fadiga, Gallese & Fogassi, 1996). Die Vorhersagen der TT hingegen erwiesen sich u. a. als konsistenter mit der Beobachtung, dass Kinder eigene und fremde mentale Zustände in der Entwicklung ungefähr gleichzeitig konzeptualisieren, da nach der TT die Zuschreibung eigener und fremder mentaler Zustände in gleicher Weise von der sich entwickelnden Theorie und dem begrifflichen Wissen abhängig ist (Gopnik & Wellman, 1994), während Kinder laut der ST zuerst Einsicht nur in eigene mentale Zustände haben und erst in einem zweiten Schritt diese auch auf andere projizieren können. Die Befunde lassen insgesamt eher eine Mischung der beiden konkurrierenden Annahmen als das Zutreffen nur einer der beiden Theorien vermuten. Auch neuere Ansätze in der Philosophie gehen davon aus, dass in manchen Fällen des Mentalisierens auf Simulation, in anderen jedoch auf theoriebasiertes Wissen zurückgegriffen wird (vgl. Sodian & Thoermer, 2006).

Wie eingangs erwähnt, beschäftigten sich die meisten Studien zur ToM (für einen Überblick vgl. Astington, 1993; Perner, 1991; Sodian & Thoermer, 2006; Wellman, 1990; Wellman et al., 2001) mit dem Erwerb des Konzeptes der Überzeugung, da ein Verständnis falscher Überzeugung das Vorhandensein einer ToM nach den oben genannten Kriterien markiert. Bevor daher auf die Entwicklung der für die vorliegende Untersuchung zentralen Konzepte der Wunsch- / Intentions- und Emotionsattribution und insbesondere für diese Konzepte, aber auch im Allgemeinen für die ToM relevante frühkindliche Kompetenzen oder Vorläuferfunktionen eingegangen wird, wird zunächst das Konzept der Überzeugungsattribution als zentrale Komponente der ToM kurz dargestellt.

1.1.2 Entwicklung der Überzeugungsattribution

Um eine falsche Überzeugung zu verstehen, muss erkannt werden, dass eine andere Person eine falsche Überzeugung über die Realität haben kann, die sie subjektiv jedoch für richtig hält und deswegen auch entsprechend ihrer Überzeugung handeln wird. Da das Verständnis einer falschen Überzeugung also die Repräsentation dieses subjektiven mentalen Zustands unabhängig von der Realität erfordert, um daraus Handlungsvorhersagen treffen zu können, kennzeichnet das Auftreten der Fähigkeit zur Zuschreibung von falschen Überzeugungen nach Ansicht vieler Autoren (z. B. Dennett, 1978; Perner, 1991; Sodian & Thoermer, 2006) die Entstehung einer ToM nach oben genannten Kriterien. Der größte Teil der Untersuchungen zur Entwicklung der ToM beschäftigte sich daher auch mit der Entwicklung der Überzeugungsattribution. Dazu wurden unterschiedliche Aufgaben verwendet. In der ersten systematischen Untersuchung präsentierten Wimmer und Perner (1983) den Kindern eine Geschichte, in der Maxi eine Schokolade in einen Schrank legt. Während Maxi draußen spielt, nimmt die Mutter die Schokolade aus dem Schrank und legt sie in einen anderen Schrank („Unerwarteter Transfer“). Die Probanden sollten u. a. eine Handlungsvorhersage dahingehend treffen, wo Maxi nach der Schokolade suchen wird, wenn er wieder zurück kommt (vgl. auch das „Sally-Anne-Paradigma“ von Baron-Cohen et al. (1985) als weitere Unerwarteter Transfer-Aufgabe). Gopnik und Astington (1988) verwendeten eine andere Aufgabe, um das Verständnis falscher Überzeugungen zu untersuchen. Sie zeigten Kindern z. B. eine Smarties-Schachtel. Anschließend wurde den Kindern gezeigt, dass die Schachtel aber etwas anderes enthielt, z. B. einen Stift („Crayon-Task“; „Unerwarteter Inhalt“). Die Probanden sollten beantworten, was ein anderes Kind, das den tatsächlichen Inhalt nicht gesehen hat, glaubt, was sich in der Schachtel befindet. Diese Aufgabe erfordert also die Repräsentation einer falschen Überzeugung einer anderen Person unabhängig von der Realität

und dem eigenen Wissen. In der "Sabotage-Deception-Task" wird das Verständnis falscher Überzeugungen hingegen über die Fähigkeit, eine Lüge zu verwenden, um ein bestimmtes Ziel zu erreichen, untersucht, was eine Manipulation von und Reflexion über die Überzeugung einer anderen Person erfordert (Sodian & Frith, 1992). Des Weiteren wurden auch nonverbale Aufgaben verwendet, um das Verständnis falscher Überzeugungen insbesondere bei jüngeren Kindern zu untersuchen (Call & Tomasello, 1999).

Die Studien zur Überzeugungsattribution deuten darauf hin, dass ein implizites Verständnis falscher Überzeugungen, erhoben z. B. über die Blickwendung bei Unerwarteter Transfer-Aufgaben, frühestens bei knapp dreijährigen Kindern beobachtet werden kann (Carpenter, Call & Tomasello, 2003). Zwar zeigte sich, dass bereits Kinder im zweiten Lebensjahr länger schauten, wenn eine Person ein transferiertes Objekt am tatsächlichen Ort suchte, obwohl sie nicht gesehen hatte, dass das Objekt dorthin transferiert wurde, bzw. wenn die Person das Objekt am falschen Ort suchte, obwohl sie gesehen hatte, wo das Objekt neu positioniert worden war (z. B. Onishi & Baillargeon, 2005). Sodian und Thoermer (2006, 2008) argumentieren jedoch, dass sich diese Ergebnisse auch dadurch erklären ließen, dass Kinder in diesem Alter situationale Aspekte der Aufgabe nutzen und integrieren können und eine rein behaviorale Assoziation zwischen Sehen und Handeln hergestellt werde, ohne dass ein Verständnis des Mechanismus des Informationserwerbs oder die Fähigkeit zur Überzeugungsattribution vorliegen müssen. Ein explizites Verständnis falscher Überzeugungen tritt dann – auch bei validen Vereinfachungen der Aufgaben – frühestens mit dreieinhalb bis vier Jahren auf (Perner, 2000; Sodian, 1991; Sodian, Hülken & Thoermer, 1999; Sodian & Thoermer, 2006; Wellman et al., 2001). Erst im Alter von etwa fünf bis sechs Jahren sind Kinder jedoch in der Lage, Überzeugungen zweiter Ordnung („Second-Order-False-Beliefs“), also Repräsentationen mentaler Repräsentationen der Realität (Beispiel: „Maxi glaubt, dass Susi glaubt, die Schokolade sei im grünen Schrank.“) zu verstehen (z. B. Sullivan, Zaitchik & Tager-Flusberg, 1994).

Nicht nur die Fähigkeit, Überzeugungen zuzuschreiben, sondern auch die Fähigkeit, Wünsche bzw. Intentionen und Emotionen als subjektive mentale Zustände nach den drei oben genannten Kriterien einer ToM zu repräsentieren, entwickelt sich erst ab einem Alter von ca. vier bis sechs Jahren. Bereits viel früher in der kindlichen Entwicklung zeigen sich jedoch Kompetenzen, die einem repräsentationalen Verständnis von mentalen Zuständen vorausgehen. In den folgenden beiden Abschnitten zum Wunsch-/Intentions- und Emotionsverständnis wird daher jeweils zunächst die Entwicklung einiger, insbesondere für das Verständnis dieser beiden Konzepte relevanter früher Kompetenzen in den ersten drei Lebensjahren dargestellt, bevor auf die Entwicklung

eines subjektiven und repräsentationalen Verständnisses von Wünschen / Intentionen und Emotionen und weiteren, hinsichtlich des Emotionsverständnisses relevanten Aspekten ab dem vierten Lebensjahr eingegangen wird.

1.1.3 Entwicklung der Wunsch- / Intensionsattribution

Wünsche und Intentionen stehen in einem engen Zusammenhang. Beide stellen mentale Zustände mit kausaler Wirksamkeit hinsichtlich darauf folgender Handlungen dar und können im Gegensatz zu Überzeugungen nicht wahr oder falsch, sondern nur erfüllt oder unerfüllt sein. Allerdings unterscheiden sich Intentionen von Wünschen v. a. dadurch, dass Intentionen eine größere motivationale Kraft besitzen, die dazu führt, dass eine bestimmte Handlung auch ausgeführt wird, und dass Intentionen nur dann erfüllt sind, wenn genau die Handlungen, die zum intendierten Ergebnis führen sollen, auch erfolgreich ausgeführt werden. Die Erfüllung eines Wunsches hingegen ist nicht an eine konkrete Handlung zur Erreichung des gewünschten Ergebnisses gekoppelt, sondern kann auf verschiedene Wege erreicht werden. Dementsprechend repräsentieren Intentionen die Handlung, Wünsche hingegen das Handlungsergebnis (Malle & Knobe, 2001; für ausführliche Darstellungen vgl. Bratman, 1987; Searle, 1983). Mögliche Vorläuferfunktionen eines repräsentationalen Verständnisses dieser beiden mentalen Zustände zeigen sich bereits früh in der kindlichen Entwicklung.

1.1.3.1 Entwicklungen im Säuglingsalter

Säuglinge zeigen schon früh im Laufe ihrer Entwicklung Fähigkeiten und Verhaltensweisen, die für die spätere Ausbildung einer ToM von Bedeutung zu sein scheinen. Die im Folgenden aufgeführten frühkindlichen Kompetenzen könnten insbesondere Vorläuferfunktionen des sich später entwickelnden Wunsch- / Intensionsverständnisses darstellen. Beispielsweise zeigte sich, dass Säuglinge von Geburt an menschliche Gesichter gegenüber anderen Stimuli (z. B. Johnson, 2003) präferieren. Im Alter von nur drei Monaten beginnen Babys dann Augenbewegungen, eine wichtige soziale Informationsquelle, zu verfolgen (Hood, Willen & Driver, 1998). In diesem Alter können sie auch nicht nur zwischen menschlichen und mechanischen Bewegungen unterscheiden (Bertenthal & Pinto, 1993), sondern verhalten sich darüber hinaus gegenüber Menschen anders als gegenüber interaktiven, jedoch nicht belebten Entitäten, indem sie in der Interaktion mit Menschen mehr sozial responsives und kommunikatives Verhalten zeigen. Sie erwarten, dass nur Personen durch dieses Verhalten beeinflusst werden können (Legerstee, 1992). Außerdem konnte gezeigt werden, dass Neugeborene nur menschliche Gesichts- und Körperbewegungen imitieren, nicht jedoch ähnliche, von

unbelebten Entitäten ausgeführte Bewegungen (Legerstee, 1991), was als Beleg dafür gesehen werden kann, dass es sich bei diesen Imitationen nicht nur um reflexhafte Bewegungen, sondern um erste Anzeichen einer sich entwickelnden sozialen Kognition handelt. Weitere Experimente deuten darauf hin, dass bereits sechs Monate alte Babys das Handlungsziel von menschlichen Greifbewegungen repräsentieren können (Woodward, 1998) und neun Monate alte Säuglinge in der Lage sind, nicht nur die Ziele einer Person, sondern auch die Art der Zielerreichung zu verstehen. So zeigte sich, dass Kinder im Alter von neun Monaten länger schauten, wenn ein Agent auf seinem Weg zum Ziel ein nicht mehr vorhandenes Hindernis trotzdem noch überwand, als wenn dieser den direkten, ohne das Hindernis rationalen Weg nahm, um sein Ziel zu erreichen (Gergely, Nádasdy, Csibra & Bíró, 1995; Sodian, Schöppner & Metz, 2004). Nach Tomasello (1998) stellt dieses Mittel-Ziel-Verständnis die Basis für die spätere Einnahme des „Intentionalen Standpunkts“ („Intentional Stance“) bei der Interpretation menschlicher Handlungen dar. Mit ca. einem Jahr besitzen Babys dann die Fähigkeit, Handlungsintentionen auch bei mehrstufigen Handlungen zu verstehen (Woodward & Sommerville, 2000).

Im Alter von neun bis zwölf Monaten sind Säuglinge in der Lage, der Blickrichtung einer Person auf ein Objekt oder Ereignis zu folgen, aber auch selbst kommunikative Gesten zu verwenden, um die Aufmerksamkeit einer anderen Person auf ein Objekt zu lenken, so dass die gemeinsame Aufmerksamkeit („Joint Attention“) darauf gerichtet ist (Butterworth & Jarrett, 1991; Carpenter, Nagell & Tomasello, 1998b; für mögliche frühere Joint Attention-Fähigkeiten vgl. z. B. Striano & Bertin, 2005). Studien mit einjährigen im Vergleich zu jüngeren und älteren Kindern legen jedoch nahe, dass das bei neun Monate alten Säuglingen beobachtete Verhalten, den Kopf- bzw. Blickbewegungen Erwachsener, welche meist miteinander konfundiert waren, zu folgen, eher nur durch die grobmotorischen Bewegungen des Erwachsenen hervorgerufen wird und nicht durch die Beachtung des Aufmerksamkeitsfokus. Brooks und Meltzoff (2002) konnten in diesem Zusammenhang zeigen, dass neun Monate alte Babys den Kopfbewegungen ähnlich oft folgten, wenn die Person, die den Kopf bewegte, die Augen geschlossen hatte und somit ihre Aufmerksamkeit gar nicht auf ein Objekt richtete. Zwölf Monate alte Kinder hingegen folgten der Bewegung häufiger, wenn die Augen des Erwachsenen geöffnet waren. Auch wenn ein solches Verhalten nach Sodian und Thoermer (2006) nicht automatisch impliziert, dass Kinder im Alter von zwölf Monaten dem Erwachsenen Aufmerksamkeit im Sinne eines mentalen Zustandes zuschreiben, so scheinen sie zumindest in der Lage zu sein, die Relation zwischen Betrachter und betrachtetem Objekt selektiv zu enkodieren (Woodward, 2003). Auch der Befund, dass Kinder ab zwölf Monaten nicht nur selbst auf Objekte zeigen, wie es bereits bei

neunmonatigen Babys beobachtet werden kann, sondern vor dem Zeigen überprüfen, ob der Erwachsene sie auch ansieht und ob dieser auch zu dem Objekt sieht, auf das sie deuten, weist darauf hin, dass sie sich der Bedeutung dieser Gesten und gemeinsamer Aufmerksamkeit zumindest im Sinne eines gemeinsamen Schauens auf dasselbe Objekt bewusst sind. Demnach scheint sich in diesem Altersbereich ein wichtiger Entwicklungsschritt hinsichtlich der Enkodierung dieser sog. „referentiellen Gesten“ (Schauen, Zeigen) als Person-Objekt-Relationen zu vollziehen (Woodward & Guajardo, 2002). Eine konklusive Evidenz für die Repräsentation mentaler Zustände nach den drei Kriterien einer ToM und im Speziellen für das Vorhandensein eines abstrakten, generalisierten Schemas intentionalen Handelns in diesem Altersbereich ergebe sich aus diesen Befunden nach Sodian und Thoermer (2006) jedoch nicht (für eine gegenteilige Ansicht vgl. z. B. Tomasello, 1999).

1.1.3.2 Entwicklungen im Kleinkindalter

Im Gegensatz dazu deuten einige Entwicklungen insbesondere in der zweiten Hälfte des zweiten Lebensjahres nach Sodian und Thoermer (2006) darauf hin, dass Wünsche, Absichten und Intentionen zumindest nach den Kriterien der inneren Erfahrung und des theoretischen Konstrukts repräsentiert werden, wenn auch bisher keine Evidenz für das Vorhandensein des dritten Kriteriums, der Intentionalität, gefunden werden konnte. Im Gegensatz zu ihrer Fähigkeit im ersten Lebensjahr, zielgerichtete, aktuell und konkret ausgeführte Handlungen zu enkodieren, können Kinder im zweiten Lebensjahr Intentionen unabhängig von der konkreten Handlungsausführung interpretieren und sog. „Prior Intentions“ (Searle, 1983) repräsentieren. Das bedeutet, die Kinder sind in der Lage, einen intentionalen Zustand zu verstehen und aus dem Verhalten anderer Personen abzuleiten, ohne dass bzw. noch bevor eine Handlung zur Zielerreichung überhaupt bzw. erfolgreich ausgeführt wurde (Bartsch & Wellman, 1995). Bereits 14 Monate alte Kinder imitieren beispielsweise nur absichtliche, nicht jedoch identische versehentliche Handlungen (Carpenter, Akhtar & Tomasello, 1998a) und 15 Monate alte Kinder eine von einer Person intendierte, jedoch nicht vollständig zu Ende geführte Handlung, nicht aber eine Handlung ohne intentionalen Hintergrund (Bellagamba & Tomasello, 1999). 18 Monate alte Kinder imitieren und beenden eine begonnene, aber nicht zu Ende geführte Handlung, aber nur dann, wenn diese Handlung von einer Person begonnen wurde und nicht, wenn sie von einer mechanischen Apparatur ausgeführt wurde (Meltzoff, 1995). Gegen Ende des zweiten Lebensjahres können Kinder außerdem dieselben motorischen Handlungen in Abhängigkeit davon, welche Intention sie vor der Ausführung einer Handlung aus dem Verhalten einer Person inferierten, unterschiedlich repräsentieren (Carpenter, Call & Tomasello, 2002).

In diesem Alter sind Kinder ebenfalls in der Lage, eigene Intentionen und Wünsche und die anderer Personen vor der Ausführung einer zielgerichteten Handlung auch verbal zu beschreiben (Bartsch & Wellman, 1995).

Des Weiteren fanden Tilden, Poulin-Dubois & Desroches (1997) im Verhalten 18 Monate alter Kinder Hinweise dafür, dass Kinder in diesem Alter auch klare Erwartungen dahingehend haben, welche Handlung auf einen Wunsch, den eine Person geäußert hat, und welche emotionale Reaktion auf die Erfüllung eines Wunsches erfolgen müsste. Eine Studie von Wellman und Woolley (1990) ergab, dass Kinder ab einem Alter von ca. zweieinhalb Jahren fähig sind, die Handlung einer Person auf der Basis des Ziels der Person und momentanen tatsächlichen Begebenheiten explizit vorherzusagen. Den Kindern wurde eine Geschichte präsentiert, in der der Protagonist seinen Hasen, der sich versteckt hat, sucht, um ihn mit zur Schule zu nehmen. Anschließend findet der Protagonist entweder seinen Hasen, stattdessen seinen Hund oder gar nichts. Die Kinder verstanden, dass der Protagonist nur dann zur Schule aufbrechen wird, wenn er wie beabsichtigt seinen Hasen gefunden hat und dass er weitersuchen wird, wenn er nichts oder seinen Hund gefunden hat. In dieser Untersuchung ergab sich außerdem, dass bereits 72 % der zweieinhalbjährigen Kinder vorhersagen konnten, dass der Protagonist glücklich ist, wenn er wie gewünscht seinen Hasen findet und traurig, wenn er nichts findet. In anderen Studien zeigte sich diese Kompetenz, den kausalen Zusammenhang zwischen der Erfüllung bzw. Nicht-Erfüllung einfacher, neutraler Wünsche einer Person und den Emotionen, die als Konsequenz auftreten, zu verstehen, bei dreijährigen Kindern (z. B. Astington, 1999; Feinfield, Lee, Flavell, Green & Flavell, 1999; Hadwin & Perner, 1991; Lagattuta, 2005; Wellman & Banerjee, 1991; Yuill, 1984; Yuill et al., 1996). Yuill (1984) präsentierte Kindern beispielsweise Szenarien, in denen ein Protagonist den Wunsch hatte, einen Ball zu einer bestimmten Person zu werfen. Fing diese Person den Ball und wurde der Wunsch somit erfüllt, schrieben bereits die dreijährigen Kinder dem Protagonisten mehr Freude zu, als wenn anstelle der angedachten Person eine andere den Ball aufging und der Wunsch des Protagonisten somit nicht erfüllt wurde (für ähnliche Ergebnisse vgl. Hadwin & Perner, 1991). Auch die dreijährigen Kinder in der Studie von Wellman und Banerjee (1991) schrieben einem Protagonisten, der sich beispielsweise wünscht, dass die Sonne scheint und dann feststellen muss, dass es regnet, Traurigkeit zu, während sie einem Protagonisten, der ein bestimmtes Getränk möchte und auch bekommt, Freude zuschrieben. Diese Befunde legen also nahe, dass Wünsche und Intentionen bereits im zweiten Lebensjahr der inneren Erfahrung zugänglich sind und zur impliziten Verhaltensvorhersage genutzt werden können. Ab der zweiten Hälfte des dritten Lebensjahres können Wünsche / Intentionen dann auch als theoretische

Konstrukte zur expliziten mentalistischen Verhaltensklärung und -vorhersage verwendet werden.

In einer Studie von Repacholi und Gopnik (1997) zeigte sich des Weiteren, dass bereits Kinder im Alter von 18 Monaten verstanden, dass eine andere Person andere Speisen bevorzugen kann als sie selbst und dass eine Person, die bei einem bestimmten Nahrungsmittel Freude zeigt, dieses gerne essen möchte und ein anderes, bei dem sie Ekel zeigt, nicht. Dementsprechend boten sie der Person nur das von ihr bevorzugte Nahrungsmittel an, auch wenn sie dieses selbst nicht gerne mochten. Dieser Befund könnte als Hinweis darauf gewertet werden, dass Kinder in diesem Alter bereits beginnen, die „Subjektivität“ von Wünschen und Absichten zu begreifen. Ein subjektives Verständnis von Wünschen beinhaltet, dass Wünsche bezogen auf die Relation zwischen einer bestimmten Person und einem Objekt oder einem Ereignis wahrgenommen werden. Ein objektives Verständnis von Wünschen hingegen bedeutet, dass abhängig von der jeweiligen Situation oder dem Objekt zunächst objektiv beurteilt wird, ob etwas erwünscht oder wünschenswert ist oder nicht. Bis zu einem gewissen Alter sind Kinder jedoch nur zur Einnahme einer objektiven, nicht jedoch subjektiven, relativistischen, für ein komplettes Verständnis von Wünschen notwendigen Interpretation in der Lage. Perner (1991) argumentiert gegen ein subjektives Verständnis bei Kindern in diesem Alter: Die Kinder könnten solche Situationen wie in der Studie von Repacholi und Gopnik (1997) auch als symbolische Spielsituationen wahrgenommen haben. In diesem Rahmen könnten sie die „unrealistische“ Reaktion des Erwachsenen, z. B. Kekse nicht zu mögen, so interpretiert haben, dass diese Person nur so tut, als möge sie Kekse nicht. „Kekse essen“ könnte jedoch unabhängig davon dennoch als objektiv wünschenswert repräsentiert worden sein.

In Einklang mit Perner (1991) Ansicht eines nicht vorhandenen subjektiven Verständnisses von Wünschen im Kleinkindalter ergaben sich aus weiteren Studien Belege dafür, dass sich ein solches Verständnis frühestens in der zweiten Hälfte des vierten Lebensjahres entwickelt. Die Ergebnisse dieser Studien, sowie Befunde zur Entwicklung eines repräsentationalen Verständnisses von Wünschen und Intentionen als mentale Zustände, werden im folgenden Kapitel aufgeführt.

1.1.3.3 Entwicklung eines subjektiven bzw. repräsentationalen Verständnisses von Wünschen / Intentionen als mentale Zustände

Um die Entwicklung des subjektiven Wunschverständnisses zu untersuchen, zeigten Gopnik und Seager (1988, zitiert nach Perner, 1991) Kindern zwei Bücher, von denen eines (Bilderbuch) von den Kindern als Buch für Kinder und das andere (mit Texten) als Buch für Erwachsene beurteilt wurde. 57 % der Dreijährigen und auch 36 % der

Vierjährigen (im Gegensatz zu 11 % der Fünfjährigen) gaben an, dass ein Erwachsener das Kinderbuch wählen würde, wenn er nur eines der Bücher aussuchen dürfe. Möglicherweise gingen die jüngeren Kinder also davon aus, dass ein Bilderbuch nicht nur für sie selbst, sondern ganz objektiv der wünschenswertere der beiden Gegenstände ist. Diese Befunde weisen darauf hin, dass Kinder erst mit ca. vier Jahren ein explizites Bewusstsein für die Subjektivität von Wünschen zu erlangen scheinen. In der Studie von Yuill (1984) ergaben sich sogar Hinweise für ein objektives Verständnis von Wünschen bis zum Alter von fünf Jahren. Die Autorin präsentierte den Kindern nicht nur oben dargestellte Geschichten, sondern auch Szenarien, in denen ein Protagonist den unmoralischen Wunsch hatte, ein bestimmtes Kind mit dem Ball am Kopf zu treffen. Die Geschichten endeten entweder damit, dass der Protagonist erreichte, was er wollte und das Kind am Kopf traf, oder damit, dass sein Wunsch nicht erfüllt wurde, da er entweder ein anderes Kind anstatt der Zielperson am Kopf traf, oder aber da der Ball von der Zielperson aufgefangen wurde. In einem weiteren Szenario hatte der Protagonist den neutralen Wunsch, den Ball zu einer Person zu spielen, traf diese jedoch dann versehentlich am Kopf. Es zeigte sich, dass sowohl die dreijährigen als auch die fünfjährigen Kinder sowohl bei einem Protagonisten, der den unmoralischen Wunsch hatte, ein bestimmtes Kind mit dem Ball am Kopf zu treffen und dieses Kind auch traf, als auch bei einem Protagonisten mit demselben unmoralischen Wunsch, der jedoch das falsche Kind am Kopf traf oder dessen Ball aufgefangen wurde, negative Emotionen erwarteten. Die Kinder gaben auch an, dass ein unmoralisch motivierter Protagonist, dessen Wunsch erfüllt wird, weniger zufrieden ist als ein neutral motivierter, dessen Wunsch erfüllt wird, und dass ein unmoralisch motivierter Protagonist, dessen Wunsch nicht erfüllt wird, da die Zielperson den Ball fängt, zufriedener ist als ein neutral motivierter, dessen Wunsch nicht erfüllt wird, da die Zielperson aus Versehen am Kopf getroffen wird. Die dreijährigen Kinder erwarteten außerdem, dass ein neutral motivierter Protagonist, dessen Wunsch nicht erfüllt wird, da er aus Versehen ein anderes Kind verletzt, weniger zufrieden ist als ein Protagonist, dessen Wunsch nicht erfüllt wird, da ein anderes Kind anstelle der Zielperson den Ball fängt. Aus diesem Attributionsmuster kann geschlossen werden, dass sich v. a. die dreijährigen, aber auch die fünfjährigen Kinder bei ihrer Zuschreibung von Emotionen scheinbar nur an objektiven Merkmalen der Situation orientierten, also ob das Handlungsergebnis (ein Kind wird verletzt oder nicht) oder das Motiv des Protagonisten (jemanden verletzen wollen versus jemandem einen Ball zuspielen wollen) objektiv etwas Wünschenswertes oder Positives ist oder nicht. Die subjektive Komponente, also ob der persönliche Wunsch des Protagonisten erfüllt wurde oder nicht, wurde von den Drei- und Fünfjährigen nicht berücksichtigt. Erst die Siebenjährigen schätzten die

Emotionen des Protagonisten in Abhängigkeit von der Wunscherfüllung ein (Anmerkung: dieses Emotionsattributionsmuster, einem Protagonisten bei der Erfüllung seines Wunsches auch dann positive Emotionen zuzuschreiben, wenn es sich um einen unmoralischen Wunsch und bei der Handlung um einen Verstoß gegen einen moralischen Standard handelt, wurde später als „Happy-Victimizer-Phänomen“ bezeichnet und insbesondere im Hinblick auf die moralische Entwicklung bei Kindern und ihre Fähigkeit, in solchen Situationen (gemischte) Emotionen zuzuschreiben, intensiv erforscht. Auf diesbezügliche Befunde wird in Kapitel 1.1.4.6 näher eingegangen). Die insbesondere nur am objektiven Handlungsergebnis orientierte Perspektive der Drei- und Fünfjährigen in der Studie von Yuill (1984) zeigte sich auch dadurch, dass die Kinder einen Protagonisten, der den unmoralischen Wunsch hatte, eine Person mit dem Ball am Kopf zu treffen, dessen Handlung dann aber mit einem objektiv positiven Handlungsergebnis („Outcome“) endete, da die Person den Ball auffing, nicht als moralisch schlechter bewerteten als einen Protagonisten, der den neutralen Wunsch hatte, den Ball zu einer bestimmten Person zu spielen, stattdessen aber aus Versehen diese mit dem Ball am Kopf traf. Ein Protagonist mit neutralem Wunsch, der versehentlich einem anderem Kind Schaden zufügte, wurde aber als moralisch schlechter bewertet als ein Protagonist, der denselben Wunsch hatte, aber einen objektiv positiven Outcome erzielte. Ein unmoralisch motivierter Protagonist, der zufällig einen objektiv positiven Outcome produzierte, wurde wiederum als moralisch besser eingestuft als ein ebenfalls unmoralisch motivierter Protagonist, der jedoch aus Versehen ein anderes Kind am Kopf traf.

Aus nachfolgenden Studien ergaben sich jedoch Hinweise darauf, dass die Fähigkeit der fünfjährigen und sogar der älteren dreijährigen Kinder in der Studie von Yuill (1984) unterschätzt wurde. So zeigte sich in der Studie von Yuill et al. (1996), dass die fünfjährigen Kinder in allen drei Experimenten, in denen auch jeweils die Ballgeschichten ähnlich wie in der Studie von Yuill (1984) verwendet wurden, eine subjektive Perspektive einnahmen. Des Weiteren wiesen hier auch die vierjährigen Kinder ein subjektives Verständnis von Wünschen auf. Dies zeigte sich beispielsweise auch in einer Studie von Nunner-Winkler und Sodian (1988) zum Happy-Victimizer-Phänomen (s. u.) und in einer Untersuchung von Lagattuta (2005). In dieser Studie wurde nicht die Zuschreibung von Emotionen nach der absichtlichen Übertretung eines moralischen Standards, sondern nach der absichtlichen Missachtung konventioneller Regeln, um einen persönlichen Wunsch zu erfüllen, untersucht. In einem der drei Experimente von Yuill und Kollegen (1996) zeigte sich sogar, dass zumindest die älteren der dreijährigen Kinder auch aus einer subjektiven Perspektive antworteten. Insgesamt sprechen die Befunde also dafür, dass Kinder ab der zweiten Hälfte des vierten Lebensjahres

beginnen, Wünsche als subjektiv an Personen gekoppelt und nicht mehr als objektive Merkmale einer Situation zu verstehen (für weitere Befunde vgl. z. B. auch Hebble, 1971; Karniol, 1978; Zelazo, Helwig & Lau, 1996).

Die eben aufgeführten Untersuchungen lassen jedoch nicht automatisch den Schluss zu, dass Kinder mit ca. dreieinhalb bis vier Jahren nicht nur ein subjektives, sondern auch repräsentationales Verständnis von Wünschen und Intentionen als mentale Zustände aufweisen. Die Fähigkeit, unterschiedlichen Personen verschiedene, voneinander unabhängige subjektive Wünsche zuzuschreiben, lasse sich nach Sodian und Thoermer (2006) auch durch die in diesem Alter vorhandene Fähigkeit, multiple Situationsmodelle zu konstruieren, erklären und impliziere daher kein repräsentationales Verständnis. In Übereinstimmung damit weisen auch die Befunde von Astington (1991, 1999), Feinfield et al. (1999) und Schult (2002) darauf hin, dass Kinder in diesem Alter noch kein Verständnis von Wünschen und Intentionen als mentale Repräsentation der erwünschten Situation bzw. der intendierten Handlung besitzen. In Untersuchungen von Astington (1991, 1999) zeigte sich bezüglich des Intentionsverständnisses, dass dreijährige Kinder nur dann Fragen nach nicht explizit erwähnten Intentionen richtig beurteilen konnten, wenn sie die Intention des Protagonisten mithilfe einer „Matching-Strategie“, also durch einen Abgleich zwischen Zielsituation und tatsächlichem Handlungsergebnis, erschließen konnten. Im Gegensatz zu den vier- und fünfjährigen Kindern konnten sie dies jedoch nicht, wenn diese Matching-Strategie nicht angewendet werden konnte und die Intention unabhängig vom Ziel als Repräsentation der Mittel, wie ein Ziel erreicht werden kann, also als Repräsentation der intendierten Handlung und nicht der Konsequenzen, verstanden werden musste. So waren die meisten dreijährigen Kinder beispielsweise nicht in der Lage zu beantworten, welche von zwei Personen intendiert handelte, wenn die absichtliche Handlung der einen Person zum gleichen Ergebnis führte wie ein zufälliger Nebeneffekt der Handlung einer anderen Person (Beispiel: „Ernie hat ein Stück Brot. Er nimmt es mit nach draußen und lässt ein paar Krümel fallen. Die Vögel picken sie auf.“ versus „Bert hat auch ein Stück Brot. Während er umhergeht und das Brot isst, fallen ein paar Krümel hinunter. Die Vögel picken sie auf.“; Astington, 1999). Die mit dem Alter zunehmende Fähigkeit, diese Aufgabe zu lösen, erwies sich in dieser Untersuchung außerdem synchron zur zunehmenden Fähigkeit, falsche Überzeugungen zu verstehen.

In Einklang damit stehen die Ergebnisse einer Studie von Feinfield und Kollegen (1999). In dieser Studie wurden Kindern Geschichten präsentiert, die sowohl Wünsche als auch Intentionen enthielten. Der Protagonist einer Geschichte hatte beispielsweise den Wunsch, in die Berge zu fahren, während die Mutter dieses Protagonisten den damit diskrepanten Wunsch hatte, dass der Protagonist Fußball spielt. Anschließend

handelte der Protagonist entsprechend dem Wunsch seiner Mutter, indem er in diesem Beispiel sein Fußballtrikot anzog und in den Bus stieg, der ihn zum Spiel bringen sollte. Das Szenario endete dann damit, dass der Busfahrer einen falschen Weg nahm und der Protagonist dadurch versehentlich in den Bergen und nicht beim Fußballspiel ankam. Der ursprüngliche Wunsch des Protagonisten, in die Berge zu fahren, wurde also erfüllt, seine Intention, mit dem Bus zum Fußballspiel zu fahren, jedoch nicht. Dementsprechend stimmten sein Wunsch und der Outcome überein, was über die Matching-Strategie inferiert werden konnte. Da jedoch gleichzeitig die Intention des Protagonisten und der Outcome nicht übereinstimmten, gingen die Autoren davon aus, dass es notwendig sei, die Intention des Protagonisten unabhängig vom Wunsch und Outcome mental zu repräsentieren. Kinder, die den Wunsch und die Intention des Protagonisten unabhängig voneinander und richtig identifizieren, seien daher in der Lage, mentale Zustände zu repräsentieren. Auch Astington (1991) ist der Ansicht, dass das Verständnis einer nicht erfüllten Intention parallel zum Verständnis einer falschen Überzeugung und damit als Beleg für eine repräsentationale ToM gesehen werden kann, da für eine nicht erfüllte Intention ähnlich wie für eine falsche Überzeugung keine Entsprechung in der Realität vorliegt, sondern diese nur mentale Repräsentationen darstellen. In Übereinstimmung mit oben dargestellten Befunden von Astington (1999) zeigte sich in der Studie von Feinfield und Kollegen (1999), dass die dreijährigen Kinder zwar in der Lage waren, die Frage nach dem Wunsch des Protagonisten richtig zu beantworten („Wo möchte das Kind eigentlich hinfahren?“), nicht jedoch die Frage nach der Intention („Wo hat das Kind versucht hinzufahren?“). Die vierjährigen Kinder konnten hingegen zwischen Intentionen und Wünschen unterscheiden und konfundierten die Intention nicht mit dem Outcome oder dem Wunsch. Damit übereinstimmende Befunde ergaben sich auch in einem Experiment von Schult (2002). In dieser Untersuchung sollten drei-, vier- und fünfjährige Kinder in einem Spiel über ihren Wunsch (einen Preis erhalten, um das Spiel zu gewinnen) und ihre Intention (ein bestimmtes, von ihnen selbst vorher festgelegtes Ziel treffen) und deren Erfüllung Auskunft geben. Nur die vier- und fünfjährigen Kinder, nicht aber die dreijährigen Kinder, waren in der Lage, die Fragen nach der Erfüllung der Intention richtig zu beantworten, wenn nur der Wunsch, nicht aber die Intention erfüllt war, was erforderte, die Intention unabhängig vom Outcome zu repräsentieren. So gaben die dreijährigen Kinder an, dass sie das Ziel, das sie tatsächlich getroffen hatten, obwohl sie vorher angegeben hatten, ein anderes treffen zu wollen, auch treffen wollten, wenn dieses einen Preis enthielt. Die aufgeführten Ergebnisse legen also nahe, dass vierjährige Kinder ein repräsentationales Verständnis von Wünschen und Intentionen als mentale Zustände besitzen, während dreijährige Kinder noch nicht ausreichend zwischen Wünschen und

Intentionen differenzieren können und Intentionen lediglich durch eine einfache Matching-Strategie zu inferieren versuchen.

Befunde aus Studien von Baird und Kollegen (Baird & Astington, 2004; Baird & Moses, 2002) sprechen jedoch dafür, dass auch vierjährige Kinder im Gegensatz zu fünfjährigen oder älteren Kindern noch kein solides repräsentationales Intentionsverständnis aufweisen. Die vierjährigen Kinder hatten auch bei erleichternden experimentellen Bedingungen Schwierigkeiten zu verstehen, dass ein- und derselben Handlung unterschiedliche neutrale Intentionen zugrunde liegen können (Baird & Moses, 2002) bzw. waren nicht so gut wie die älteren Kinder in der Lage, bei identischen Handlungen gute oder böse Absichten zu differenzieren (Baird & Astington, 2004), wenn diese nicht explizit genannt wurden. Dies weist darauf hin, dass Kinder im Alter von vier Jahren noch nicht ausreichend zu verstehen scheinen, dass unterschiedliche Intentionen unterschiedliche Repräsentationen ein- und derselben Handlung sein können. Auch die Ergebnisse eines weiteren Experimentes aus der Studie von Schult (2002) deuten darauf hin, dass vierjährige und zum Teil sogar fünfjährige Kinder unter schwierigeren experimentellen Bedingungen Wünsche und / oder Intentionen noch nicht konsistent unabhängig vom Outcome repräsentieren können, sondern bisweilen auf eine einfache Matching-Strategie rekurrieren. In diesem Experiment präsentierte Schult (2002) vier-, fünf- und siebenjährigen Kindern sowie Erwachsenen Geschichten, in denen die Protagonisten einen Wunsch hatten und die Intention, durch eine Handlung diesen Wunsch zu befriedigen. Im Gegensatz zu den Geschichten von Feinfield et al. (1999) bezogen sich die Wünsche und Intentionen der Protagonisten auf dasselbe Endziel und waren kausal miteinander verbunden (in der Studie von Feinfield et al. (1999) war der Wunsch mit dem Ziel, in die Berge zu fahren und die Intention mit dem Ziel, zum Fußball zu fahren gekoppelt, eine kausale Verbindung war dadurch, dass der Protagonist anstelle seines eigenen Wunsches dann dem seiner Mutter nachkommt, nicht vorhanden). In der Untersuchung von Schult (2002) zeigte sich, dass alle Altersgruppen in der Lage waren, die Wünsche („Was wollte der Protagonist?“) und Intentionen („Was war der Plan?“) der Protagonisten an sich zu identifizieren und die Geschichten zu verstehen. Wurde der Wunsch durch einen anderen Umstand, also nicht intendiert erfüllt (Beispiel: *Wunsch*: Andrew möchte eine Suppe essen. *Intention*: Er plant, sich eine Suppe zu kochen. *Outcome*: Als er nach Hause kommt, hat ihm seine Mutter eine Suppe gekocht.), beantworteten alle Altersgruppen die Wunschfrage („Hat Andrew bekommen, was er wollte?“) zu einem hohen Prozentsatz (90-100 %) richtig. Die Intentionsfrage („Hat Andrew getan, was er geplant hat?“) wurde jedoch von den vierjährigen Kindern zu 50 % falsch beantwortet. Wurde der Wunsch nicht erfüllt, obwohl die intendierte Handlung zur Befriedigung des Wunsches erfolgreich ausgeführt

werden konnte, antworteten die Vierjährigen bei beiden Fragen und die Fünfjährigen bei der Intentionsfrage häufiger falsch als die älteren Gruppen (Beispiel: *Wunsch*: Mark möchte, dass seine Schuhe trocken bleiben. *Intention*: Er plant, vorsichtig um alle Pfützen zu gehen. *Outcome*: Er schafft es, mit trockenen Schuhen nach Hause zu kommen. Da schüttet sein Bruder Wasser über seine Schuhe.).

Insgesamt legen diese Befunde zum Wunsch- / Intensionsverständnis also nahe, dass Kinder im Alter von drei Jahren noch kein repräsentationales Verständnis dieser Konzepte besitzen, während vier- bis fünfjährige Kinder sich möglicherweise in einer Art Übergangsphase zu einem solchen Verständnis befinden. In einem ähnlichen Altersspektrum entwickelt sich, wie oben dargestellt, auch das Verständnis falscher Überzeugungen. In einigen Studien zeigten sich auch Korrelationen zwischen diesen beiden Fähigkeiten (z. B. Baird & Astington, 2004).

In ähnlicher Weise wie beim Erwerb des Wunsch- / Intensionsverständnisses zeigen sich auch bei der Entwicklung des Emotionsverständnisses bereits in den ersten drei Lebensjahren frühe Kompetenzen, bevor sich ein subjektives und repräsentationales Verständnis von Emotionen entwickelt. Diese Entwicklung, sowie Befunde zur Entwicklung der Fähigkeit, „Basisemotionen“ und „komplexe Emotionen“, sowie „simultane“ („gemischte“) Emotionen zuzuschreiben, werden in den folgenden Abschnitten dargestellt.

1.1.4 Entwicklung der Emotionsattribution

Emotionen sind subjektive Zustände mit einer bestimmten, für verschiedene Emotionen unterschiedlichen Erlebnisqualität. Sie beinhalten eine physiologische und expressive Komponente, d. h. Emotionen werden von bestimmten körperlichen Reaktionen begleitet und sind teilweise aus Mimik, Gestik, Körperhaltung und verbalen Äußerungen zu erkennen. Des Weiteren beinhalten Emotionen auch eine kognitive und behaviorale Komponente, da sie nicht nur von objektiven Ereignissen, sondern insbesondere von der subjektiven Bewertung dieser Ereignisse abhängig und mit bestimmten Handlungsimpulsen assoziiert sind oder ein bestimmtes Verhalten motivieren (vgl. z. B. Janke, 2002; Plutchik, 1994). Das Verständnis dieser unterschiedlichen Komponenten entwickelt sich von der frühen bis in die späte Kindheit. Teilbereiche dieses sich entwickelnden Emotionsverständnisses werden in den folgenden Abschnitten dargestellt.

1.1.4.1 Entwicklungen im Säuglingsalter

Bereits bei ein bis zwei Tage alten Säuglingen kann beobachtet werden, dass diese mit Weinen reagieren, wenn sie ein anderes Kind weinen hören, was als sog. „emotionale Ansteckung“ interpretiert wird (Hoffman, 1977). Im Alter von zwei bis neun Monaten zeigen Säuglinge außerdem affektive Interaktionen mit ihren Bezugspersonen, wie Spiegelungen von Gesichtsbewegungen. Während z. B. Reddy (2001) davon ausgeht, dass diese frühen affektiven Interaktionen u. a. auf eine angeborene Fähigkeit, eigene Emotionen zu erfassen und Intentionen und Emotionen auf das Gegenüber zu attribuieren hinweisen, ist Gergely (2002) der Ansicht, dass diese affektiven und imitativen Interaktionen auf einer basaleren Ebene zunächst dazu dienen, Affekt zu regulieren, aber auch, dass diese Interaktionen eine der Voraussetzungen für die spätere Repräsentation mentaler Zustände darstellen. Noch im ersten Lebensjahr lernen Säuglinge außerdem, Unterschiede im Gesichtsausdruck und Tonfall zu erkennen, was für die Rekognition von Emotionen von Bedeutung ist (Walker-Andrews, 1997). So können Babys bereits im Alter von drei Monaten den Ausdruck des Lächelns von dem des Stirnrunzelns (Maurer & Barrera, 1981) und im Alter von fünf Monaten Trauer von Freude unterscheiden (Caron, Caron & MacLean, 1988). Sie imitieren diese Ausdrücke nicht nur, sondern zeigen unterschiedliche Reaktionen, wenn eine Bezugsperson diese Emotionen mimisch zum Ausdruck bringt. Beispielsweise bewegten sich die Kinder weniger, wenn ihre Mütter einen wütenden Ausdruck zeigten (Haviland & Lelwica, 1987). Dies könnte einen Hinweis darauf darstellen, dass Säuglinge zumindest in gewisser Weise auch die Bedeutung der Gesichtsausdrücke interpretieren. In ähnlicher Weise reagierten acht Monate alte Kinder unterschiedlich auf positive und negative Vokalisationen, und zwar auch dann, wenn die Sätze nicht in ihrer Muttersprache gesprochen wurden und kein entsprechender mimischer Ausdruck gezeigt wurde (Fernald, 1993). Des Weiteren konnte Walker-Andrews (1986) zeigen, dass Kinder in diesem Alter ihren Blick auf das präsentierte fröhliche Gesicht richteten, wenn sie eine fröhliche Stimme hörten und auf das wütende Gesicht, wenn sie eine wütende Stimme hörten. Dies deutet darauf hin, dass Säuglinge in diesem Alter verschiedene Ausdrucksformen einer Emotion miteinander in Verbindung bringen können. Moses, Baldwin, Rosicky und Tidball (2001) fanden weiterhin, dass zwölf Monate alte Kinder emotionale Botschaften referentiell interpretieren können. Äußerte die erwachsene Person z. B. Ekel hinsichtlich eines betrachteten Objekts, spielten die Kinder nur mit dem Objekt weniger, das die Person während ihrer verbalen oder mimischen Äußerung angeschaut hatte. Die Säuglinge orientierten sich also differenziert an den Emotionen des Erwachsenen. Des Weiteren können Babys in diesem Altersbereich auch den mimischen oder verbalen Emotionsausdruck von Erwachsenen als Orientierungshilfe

zur Bewertung von und Anpassung des Verhaltens in zweideutigen Situationen nutzen („Social Referencing“; Carpenter et al., 1998b; Mumme, Fernald & Herrera, 1996; Saarni, Mumme & Campos, 1998; Sorce, Emde, Campos & Klinnert, 1985). Sorce und Kollegen (1985) fanden beispielsweise, dass zwölf Monate alte Babys einen für sie gefährlich erscheinenden Bereich einer Glasoberfläche („Visual Cliff“) nur dann überquerten, wenn ihre Mütter einen positiven Gesichtsausdruck zeigten. Zeigten die Mütter einen ängstlichen Gesichtsausdruck, krabbelten die Kinder nicht über den vermeintlich gefährlichen Bereich. Erschien den Kindern der gesamte Untergrund jedoch aufgrund der experimentellen Anordnung von vornherein als sicher, überprüften die meisten Kinder den Gesichtsausdruck ihrer Mütter überhaupt nicht bzw. überquerten die Glasplatte auch dann, wenn ihre Mütter einen ängstlichen Gesichtsausdruck zeigten. Diese Befunde sind Hinweise darauf, dass Kinder bereits mit einem Jahr den emotionalen Ausdruck ihrer Bezugsperson in Relation zu ihrem Entscheidungsproblem interpretieren (Harris, 1989; Perner, 1991).

Ähnlich wie die oben dargestellten frühkindlichen Kompetenzen in der Entwicklung des Wunsch- / Intensionsverständnisses lassen diese Beobachtungen jedoch keinen Schluss auf eine in diesem Alter vorhandene Fähigkeit, Emotionen nach den drei Kriterien einer ToM zu repräsentieren zu (Sodian & Thoermer, 2006). Im Gegensatz dazu deuten wiederum bestimmte Entwicklungen im Kleinkindalter darauf hin, dass neben Wünschen und Intentionen auch Emotionen nach den Kriterien der inneren Erfahrung und des theoretischen Konstrukts repräsentiert werden.

1.1.4.2 Entwicklungen im Kleinkindalter

Mit zweieinhalb bis drei Jahren sind die meisten Kinder in der Lage, Wörter für Emotionen wie Freude oder Angst insbesondere in Bezug auf sich selbst zu benutzen, was einen Hinweis darauf darstellt, dass Emotionen in diesem Alter der inneren Erfahrung zugänglich sind (Bretherton & Beeghly, 1982; Wellman, Harris, Banerjee & Sinclair, 1995). Bereits ab ca. eineinhalb Jahren sind Kinder jedoch auch sensitiv für die emotionalen Zustände anderer Personen. Sie zeigen sich beispielsweise besorgt, wenn sich ihre Eltern streiten und versuchen, den aus ihrer Sicht schuldigen Elternteil zu stoßen und den anderen zu trösten (Dunn, 1988). Auch in einer Studie von Bischof-Köhler (1988) zeigten sich Kinder in diesem Alter nicht nur emotional berührt, wenn einer anderen Person etwas Negatives widerfuhr, wovon sie selbst nicht einmal beeinträchtigt waren (z. B. wenn der Arm des Teddybärs des Versuchsleiters abfiel), sondern versuchten auch zu helfen (indem sie z. B. versuchten, den Arm wieder zu befestigen). Nach Perner (1991) und Sodian und Thoermer (2006) stellt bereits dieses empathische Verhalten einen bedeutenden Hinweis auf die Repräsentation von Emo-

tionen nach den Kriterien der inneren Erfahrung und des theoretischen Konstrukts dar. Nach Perner (1991) brauchen Kinder für ein solches Verhalten zumindest die Fähigkeit, sich hypothetisch in die Situation der anderen Person hineinzusetzen und zu verstehen, wie sie sich in einer solchen Situation fühlen würden und was ihnen helfen würde. Dies erfordert, multiple mentale Modelle zu konstruieren. Die reale, emotional negative Situation für die andere Person und die rein hypothetische Vorstellung, selbst in dieser Situation zu sein, müssten getrennt voneinander repräsentiert werden. Da die Kinder sich nicht nur emotional berührt zeigten, was allein auch auf emotionale Ansteckung zurückzuführen sein könnte, und auch nicht nur versuchten, zu helfen, was lediglich eine erlernte Reaktion darstellen könnte, sondern der Versuch zu helfen auf die emotionale Reaktion folgte, geht Perner (1991) davon aus, dass Kinder in diesem Alter von ihren eigenen inneren Erfahrungen einer Emotion ausgehen und diesen hypothetisch konstruierten Zustand auf die andere Person übertragen, so dass die ersten beiden Kriterien einer ToM als erfüllt angesehen werden könnten. Das Vorhandensein des Kriteriums der Intentionalität könne jedoch aus diesem Verhalten nicht automatisch geschlossen werden. Ebenso wenig kann weder das Vorhandensein dieses Kriteriums noch eines subjektiven Verständnisses von Emotionen aus der oben beschriebenen Fähigkeit zweieinhalb- bis dreijähriger Kinder, einem Protagonisten Emotionen auf der Basis der Erfüllung oder Nicht-Erfüllung seines neutralen Wunsches zuzuschreiben, geschlossen werden. Um in diesen Situationen Emotionen zuschreiben zu können, muss lediglich der Wunsch mit dem Outcome abgeglichen werden. Bei einem „Match“ resultieren positive, bei einem „Mismatch“ negative Emotionen, d. h., Situationen, die mit der Erfüllung eines Wunsches einhergehen, resultieren objektiv in positiven Emotionen, Situationen, die nicht mit der Erfüllung eines Wunsches einhergehen, objektiv in negativen Emotionen. Eine ähnliche Strategie scheinen auch die Kinder anzuwenden, die einem unmoralisch motivierten, erfolgreichen Protagonisten positive Emotionen und einem unmoralisch motivierten, nicht erfolgreichen Protagonisten negative Emotionen zuschreiben. Diese Kinder besitzen zwar ein Verständnis der Subjektivität von Wünschen, allerdings orientieren sie sich bei der Zuschreibung von Emotionen in solchen Situationen am Match bzw. Mismatch zwischen Wunsch und Outcome, also an situativen Aspekten. Aus dem Vorhandensein eines subjektiven Verständnisses von Wünschen kann also auch nicht automatisch auf ein subjektives Verständnis von Emotionen geschlossen werden.

Im nächsten Abschnitt sollen deswegen einige Befunde dargestellt werden, die Aufschluss darüber geben könnten, wann sich ein subjektives bzw. repräsentationales Verständnis von Emotionen als mentale Zustände in der kindlichen Entwicklung zeigt,

was u. a. die Fähigkeit erfordert zu verstehen, dass Emotionen weder eindeutig an eine bestimmte Situation noch unbedingt an einen Gesichtsausdruck gekoppelt sind.

1.1.4.3 Entwicklung eines subjektiven bzw. repräsentationalen Verständnisses von Emotionen als mentale Zustände

Ein erster Hinweis auf ein subjektives Verständnis von Emotionen ähnlich wie von Wünschen ergibt sich aus einer Untersuchung von King (1994), in der sich zeigte, dass Kinder im Alter von etwa drei Jahren verstehen, dass unterschiedliche Erfahrungen zu unterschiedlichen emotionalen Haltungen zweier Personen gegenüber ein und derselben Situation oder ein und demselben Objekt führen können. Als Beleg für ein solches Verständnis können auch Befunde aus Studien, die sich mit dem Happy-Victimizer-Phänomen (s. u.) beschäftigten, gesehen werden. In diesen Untersuchungen zeigte sich, dass vierjährige Kinder verschiedenen Personen im selben Kontext unterschiedliche Emotionen zuschrieben, z. B. dem Opfer einer unmoralischen Tat Traurigkeit und dem Täter, der absichtlich und erfolgreich einer anderen Person Schaden zufügt, Freude (Arsenio & Kramer, 1992; Lourenco, 1997), und nicht etwa beiden Personen negative Emotionen wegen der an sich objektiv negativen Valenz der Situation. Stewart und Marvin (1984) fanden des Weiteren, dass Kinder, die Aufgaben zum subjektiven Verständnis von Wünschen und Intentionen und zur falschen Überzeugung lösen konnten, häufiger ihre Geschwister trösteten, als diese zu weinen anfangen, wenn die Mutter den Raum verlassen hatte, obwohl sie selbst deswegen nicht beunruhigt waren, während Kinder, die in diesen Aufgaben schlechter abschnitten, dies kaum taten. Dies könnte wiederum darauf hindeuten, dass nur Kinder, die bereits über eine ToM verfügen, verstehen, dass ihre Geschwister in derselben Situation andere Emotionen haben können als sie selbst bzw. dass nur diese Kinder sich entsprechend ihrem Wissen gegenüber ihren Geschwistern unterstützend verhalten konnten. Die Befunde sprechen also insgesamt dafür, dass Kinder im Alter von ca. vier Jahren über ein beginnendes subjektives Verständnis von Emotionen verfügen. Dieses Verständnis differenziert sich im Laufe der Entwicklung noch weiter aus. Im Alter von sechs Jahren beginnen Kinder beispielsweise zu verstehen, dass zwei verschiedene Personen in ein und derselben Situation in Abhängigkeit davon, wie diese Personen die Situation bewerten, unterschiedliche Emotionen haben können. Mit sieben Jahren können Kinder außerdem vorhersagen, dass zwei Protagonisten, die in derselben Situation unterschiedliche Emotionen zeigen, auch unterschiedlich handeln werden (Janke, 2002). Im Alter von acht Jahren verstehen Kinder dann, dass zwei Personen, die den emotionalen Zustand eines Protagonisten beurteilen sollen, in eindeutigen Situationen (Kind erhält ein Geschenk) dieselbe, in mehrdeutigen Situationen (ein kleiner Hund

nähert sich dem Kind, das Kind könnte Freude oder Angst empfinden) jedoch unterschiedliche Emotionen erwarten können (Gnepp, McKee & Domanic, 1987).

In Studien von Harris und Kollegen (Gross & Harris, 1988; Harris, Donnelly, Guz & Pitt-Watson, 1986; Harris, Olthof & Terwogt, 1981) zeigte sich des Weiteren, dass Kinder im Alter von fünf bis sechs Jahren verstehen, dass erlebte Emotionen sich nicht im Gesichtsausdruck widerspiegeln **müssen** bzw. den gezeigten Emotionen auch konträr gegenüberstehen können, u. a. um das Gegenüber dadurch zu täuschen. Vierjährige Kinder hingegen verstehen nur im Kontext des Symbolspiels, dass eine Person Emotionen ausdrücken kann, die sie gar nicht tatsächlich empfindet. Sie sind noch nicht in der Lage anzugeben, welche Emotionen sich auf dem Gesicht eines Protagonisten zeigen, wenn dieser beispielsweise eigentlich glücklich ist, einer anderen Person aber das Gegenteil glauben lassen will. Da dies das Wissen erfordert, dass Emotionen nicht unbedingt an einen Gesichtsausdruck gekoppelt sind und dass eine Person den tatsächlichen emotionalen Zustand einer anderen Person missrepräsentieren kann, sowie die Fähigkeit, Überzeugungen anderer Personen über die eigenen Emotionen zu manipulieren, könnten diese Befunde ein Hinweis dafür sein, dass Emotionen im Alter von fünf bis sechs Jahren als mentale Zustände repräsentiert werden. In Übereinstimmung damit zeigte sich in Experimenten von Harris, Johnson, Hutton, Andrews und Cooke (1989) und Hadwin und Perner (1991), dass Kinder erst im Alter von fünf bis sechs Jahren dazu in der Lage sind, in Abhängigkeit von einer richtigen oder falschen Überzeugung eines Protagonisten diesem die richtige Emotion zuzuschreiben. Den Kindern wurden Geschichten präsentiert, in denen der Protagonist durch eine Mauer von zwei anderen Kindern getrennt war und glaubte, dass ein bestimmtes Kind im Besitz des Balles ist. Nur die fünf- bis sechsjährigen Kinder schrieben dem Protagonisten mehr Überraschung zu, wenn dieser entgegen seiner Erwartung beim Blick über die Mauer feststellte, dass das andere Kind den Ball hatte, als wenn das erwartete Kind den Ball hielt. Dieser Befund zeigte sich in der Untersuchung von Hadwin und Perner (1991) auch bei anderen Emotionen. In diesen Szenarien wurde den Kindern ein Protagonist vorgestellt, der beispielsweise Cola, aber keine Milch mag. Anschließend erfuhren die Kinder, dass der Protagonist eine Dose Cola erhält, die jedoch ohne sein Wissen ausgeleert wurde und nun Milch enthält. Wie in anderen Studien zur falschen Überzeugung (s. o.) waren die Kinder im Alter von vier Jahren in der Lage, die falsche Überzeugung des Protagonisten zu verstehen und antworteten, dass der Protagonist glaube, er habe eine Cola bekommen. Als sie jedoch beantworten sollten, wie sich der Protagonist fühlt, wenn er die Dose Cola erhält, sich also noch in dem falschen Glauben befindet, tatsächlich Cola bekommen zu haben, antworteten die Vierjährigen, dass dieser sich traurig fühle. Sie ignorierten also bei der Emotionsattribution die

falsche Überzeugung des Protagonisten und urteilten aus der Perspektive ihres Wissensstandes. Erst die fünf- bis sechsjährigen Kinder verstanden, dass der Protagonist sich glücklich fühlt, da er ja fälschlicherweise davon ausgeht, Cola bekommen zu haben. Nur die älteren Kinder verstanden auch wiederum, dass der Protagonist nur dann überrascht ist, wenn er entgegen seiner Erwartung in der Coladose Milch vorfindet (vgl. Wellman & Banerjee, 1991). Wellman und Banerjee (1991) konnten außerdem zeigen, dass jüngere Kinder auch dann kein Verständnis für diese sog. „überzeugungsbasierten“ Emotionen aufweisen, wenn ihnen die richtigen Emotionen vorgegeben werden und sie nur noch erklären sollen, warum sich der Protagonist so fühlt. Der Befund, dass sich das Verständnis überzeugungsbasierter Emotionen erst nach dem Verständnis falscher Überzeugungen entwickelt, erwies sich auch in anderen Untersuchungen, mit anderen Emotionen und verschiedenen experimentellen Manipulationen als robust (vgl. z. B. Bradmetz & Schneider, 1999; de Rosnay, Pons, Harris & Morrell, 2004). Ausgehend von der Ansicht Searles (1983), wonach Emotionen ihre Intentionalität in Abhängigkeit von anderen mentalen Zuständen, die klar durch intentionale Inexistenz gekennzeichnet sind, erhalten, können diese Ergebnisse als Hinweise für ein repräsentationales Verständnis von Emotionen als mentale Zustände im Alter von fünf bis sechs Jahren angesehen werden.

Dennoch verfügen Kinder im Alter von fünf bis sechs Jahren noch nicht über ein vollständig entwickeltes, mit erwachsenen Personen vergleichbares Emotionsverständnis, beispielsweise hinsichtlich der Zuschreibung von komplexen oder gemischten Emotionen. Diese Entwicklungen werden in den nächsten beiden Kapiteln dargestellt.

1.1.4.4 Entwicklung der Zuschreibung von Basisemotionen und komplexen Emotionen

Emotionen können in Basisemotionen und komplexe Emotionen unterschieden werden. In die Kategorie der Basisemotionen werden je nach Ansicht unterschiedlicher Autoren (vgl. z. B. Ekman & Friesen, 1971; Izard, 1981, 1997; Plutchik, 1994) die sechs Emotionen Freude, Angst, Trauer, Ärger, Überraschung, Ekel oder einige zusätzliche, wie z. B. Verachtung, eingeordnet. Basisemotionen gehen einher mit charakteristischen, kulturübergreifenden Gesichtsausdrücken (Ekman & Friesen, 1971). Zu den komplexen Emotionen werden Emotionen wie Stolz, Scham, Schuld, Verlegenheit, Reue usw. gezählt. Im Gegensatz zu Basisemotionen erfordern diese Emotionen nicht nur eine Repräsentation. Für das Verständnis der Emotion Scham müssen beispielsweise sowohl Traurigkeit oder Bedauern als auch Wut auf die eigene Person oder über das eigene Verhalten differenziert und kombiniert werden. Diese komplexen Emotionen werden auch als „Self-Conscious Emotions“ bezeichnet, da sie durch das Einbeziehen

und Antizipieren der Bewertung durch andere Personen und der Meinung Anderer über die eigene Person oder das eigene Verhalten und dessen Konsequenzen getriggert werden. Einige Autoren gehen auch davon aus, dass nur bei der Zuschreibung von Self-Conscious Emotions, nicht aber bei der Zuschreibung von Basisemotionen Mentalisieren nötig sei, da nur bei Ersteren der mentale Zustand anderer Personen inferiert werden müsse. Um Verlegenheit zu empfinden, müsse z. B. der Glaube einer anderen Person, dass man sich peinlich verhalten hat, repräsentiert werden, wohingegen man sich bei Basisemotionen wie Angst oder Ekel nur des eigenen somatischen Zustandes bewusst sein müsse (Burnett, Bird, Moll, Frith & Blakemore, 2009). Da die komplexen Emotionen also mit der Bewertung durch andere Personen und somit mit sozialen Kontexten in Zusammenhang stehen, werden diese Emotionen auch als „soziale Emotionen“ bezeichnet. Eine positive Bewertung der eigenen Person oder des Verhaltens ist demnach beispielsweise mit Stolz, eine negative z. B. mit Schuld oder Verlegenheit assoziiert. Während Verlegenheit mehr durch die Verletzung sozialer Konventionen getriggert wird, treten Schuld und Scham hingegen eher bei der Überschreitung moralischer Standards auf, weswegen letztere Emotionen auch als „moralische Emotionen“ bezeichnet werden. Als prototypische Situationen für das Auftreten der moralischen Emotion Schuld können beispielsweise Situationen gesehen werden, in denen eine Person einer anderen Schaden zufügt (Berndsen, van der Pligt, van der Doosje & Manstead, 2004). Diese Emotionen motivieren Menschen dazu, sich moralisch zu verhalten bzw. nach der Überschreitung moralischer Standards wiedergutmachende Handlungen einzuleiten (Eisenberg, 2000; Harris, 1989; Janke, 2002; Perner, 1991).

In Studien, die das situative Emotionsverständnis untersuchten, zeigte sich, dass Kinder bereits ab zwei Jahren Freude und mit zunehmendem Alter auch Angst, Ärger, Trauer, Überraschung und Ekel prototypischen Situationen (z. B. Freude bei eigenem Geburtstag) richtig zuordnen können (z. B. Michalson & Lewis, 1985; Wellman & Woolley, 1990). Ab einem Alter von vier bis fünf Jahren sind Kinder außerdem in der Lage, selbst plausible Gründe für die Emotionen Freude, Trauer, Ärger, Angst und Überraschung zu generieren, die hohe Übereinstimmungen mit von erwachsenen Personen genannten Gründen aufweisen (Strayer, 1986; Trabasso, Stein & Johnson, 1981). Diese Befunde weisen darauf hin, dass bereits Vorschulkinder generalisierte Konzepte von Basisemotionen und den diese Emotionen auslösenden Faktoren besitzen. Allerdings ergaben sich auch entwicklungsabhängige Unterschiede, die damit in Zusammenhang gesehen werden können, dass Kinder unterschiedlichen Alters auf verschiedene Aspekte einer Situation, wie z. B. die Ursachen oder die Folgen zu fokussieren schienen. So schrieben fünf- bzw. sechsjährige Kinder einem Protago-

nisten, dem von einem anderen Kind Schaden zugefügt wurde Ärger zu, während achtjährige Kinder wie Erwachsene mehr Traurigkeit attribuierten (Borke, 1971; Janke, 2002).

Im Gegensatz dazu sind Kinder im Alter von vier bis fünf Jahren noch nicht fähig, Situationen zu generieren, die mit komplexen Emotionen einhergehen, auch wenn sie die Valenz dieser Emotionen kennen. Auch bei vorgegebenen Situationen, die typischerweise mit bestimmten komplexen Emotionen einhergehen, sind Vorschulkinder noch nicht in der Lage, komplexe Emotionen zuzuschreiben. Stattdessen nennen sie im Gegensatz zu älteren Kindern Basisemotionen, z. B. Angst anstelle von Scham oder Schuld, wenn eine Autoritätsperson ein moralisches Vergehen beobachtet hat (Harter & Whitesell, 1989). Ab einem Alter von ca. sechs bis sieben Jahren können Kinder dann sowohl bei prototypischen Situationen komplexe Emotionen zuschreiben als auch selbst Situationen generieren, die mit bestimmten komplexen Emotionen wie Stolz, Schuld oder Eifersucht einhergehen (Harris, Olthof, Terwogt & Hardman, 1987; Thompson, 1987; Weiner, Graham, Stern & Lawson, 1982). In einer Studie von Murgatroyd und Robinson (1997) zeigte sich hingegen, dass auch Kinder im Alter von sechs bis sieben Jahren einem Protagonisten, dessen unmoralische Tat von einer Autoritätsperson beobachtet wurde, wie die jüngeren Kinder vornehmlich Angst und an zweiter Stelle Traurigkeit, aber keine komplexen Emotionen zuschrieben. Allerdings wurden den Kindern auch nur diese negativen Emotionen zur Auswahl vorgegeben, wodurch sich die diskrepanten Befunde ergeben haben könnten. Mit zunehmendem Alter sind Kinder dann in der Lage, Situationen für weitere komplexe Emotionen, wie Enttäuschung oder Erleichterung anzuführen (Harris et al., 1987). Jedoch unterscheidet sich das Verständnis komplexer Emotionen bei jüngeren und älteren Kindern zum einen noch dahingehend, dass sechs- bis siebenjährige Kinder Stolz und Scham nur bei Anwesenheit von „Significant Others“ und scheinbar auch nur in Zusammenhang mit diesen, aber nicht direkt auf das Selbst bezogen repräsentieren können (Beispiel: Die Eltern sind stolz, wenn sie beobachten, dass man etwas schafft, was man vorher noch nicht konnte, dann ist man selbst auch stolz). Erst mit ca. acht Jahren können Kinder sich Stolz und Scham auch in Situationen, in denen keine andere Person anwesend ist, zuschreiben bzw. Beispiele für Situationen nennen, in denen sie unabhängig von der konkreten Reaktion oder Bewertung anderer Personen auf sich selbst stolz sind oder sich für sich selbst schämen. Diese altersabhängige Veränderung könnte in der Internalisierung der Standards der Significant Others (Harter & Whitesell, 1989) oder in der Antizipation der Missbilligung durch diese (Harris, 1989) begründet sein. Zum anderen unterscheidet sich das Verständnis komplexer Emotionen bei jüngeren und älteren Kindern auch dahingehend, dass Kinder mit sechs Jahren

komplexe Emotionen oft noch zuschreiben, ohne persönliche Verantwortlichkeit und Normen zu berücksichtigen. So fanden Graham und Kollegen (Graham, 1988; Graham, Doubleday & Guarino, 1984; Weiner, Graham & Chandler, 1982), dass sechsjährige Kinder im Gegensatz zu älteren Kindern Schuld auch dann attribuierten, wenn sie versehentlich etwas kaputt gemacht oder einer anderen Person Schaden zugefügt hatten, und für die Emotion Schuld auch Situationen beschrieben, in denen sie wenig Kontrolle für das Geschehene hatten, obwohl sie verstanden, ob eine Person die Verantwortung für ein Ereignis trägt oder nicht (ähnliche Attributionsmuster fanden Graham (1988) und Thompson (1989) auch für die Emotion Stolz). Die Autoren sehen diesen Entwicklungsschritt darin begründet, dass jüngere Kinder bei der Zuschreibung von Emotionen, einem sequentiellen kognitiven Interpretationsprozess, zunächst lediglich auf den ersten Aspekt, der in solchen Situationen analysiert wird, fokussieren, nämlich das Ergebnis einer Handlung. Bei einer positiven Valenz werden auch komplexe positive und bei negativer Valenz auch komplexe negative Emotionen zugeschrieben (Ergebnisanalyse oder „Primary Appraisal“ nach Weiner, 1986). Erst ab einem Alter von ca. sieben bis acht Jahren sind Kinder in der Lage, neben dem Ergebnis zusätzlich auch die Ursachen eines Ereignisses, die in der Situation oder der Person begründet sein können (z. B. Begabung, Zufall, Intentionalität) zu berücksichtigen und Emotionen entsprechend zu attribuieren (Ursachenanalyse oder „Secondary Appraisal“ nach Weiner, 1986).

Diese sich erst spät im Kindesalter entwickelnde Fähigkeit, gleichzeitig mehrere Aspekte einer Situation zu berücksichtigen, könnte auch zumindest mitverantwortlich dafür sein, dass Kinder erst relativ spät in ihrer Entwicklung einem Protagonisten simultane bzw. gemischte Emotionen zuschreiben können. Diese Entwicklung ist Thema des nächsten Abschnitts.

1.1.4.5 Entwicklung der Zuschreibung von simultanen bzw. gemischten Emotionen

Basierend auf einer Reihe von eigenen Ergebnissen (Harter & Buddin, 1987) und unter Anwendung der „Skill-Theorie“ von Fischer (1980) gehen Harter und Whitesell (1989) von einer fünfstufigen Entwicklungssequenz eines metakognitiven Verständnisses simultaner bzw. gemischter Emotionen aus. Dementsprechend sind Kinder im Alter von etwa fünf Jahren in der Lage zu verstehen, dass mehrere Emotionen, auch solche unterschiedlicher Valenz, zeitlich nacheinander auftreten können. In Übereinstimmung damit fanden Lagattuta, Wellman und Flavell (1997), dass Kinder ab fünf Jahren verstehen, dass die aktuelle emotionale Befindlichkeit durch vorangegangene Erfahrungen und Erinnerungen beeinflusst werden kann. Die Kinder konnten nachvollziehen,

dass das Foto eines verstorbenen Haustieres ein Kind selbst an seinem Geburtstag, einem insbesondere bei Kindern mit Freude assoziierten Ereignis, vorübergehend traurig machen kann. Da Kinder in diesem Alter nach Harter und Whitesell (1989) jedoch nur einzelne Repräsentationen separater Emotionen haben, die sie noch nicht integrieren, koordinieren und in Beziehung zueinander setzen können, können sie noch nicht verstehen, dass zwei Emotionen, auch nicht zwei Emotionen derselben Valenz (z. B. traurig und verärgert), zur selben Zeit koexistieren können. Erst mit ca. sieben Jahren sind Kinder in der Lage, in Bezug auf dasselbe „Target“ gleichzeitig mehrere Emotionen derselben (z. B. traurig und verärgert sein, wenn man vom Bruder gehauen wird), aber nicht unterschiedlicher Valenz zuzuschreiben, da sich in diesem Altersbereich separate, noch inkompatible repräsentationale Sets für positive und negative Emotionen, aber auch Differenzierungen der einzelnen Emotionen innerhalb dieser Kategorien entwickeln würden. Im neunten Lebensjahr entwickle sich die Fähigkeit, simultan zwei Emotionen derselben, nicht aber unterschiedlicher Valenz unterschiedlichen Targets zuzuordnen (z. B. verärgert sein, dass ein anderes Kind ein Spielzeug kaputt gemacht hat und gleichzeitig traurig sein, dass das Kind nach Hause gehen muss). Mit ca. zehn Jahren vollziehe sich ein wichtiger konzeptueller Schritt dahingehend, dass Kinder dann in der Lage sind, die repräsentationalen Sets positiver und negativer Emotionen zu integrieren und dadurch simultan Emotionen gegensätzlicher Valenz zuzuschreiben, allerdings nur bezogen auf unterschiedliche Aspekte einer Situation (z. B. besorgt sein, weil man in einem Fach seine Hausaufgaben vergessen hat und sich über eine gute Note in einem anderen Fach freuen). Übereinstimmende Befunde hierzu ergaben sich in Untersuchungen von Donaldson und Westerman (1986) und Harris (1983). Sie fanden, dass sechs- und siebenjährige Kinder zwar verstehen, dass zwei ambivalente Emotionen zeitversetzt durch zwei getrennte, aufeinander folgende Ereignisse geweckt werden können, aber nicht, dass diese Emotionen simultan durch gleichzeitig eintretende Ereignisse ausgelöst werden können. Folgte ein angenehmes Ereignis auf ein unangenehmes, gaben zwar bereits die sechs- (Harris, 1983) bzw. siebenjährigen Kinder (Donaldson & Westerman, 1986) an, dass der Protagonist Freude und Traurigkeit empfinde, aber auch, dass die beiden Emotionen sich abwechseln würden und nicht gleichzeitig auftreten könnten. Erst die zehnjährigen Kinder erkannten, dass zwei ambivalente Emotionen, die durch zwei unterschiedliche Ereignisse ausgelöst wurden, gleichzeitig bestehen können (Donaldson & Westerman, 1986). Mit ca. elf Jahren können Kinder nach Harter und Whitesell (1989) dann Emotionen gegensätzlicher Valenz letztendlich simultan auf ein- und dasselbe Target attribuieren, wobei die Kinder zunächst simultan positive und negative Emotionen bezüglich einer Situation zuschreiben können (z. B. glücklich sein, dass man ein

Geschenk bekommt und gleichzeitig verärgert sein, dass es nicht genau das ist, was man sich gewünscht hat) und etwas später auch bezüglich einer Person (z. B. glücklich darüber sein, ein Geschenk vom Vater zu erhalten und gleichzeitig verärgert über den Vater sein, da er erst nach den Hausaufgaben erlaubte, das Geschenk zu öffnen). In diesem Alter entwickelt sich also die Fähigkeit, positive und negative Aspekte eines Targets zu differenzieren und diese mit den damit in Zusammenhang stehenden Emotionen zu koordinieren und simultan zu repräsentieren. Mit jedem Schritt dieser Sequenz vollzieht sich nach Harter und Whitesell (1989) eine Entwicklung hinsichtlich der Anzahl und Art der Repräsentationen, die das Kind simultan kontrollieren, koordinieren und integrieren kann. Für diese Ansicht spricht auch die Beobachtung, dass jüngere Kinder genauso wie ältere alle Aspekte einer Situation, die zur Zuschreibung von gemischten Emotionen führen, wahrnehmen und erinnern, und angeben können, dass der eine Aspekt positive und der andere negative Emotionen zur Folge habe, wenn diese Aspekte in zwei separaten Geschichten dargestellt wurden, aber nicht, wenn beide Aspekte in einer Situation integriert waren (Harris, 1983).

Harter und Whitesell (1989) merken jedoch an, dass ein Verständnis simultaner Emotionen gegensätzlicher Valenz in Studien, in denen die Kinder nicht wie in der Studie von Harter und Buddin (1987) selbst Beispiele simultan auftretender Emotionen generieren sollten, sondern mit Situationen, die typischerweise mit gegensätzlichen Emotionen einhergehen, konfrontiert wurden, bereits bei jüngeren Kindern konsistent beobachtet werden konnte. So zeigte sich beispielsweise in der Studie von Gnepp und Kollegen (1987), dass bereits achtjährige Kinder verstanden, dass in einer ambivalenten Situation (z. B. Singen vor einem Publikum) gleichzeitig positive und negative Emotionen auftreten können (für Hinweise auf Vorläufer eines Ambivalenzverständnisses im Vorschulalter vgl. Wellman, Harris, Banerjee & Sinclair, 1995). Terwogt, Koops, Oosterhoff und Olthof (1986) fanden des Weiteren, dass Kinder über sieben Jahren in der Lage waren, in vorgegebenen Geschichten einem Protagonisten sowohl positive als auch negative Emotionen in ein- und derselben Situation zuzuschreiben (vgl. auch Fischer, Shaver & Cornochnan, 1990). Arsenio und Lover (1995) berichten sogar, dass bereits die meisten sechsjährigen Kinder einem Protagonisten, der sein abhanden gekommenes Fahrrad wieder findet, welches jedoch beschädigt ist (vgl. Harris, 1983), gemischte Gefühle zuschrieben. Die Autoren fanden außerdem eine Korrelation zwischen dem Verständnis, dass in einer Situation wie der oben geschilderten gemischte Emotionen auftreten können und dem Verständnis, dass auch ein Protagonist, dessen persönlicher Wunsch erfüllt wird, der dabei aber einen moralischen Standard verletzt und einer anderen Person Schaden zufügt, sowohl positive als auch negative Emotionen erleben kann. Derartige Situationen erfordern,

den subjektiven Wunsch einer Person zusammen mit dem Ergebnis einer Handlung und zusätzlich den moralisch relevanten Aspekt der Situation mit den jeweils damit einhergehenden Emotionen zu repräsentieren und zu integrieren. Wann und wie sich diese Fähigkeit in der kindlichen Entwicklung abzeichnet, wird im folgenden Kapitel dargestellt.

1.1.4.6 Das Happy-Victimizer-Phänomen

Wie bereits beschrieben sind Kinder bereits ab einem Alter von ca. zweieinhalb bis drei Jahren in der Lage, die Emotionen eines Protagonisten, dessen neutraler Wunsch erfüllt bzw. nicht erfüllt wurde, vorherzusagen. Ebenso wurde bereits dargestellt, dass jüngere Kinder Wünsche noch als objektiv an Situationen gebunden verstehen und daher einem Protagonisten, dessen unmoralischer Wunsch erfüllt wird, aufgrund der an sich negativen Valenz des Outcomes negative Emotionen zuschreiben. Kinder ab dreieinhalb Jahren hingegen sind in der Lage, Wünsche als subjektive mentale Zustände einer Person zu verstehen und erwarten in solchen Situationen dementsprechend positive Emotionen (vgl. z. B. Yuill et al., 1996).

Diese Beobachtung, dass Kinder einer Person, die gegen einen moralischen Standard verstößt und damit sich selbst einen Vorteil verschafft, einer anderen Person jedoch Schaden zufügt, positive Emotionen zuschreiben, obwohl sie sich bereits in einem Alter befinden, in dem sie empathisches, altruistisches und prosoziales Verhalten zeigen und moralische Standards kennen (z. B. Eisenberg-Berg, 1982), weckte reges Forschungsinteresse und wurde später als Happy-Victimizer-Phänomen bezeichnet (Arsenio, 1988; Arsenio, Gold & Adams, 2006; Arsenio & Kramer, 1992; Arsenio & Lover, 1995; Barden, Zelko, Duncan & Masters, 1980; Keller, Lourenco, Malti & Saalbach, 2003; Keller, Edelstein, Fang, Hong & Schuster, 1996; Kim, 1993; Lourenco, 1997; Murgatroyd & Robinson, 1993, 1997; Nunner-Winkler, 1999; Nunner-Winkler & Sodian, 1988; Sokol, 2004; Sokol & Chandler, 2004; Wiersma & Laupa, 2000; Yuill, 1984; Yuill et al., 1996). Bereits Barden und Kollegen (1980) stellten fest, dass vier- bis fünfjährige Kinder einem Protagonisten, der unbehelligt einen kleinen Diebstahl beging, um ein Objekt zu besitzen, mehrheitlich positive Emotionen zuschrieben, während die neun- bis zehn- und zwölf- bis 13-jährigen Kinder negative Emotionen (v. a. Angst) attribuierten. Die Autoren führten diese Befunde auf das moralische Training in der Schule (Wissen, dass das Zeigen von Freude bei unmoralischem Verhalten sozial nicht akzeptiert ist), die kognitiven Fähigkeiten (Antizipation von Konsequenzen) und den Erfahrungsvorsprung (auch zunächst unbeobachtete Vergehen können noch entdeckt werden und zu Bestrafung führen) der älteren Kinder gegenüber den jüngsten Kindern zurück.

Die erste systematische Untersuchung des Happy-Victimizer-Phänomens wurde von Nunner-Winkler und Sodian (1988) durchgeführt. In einem ersten von drei Experimenten ergab sich in Übereinstimmung mit den Ergebnissen von Barden et al. (1980) ein deutlicher „Altersshift“. Die vierjährigen Kinder erwarteten für einen Protagonisten, der einen unbemerkten Diebstahl begangen hatte, mehrheitlich (74 %) positive Emotionen, obwohl sie verstanden, dass der Protagonist gegen einen moralischen Standard verstoßen hatte. Durch eine weitere Bedingung konnte auch ausgeschlossen werden, dass Kinder in diesem Alter eine generelle positive Antworttendenz bei der Zuschreibung von Emotionen in Konfliktsituationen aufweisen. Die älteren Kinder erwarteten hingegen mehrheitlich negative Emotionen (sechsjährige: 60 %, achtjährige: 90 %). Eine spontane Zuschreibung gemischter Emotionen dahingehend, dass dem Protagonisten gleichzeitig positive und negative Emotionen attribuiert wurden, da er einerseits sein Ziel erreichte, andererseits aber einer anderen Person Schaden zufügte, trat bei keiner Altersgruppe auf. Bei der Begründung ihrer Wahl der zugeschriebenen Emotionen orientierten sich die jüngsten Kinder mehrheitlich an der Erreichung des subjektiven Ziels, hier also dem Besitz des gewünschten Objekts („Outcome-orientiert“), während die älteren Kinder mehr moralisch orientierte Begründungen nannten, wie z. B. ein schlechtes Gewissen. Angst vor Strafe („sanktionsorientiert“) wurde in dieser Untersuchung im Gegensatz zur Studie von Barden et al. (1980) jedoch nur selten als Begründung für die Attribution negativer Emotionen genannt (vgl. z. B. auch Keller et al., 2003; Lourenco, 1997; Yuill et al., 1996). In weiteren Studien ergab sich in Übereinstimmung mit Barden et al. (1980) eine ab dem Schulalter auftretende oder zunehmende Orientierung an externalen Sanktionen, zum Teil jedoch auch eine Weiterentwicklung von sanktionsorientiert im Alter von sieben bis acht Jahren zu moralisch orientiert im Alter von neun bis zehn Jahren (z. B. Murgatroyd & Robinson, 1993; Experiment 2), oder aber eine Entwicklung von sanktionsorientiert im Vorschulalter zu moralisch orientiert im Schulalter (Harter & Whitesell, 1989). Diese diskrepanten Ergebnisse könnten zumindest teilweise durch die Unterschiede in den Formulierungen der Fragen nach den Emotionen des Protagonisten begründet sein, je nachdem, ob Antwortalternativen vorgegeben wurden oder nicht und ob diese z. B. die Alternative „ängstlich“ enthielten (vgl. Barden et al., 1980; Murgatroyd & Robinson, 1993) oder nicht (vgl. z. B. Nunner-Winkler & Sodian, 1988; Yuill et al., 1996).

Im zweiten Experiment von Nunner-Winkler und Sodian (1988) zeigte sich des Weiteren, dass sich die Happy-Victimizer-Erwartung der Vorschulkinder auch nicht dadurch verändern ließ, indem die Salienz und Schwere der unmoralischen Handlung variiert wurden. Die vier- bis fünfjährigen Kinder schrieben dem Protagonisten unabhängig davon, ob dieser unmoralisch handelte, um einen konkreten Gewinn zu erzielen

oder nur, um einem anderen Kind ohne Grund Schaden zuzufügen, und unabhängig davon, ob der Protagonist eine Lüge benutzte, um sein Ziel zu erreichen oder dafür ein anderes Kind körperlich verletzte, positive Emotionen zu, mit der Begründung, dass der Protagonist erreicht hat, was er wollte. Ein ähnliches Ergebnis fanden auch Arsenio und Kramer (1992) für vierjährige Kinder. Auch unter anderen verschiedenen experimentellen Manipulationen erwies sich die Attribution positiver Emotionen bei vierjährigen Kindern als sehr robust. So zeigten sich keinerlei Auswirkungen auf die Antworten der vierjährigen, wenn ihr Fokus auf den moralischen Aspekt der Situation gelenkt wurde, indem sie aufgefordert wurden, zuerst die Emotionen des Opfers zu beurteilen (Arsenio & Kramer, 1992) oder den Protagonisten vor der Emotionsattribution moralisch zu bewerten (Lourenco, 1997; Yuill et al., 1996), obwohl die Kinder dem Opfer durchweg negative Emotionen zuschrieben (Arsenio & Kramer, 1992) und den Protagonisten als moralisch schlecht bewerteten (Lourenco, 1997; Yuill et al., 1996; vgl. auch Keller et al., 2003; Nunner-Winkler & Sodian, 1988). Des Weiteren ergab sich in einigen Untersuchungen, dass die meisten Vierjährigen auch nicht durch eine Befragung mit immer konkreter werdenden Fragen dahingehend, ob der Protagonist auch andere bzw. negative Emotionen empfinden könnte (Arsenio & Kramer, 1992; Lourenco, 1997) oder durch den Hinweis, dass ein anderes Kind behauptet habe, der Protagonist fühle sich schlecht (Lourenco, 1997) ihre Antworten veränderten und negative oder gemischte Emotionen attribuierten. In den Studien von Arsenio und Kramer (1992), Barden und Kollegen (1980) und Lourenco (1997) ergab sich weiterhin, dass vier- bis fünfjährige Kinder auch dann dem Protagonisten nicht weniger positive Emotionen zuschrieben, wenn Opfer und Täter als enge Freunde dargestellt wurden, die Versuchspersonen (Vpn) sich selbst als Opfer und einen engen Freund als Täter vorstellen sollten, oder wenn die Probanden sich selbst als Täter vorstellen sollten. Letztere Befunde von Arsenio und Kramer (1992), Barden und Kollegen (1980) und Lourenco (1997) weisen außerdem darauf hin, dass die Zuschreibung von Freude bei Vorschulkindern nicht darauf zurückzuführen ist, dass der Protagonist als „Bully“ gesehen wird, also als ein Kind, das sich im Gegensatz zu anderen Kindern oft unmoralisch verhält und „böse“ ist und daher grundsätzlich und unabhängig von verschiedensten Rahmenbedingungen Freude empfindet, wenn es einem anderen Kind Schaden zufügt. Ein weiterer Beleg gegen diese Annahme und für die Zuschreibung positiver Emotionen aufgrund einer Fokussierung auf die subjektive Zielerreichung in unmoralischen Situationen bei Kindern in diesem Alter ergibt sich aus den Befunden des dritten Experiments von Nunner-Winkler und Sodian (1988). Nur einem unmoralisch motivierten Protagonisten, der die Zielperson verletzte und damit sein persönliches Ziel erreichte, nicht jedoch einem unmoralisch motivierten Protagonisten,

der anstatt der Zielperson ein anderes Kind verletzte oder einem Protagonisten, der nicht unmoralisch motiviert war, aber aus Versehen ein Kind verletzte, wurden mehrheitlich positive Emotionen zugeschrieben. Ein weiterer Beleg, dass der Zuschreibung positiver Emotionen eine Fokussierung auf die subjektive Zielerreichung zugrunde liegt, ergab sich aus einer Studie von Wiersma und Laupa (2000). Hier zeigte sich, dass nur die Kinder dem Protagonisten positive Emotionen zuschrieben, die eine dahingehend etwas zweideutige Geschichte so auffassten, dass der Protagonist durch seine Handlung einen Nutzen hat.

Insgesamt weisen diese Ergebnisse also darauf hin, dass sich Kinder im Alter von vier bis fünf Jahren unabhängig von verschiedensten experimentellen Manipulationen konsistent an der subjektiven Zielerreichung orientieren, wenn diese mit moralischen Werten in Konflikt stehen, obwohl sie sich der negativen Konsequenzen für das Opfer und der Übertretung eines moralischen Standards bewusst sind. Sie scheinen zwar in der Lage zu sein, die emotionalen Zustände des Täters und des Opfers zu unterscheiden, jedoch nicht, diese sowie den moralischen Aspekt der Situation bei der Beurteilung der Emotionen des Täters zu integrieren. Nunner-Winkler und Sodian (1988) schlossen aus ihren Experimenten, dass sich zwischen dem Vorschulalter und dem Schulalter ein bedeutender altersabhängiger „Entwicklungsschiff“ von „Happy-“ zu „Sad-Attributionen“ und von einer Outcome- zu einer moralisch orientierten Sichtweise vollzieht.

Das Happy-Victimizer-Phänomen konnte nicht nur bei US-amerikanischen (z. B. Barden et al., 1980), britischen (z. B. Murgatroyd & Robinson, 1993), deutschen (z. B. Nunner-Winkler & Sodian, 1988) und portugiesischen (Lourenco, 1997), sondern auch bei koreanischen (z. B. Kim, 1993) und chinesischen Kindern (z. B. Keller et al., 1996) gefunden werden und trat somit sowohl in westlichen als auch fernöstlichen Kulturen auf (für Untersuchungen zu kulturellen Unterschieden vgl. z. B. Keller et al., 1996, 2003). Allerdings ergaben sich zu einigen oben dargestellten Befunden in anderen Studien auch widersprüchliche bzw. diese Befunde relativierende Ergebnisse. So zeigte sich in einigen Untersuchungen im Gegensatz zu den Befunden von Nunner-Winkler und Sodian (1988), dass bereits fünfjährige Kinder in der Lage waren, aus einer moralischen Perspektive zu urteilen, wenn ihr Fokus durch eine entsprechende Frage nach den Emotionen des Protagonisten auf den moralischen Aspekt gelenkt wurde (Sokol, 2004; Sokol & Chandler, 2004; Yuill et al., 1996). Möglicherweise förderte diese experimentelle Manipulation die Einnahme der moralischen Perspektive bei einer Probandengruppe, die eventuell gerade erst beginnt, moralische Aspekte solcher Situationen mit einzubeziehen, stärker, als die von Nunner-Winkler und Sodian (1988) durchgeführten Variationen. Einen weiteren Grund für die abweichenden Befunde

könnten die unterschiedlichen Stichproben darstellen: während die Stichproben des zweiten und dritten Experiments von Nunner-Winkler und Sodian (1988) sowohl aus vier- als auch fünfjährigen Kindern bestanden, wurden in der Studie von Yuill et al. (1996) vier- und fünfjährige Kinder in zwei separaten Gruppen untersucht. Nur die fünfjährigen Kinder waren in der Lage, den moralischen Standpunkt einzunehmen, nicht aber die vierjährigen Kinder.

Allerdings zeigte sich in einer dreiteiligen Studie von Murgatroyd und Robinson (1993) auch, dass vier- bis sechsjährige Kinder einem Protagonisten, der durch sein unmoralisches Verhalten einen konkreten Gewinn erzielte, mehrheitlich Freude zuschrieben (Experiment 1), während vier- bis fünfjährige Kinder einem Protagonisten, der ebenfalls ein anderes Kind körperlich verletzte, ohne dadurch einen konkreten Vorteil zu erreichen tendenziell etwas mehr Traurigkeit als Freude attribuierten (Experiment 2). Hier konnte also unter Verwendung der gleichen Manipulation der Salienz des moralischen Aspektes wie in Experiment 2 der Untersuchung von Nunner-Winkler und Sodian (1988) eine Veränderung im Emotionsattributionsmuster vier- bis fünfjähriger Kinder hin zu einer häufigeren Zuschreibung von negativen Emotionen beobachtet werden. Jedoch ist aus der Studie von Murgatroyd und Robinson (1993) nicht ersichtlich, warum die Kinder dem Protagonisten negative Emotionen zuschrieben. Gerade wenn der konkrete Gewinn für den Protagonisten und damit die Relation zwischen persönlichem Wunsch und Outcome weniger vordergründig war, könnten insbesondere die jüngeren Kinder der Stichprobe ähnlich wie in den Untersuchungen von Yuill (1984) und Yuill et al. (1996) eher aus einer objektiven Perspektive dem Protagonisten negative Emotionen zugeschrieben haben, als tatsächlich den moralischen Aspekt der Situation integriert zu haben. Für diese Annahme spricht auch die Untersuchung von Wiersma und Laupa (2000), in der die unmoralische Handlung eines Protagonisten ähnlich wie bei Murgatroyd und Robinson (1993; Experiment 2) und Nunner-Winkler und Sodian (1988; Experiment 2) zwar als absichtlich, aber ohne einen konkreten Gewinn für den Protagonisten dargestellt wurde: obwohl knapp die Hälfte der drei- bis fünfjährigen Kinder einem Protagonisten Traurigkeit zuschrieb, nannten nur wenige (und eher die älteren) Kinder moralisch orientierte Begründungen.

Zusammenfassend lassen diese Befunde also vermuten, dass Kinder unter dreieinhalb Jahren nicht in der Lage sind, einen subjektiven oder moralischen Standpunkt einzunehmen, was mit einer Attribution von negativen Emotionen aufgrund der Orientierung am objektiv negativen Outcome in solchen Situationen einhergeht. Ab einem Alter von dreieinhalb Jahren sind Kinder fähig, zusätzlich zu einem objektiven Standpunkt auch eine subjektive Perspektive einzunehmen, was in einer Zuschreibung positiver Emotionen resultiert. Sie können jedoch trotz verschiedenster experimenteller

Manipulationen noch keinen moralischen Standpunkt einnehmen und sind auch noch nicht in der Lage, gemischte Emotionen zuzuschreiben. Ab einem Alter von etwa fünf Jahren scheinen Kinder jedoch zumindest unter gewissen experimentellen Bedingungen in der Lage zu sein, auch die moralische Perspektive einzunehmen. Je nach Salienz der Hinweisreize schreiben Kinder in diesem Alter positive Emotionen zu, wenn der Fokus auf die Erfüllung des persönlichen Wunsches gerichtet wird und negative, wenn der moralische Aspekt salienter gemacht wird.

Wie sich in den Studien von Sokol (2004) und Yuill und Kollegen (1996) zeigte, besitzen Fünfjährige jedoch noch nicht die Fähigkeit, einem unmoralisch motivierten, erfolgreichen Protagonisten gemischte Emotionen spontan (vgl. Nunner-Winkler & Sodian, 1988) und auch nicht auf Nachfrage zuzuschreiben. Diese Fähigkeit konnte frühestens bei Sechsjährigen beobachtet werden. So zeigte sich in der Studie von Arsenio und Kramer (1992), dass die meisten der sechsjährigen Kinder, die dem Protagonisten spontan eine positive Emotion zugeschrieben hatten, zumindest nach der vierten, direktesten Frage nach alternativen Emotionen eine negative Emotion zuschrieben („Du hast gesagt dein Freund (der Protagonist) ist glücklich, wenn er jetzt anstelle von dir auf der Schaukel sitzt. Wenn er dich nun auf dem Boden liegen sieht und sieht, dass du traurig bist, könnte er sich dann auch noch anders als nur glücklich fühlen?“), obwohl es einfacher gewesen wäre, eine andere positive Emotion zu nennen (vgl. Harter & Buddin, 1987). Gegen einen Befragungseffekt spricht, dass die Kinder den Opfern der unmoralischen Handlung auch nicht bei den konkretesten Fragen nach alternativen Emotionen positive Gefühle zuschrieben. Allerdings zeigte sich auch, dass nur die achtjährigen Kinder spontan gemischte Emotionen zuschrieben oder ihre Emotionsattribution bereits bei der ersten Frage veränderten („Denkst du, der Protagonist könnte sich auch anders fühlen?“). In Übereinstimmung damit zeigte sich auch in weiteren Studien, dass erst Kinder im Alter von sieben (Sokol, 2004) bzw. acht Jahren (Lourenco, 1997) bei nur einer bzw. zwei Fragen nach alternativen Emotionen gemischte Emotionen zuschrieben, nicht jedoch sechsjährige Kinder. In anderen Untersuchungen konnte ein solches Antwortverhalten wiederum bei sieben- (Yuill et al., 1996) bzw. sieben- bis achtjährigen Kindern (Murgatroyd & Robinson, 1993) nicht beobachtet bzw. erst bei zehnjährigen Kindern festgestellt werden (Yuill et al., 1996). Auch die spontane Zuschreibung von gemischten Emotionen konnte in anderen Studien bei achtjährigen Kindern noch nicht gefunden werden (Murgatroyd & Robinson, 1993; Nunner-Winkler & Sodian, 1988).

Insgesamt weisen diese Ergebnisse also darauf hin, dass Kinder im Alter von ca. sechs Jahren zumindest bei Verwendung sehr starker Hinweisreize ein beginnendes Verständnis gemischter Emotionen nach der Erfüllung eines unmoralischen Wunsches

aufzuweisen scheinen. Erst mit zunehmendem Alter scheinen Kinder jedoch auch bei weniger starken Cues bzw. spontan gemischte Emotionen attribuieren zu können.

Trotz dieser ab einem gewissen Alter vorhandenen Fähigkeiten zeigten sich in vielen Studien im Widerspruch dazu und auch im Gegensatz zu den Befunden von Barden und Kollegen (1980) und Nunner-Winkler und Sodian (1988) hinsichtlich eines Entwicklungsshifts vom Vorschul- zum Schulalter von positiven zu negativen Emotionszuschreibungen kaum altersabhängige Veränderungen bzw. ein erst später oder subtiler verlaufender Shift. So ergab sich in vielen Studien, dass auch die Mehrheit bzw. mindestens noch 50 % der sieben- (z. B. Sokol, 2004; Yuill, 1984; Yuill et al., 1996), acht- (z. B. Arsenio & Kramer, 1992; Lourenco, 1997) oder sogar neunjährigen Kinder (Keller et al., 2003) einem unmoralisch motivierten, erfolgreichen Protagonisten positive Emotionen zuschrieben und an der subjektiven Zielerreichung orientiert antworteten. Während Arsenio und Kramer (1992) und Lourenco (1997) trotz der immer noch mehrheitlichen Attribution positiver Emotionen bei achtjährigen Kindern zumindest eine signifikante Verminderung der Zuschreibung positiver Emotionen im Vergleich zu jüngeren Kindern fanden, ergab sich z. B. in einer Studie von Kim (1993) ein substantieller Rückgang an positiven Emotionen sogar erst bei zehnjährigen Kindern. Murgatroyd und Robinson (1993, 1997) konnten in zwei weiteren Experimenten zeigen, dass sogar Jugendliche im Alter von 15 bis 18 (Murgatroyd & Robinson, 1997) und junge Erwachsene im Alter von 18 bis 20 Jahren (Murgatroyd & Robinson, 1993) zumindest einem Protagonisten, der durch seine unmoralische Tat einen konkreten Gewinn erzielte, Freude immer noch ähnlich häufig wie Traurigkeit zuschrieben. Diese Ergebnisse sprechen gegen die Annahme von Yuill und Kollegen (1996), die aufgrund ihrer eigenen Ergebnisse und der Befunde von Nunner-Winkler und Sodian (1988) davon ausgingen, dass Kinder sich ab einem Alter von ca. acht Jahren dann auch mehrheitlich stabil am moralischen Aspekt orientieren, auch wenn sie bereits in einem früheren Alter dazu in der Lage sind, den moralischen Standpunkt einzunehmen.

Die Gründe für die Beobachtung eines über die Vorschulzeit hinaus bestehenden Happy-Victimizer-Phänomens sieht Sokol (2004) zum einen in der Formulierung der Frage. In seiner Studie zeigte sich nämlich, dass fünf-, sechs- und siebenjährige Kinder unabhängig vom Alter positive Emotionen zuschrieben, wenn sie wie in den meisten anderen Studien gefragt wurden, wie sich der Protagonist fühlt. Nach einer Frage, die die unmoralische Handlung mehr in den Vordergrund stellte, schrieben jedoch alle Probandengruppen mehrheitlich negative Emotionen zu und nannten moralisch orientierte Begründungen. Zum anderen argumentiert Sokol (2004), dass Kinder und Erwachsene, wenn ihnen nur eine Frage nach den Emotionen des Protagonisten gestellt wird, lediglich einen Primary Appraisal (vgl. Graham & Weiner, 1986) vornehmen, bei

dem die Situation nur hinsichtlich der Zielerreichung bewertet und dementsprechend nur positive Emotionen attribuiert werden. Der Secondary Appraisal, bei dem die Mittel zur Zielerreichung und die Ursachen für den Outcome in die Bewertung einbezogen werden und die ursprüngliche emotionale Bewertung angepasst wird, finde jedoch sogar bei Erwachsenen häufig nicht automatisch statt. In Übereinstimmung damit fanden Murgatroyd und Robinson (1993) sogar bei erwachsenen Probanden nur selten eine spontane Attribution gemischter Emotionen. Nach Sokol (2004) könne dieser Prozess jedoch durch Fragen nach alternativen Emotionen angeregt werden. In den meisten Studien, in denen Fragen nach alternativen Emotionen verwendet wurden, zeigte sich in Einklang damit auch, dass Kinder ab einem Alter, in dem sie zur Zuschreibung gemischter Emotionen bzw. zur simultanen Integration mehrerer Aspekte einer Situation in der Lage sind, nicht bei ihrer Zuschreibung von positiven Emotionen blieben, sondern negative bzw. gemischte Emotionen zuschrieben (z. B. Arsenio & Kramer, 1992; Lourenco, 1997; Sokol, 2004). Aufgrund dieser Beobachtung schlossen einige Autoren, dass sich anstelle des von Nunner-Winkler und Sodian (1988) angenommenen deutlichen Entwicklungsshifts von positiven zu negativen Emotionen vom Vorschul- zum Schulalter eine subtilere Veränderung von der Zuschreibung positiver zu gemischten Emotionen vollzieht (z. B. Arsenio & Kramer, 1992; Lourenco, 1997). Sokol (2004) stellte des Weiteren fest, dass das Vorhandensein einer „interpretativen“ ToM unabhängig vom Alter der Kinder ihre Fähigkeit, gemischte Emotionen zu attribuierten, vorhersagte. Die Kinder, die verstanden, dass zwei Personen dieselbe Situation unterschiedlich interpretieren können, obwohl sie den gleichen Zugang zu Informationen hatten, waren auch in der Lage, dem Protagonisten gemischte Emotionen zuzuschreiben, was ebenfalls erfordert, verschiedene Perspektiven zu integrieren.

Insgesamt weisen diese Befunde zum Happy-Victimizer-Phänomen also darauf hin, dass unter gewissen experimentellen Bedingungen Kinder bereits im Alter von etwa fünf Jahren einen moralischen Standpunkt einnehmen können und ab einem Alter von sechs Jahren auch gemischte Emotionen zuschreiben können. Mehr als von der moralischen Entwicklung scheinen die Emotionsattributionenmuster jedoch zum einen von der sich entwickelnden Fähigkeit, mehrere Aspekte oder Perspektiven einer Situation zu integrieren und zum anderen von Frageformulierungen und Fragen nach alternativen Emotionen abhängig zu sein. Für diese Annahme sprechen auch die Ergebnisse von Lagattuta (2005), in der der Protagonist nicht gegen einen moralischen Standard verstieß, sondern allgemeine Regeln des alltäglichen Lebens (z. B. nicht auf die Straße laufen) übertrat, um seinen persönlichen Wunsch zu erfüllen (z. B. einen Ball holen, der auf die Straße gerollt ist). In dieser Studie schrieb die Mehrheit der vier- und fünfjährigen Kinder wie auch die Mehrheit der siebenjährigen Kinder und der 18-

bis 23-jährigen Probanden dem Protagonisten zunächst positive Emotionen zu. Im Gegensatz zu den jüngeren Kindern schrieben die Siebenjährigen und Erwachsenen jedoch signifikant mehr negative und gemischte Emotionen zu, wenn sie gefragt wurden, ob sich der Protagonist auch anders fühlen könnte. Ähnlich wie bei der Übertretung moralischer Normen scheinen Kinder auch bei der Übertretung solcher Regeln erst ab einem gewissen Alter in der Lage zu sein, ihr bereits bestehendes Wissen über soziale Regeln und über die Kausalität zwischen Wünschen und Emotionen integrieren zu können.

Die oben dargestellten Entwicklungsfortschritte in der ToM sind wie auch die Entwicklungen in anderen kognitiven und sozialen Bereichen u. a. in Zusammenhang mit zunehmender Erfahrung, Lernen oder konzeptuellen Veränderungen zu sehen. Insbesondere mit Beginn der Pubertät tragen wahrscheinlich auch hormonelle Veränderungen sowie Veränderungen in den sozialen Kontakten vermehrt zur Entwicklung bei. Nicht zuletzt dürften Kognition und Verhalten jedoch auch durch signifikante neuroanatomische Veränderungen in der Entwicklung beeinflusst werden. Einige dieser entwicklungsabhängigen strukturellen neuronalen Veränderungen werden daher im folgenden Kapitel dargestellt.

1.2 Befunde zur strukturellen Gehirnentwicklung

Aufgrund früherer Untersuchungen an Gehirnen verschiedener Tierarten, in denen sich zeigte, dass sich die Gehirnstrukturen relativ früh nach der Geburt entwickelten (z. B. Hubel & Wiesel, 1962), wurde zunächst vermutet, dass auch die Reifung des menschlichen Gehirns bereits in der Kindheit weitgehend abgeschlossen ist. Durch histologische Post-Mortem-Untersuchungen an menschlichen Gehirnen und Magnetresonanztomographie-Studien (MRT-Studien) zeigte sich jedoch, dass sich viele der menschlichen Gehirnstrukturen weit über die Kindheit und Adoleszenz hinaus sogar bis ins Erwachsenenalter weiterentwickeln und in bestimmten Lebensabschnitten, insbesondere mit Beginn der Pubertät, gravierenden Umstrukturierungsprozessen unterworfen sind.

Kurz nach der Geburt weist ein Gehirn kaum weniger Neuronen auf als ein Gehirn eines Erwachsenen (Pakkenberg & Gundersen, 1997). Bereits sehr früh in der postnatalen Entwicklung beginnen sich jedoch neue Synapsen und Dendriten auszubilden, was zur Folge hat, dass deren Dichte bald beträchtlich die von Erwachsenen übersteigt. Dieser Prozess der „synaptischen Proliferation“ („Synaptogenese“) setzt sich jedoch nicht endlos über die gesamte Lebensspanne fort, sondern erreicht in Abhängigkeit von der jeweiligen Gehirnregion nach einer bestimmten Zeitspanne einen

Gipfel oder ein Plateau, bevor der Prozess des „Prunings“ einsetzt. In dieser Phase, die sich je nach Gehirnstruktur auch über mehrere Jahre erstrecken kann, werden in Abhängigkeit von den Erfahrungen des Individuums weniger häufig genutzte Verbindungen und damit bestimmte Synapsen bzw. Dendriten eliminiert, während die Verbindungen häufig rekrutierter Netzwerke gestärkt werden. Der Prozess des Prunings wird als essentiell für die Feinabstimmung der funktionalen Netzwerke durch die Eliminierung überflüssiger und eine Effizienzsteigerung verbleibender Synapsenschaltungen angesehen. Während die maximale Synapsendichte beispielsweise im primären visuellen und auditorischen Kortex noch vor Vollendung des ersten Lebensjahres, zum Teil sogar bereits drei Monate nach der Geburt, erreicht ist, und das Pruning im Alter von etwa zwölf Jahren abgeschlossen ist und damit Erwachseneniveau erreicht hat, wird der Gipfel der synaptischen Dichte im präfrontalen Kortex (PFC) erst im Alter von dreieinhalb Jahren erreicht, bevor ein Pruning einsetzt (Huttenlocher, 1979; Huttenlocher & Dabholkar, 1997; Huttenlocher, DeCourten, Garey & Van der Loos; 1983; Johnson & Munakata, 2005). Während der späten Kindheit und zu Beginn der Pubertät scheint es jedoch im PFC eine zweite Welle synaptischer Proliferation (Huttenlocher, 1979; Zecevic & Rakic, 2001) oder ein weiteres Wachstum der Dendriten der vorhandenen Nervenzellen zu geben (Tsujiimoto, 2008), die von einer Plateau-Phase und anschließenden Eliminierung und Reorganisation synaptischer Verbindungen nach der Pubertät gefolgt wird.

Diese in histologischen Studien gefundenen Zu- und Abnahmen in der Synapsen- bzw. Dendritendichte scheinen sich zumindest teilweise auch in den sich über die ersten beiden, zum Teil sogar ersten drei Lebensjahrzehnte erstreckenden Volumenveränderungen der grauen Substanz, welche Zellkörper, Synapsen und Dendriten beinhaltet, widerzuspiegeln. In einigen MRT-Quer- und Längsschnittstudien zeigte sich zwischen Kindheit und jungem Erwachsenenalter eine stetige Abnahme des Volumens der grauen Substanz, die in primären sensomotorischen Arealen beginnt und sich dann über den frontalen Kortex sowie den parietalen und okzipitalen Kortex und schließlich den temporalen Kortex erstreckt (z. B. Gogtay, Giedd, Lusk, Hayashi, Greenstein, Vaituzis et al., 2004: untersucht wurden Probanden im Alter von vier bis 21 Jahren; Sowell, Thompson, Leonard, Welcome, Kan & Toga, 2004; Thompson, Giedd, Woods, MacDonald, Evans & Toga, 2000: untersucht wurden Probanden im Alter von drei bis 15 Jahren). Innerhalb des Frontallappens vollzieht sich die Reifung vom präzentralen Gyrus über den superioren und inferioren frontalen Gyrus bis hin zum lateralen und superioren präfrontalen Kortex, dessen Reifungsprozess bis spät in die Adoleszenz andauert. Im Parietallappen zeigte sich eine Abnahme im Volumen der grauen Substanz zunächst im postzentralen Gyrus, die sich dann anschließend auch auf die

Gyri angularis und supramarginalis erstreckte (Gogtay et al., 2004). Sowell et al. (2004) fanden des Weiteren, dass das Volumen grauer Substanz in dorsalen frontalen und parietalen Arealen zwischen fünf und elf Jahren stetig abnahm.

In anderen Studien ergab sich für den Frontal-, den Temporal- und / oder den Parietalkortex ein umgekehrt U-förmiger Verlauf hinsichtlich der Entwicklung des Volumens an grauer Substanz (Giedd, Blumenthal, Jeffries, Castellanos, Liu, Zijdenbos et al., 1999; Sowell, Peterson, Thompson, Welcome, Henkenius & Toga, 2003). In der Studie von Giedd et al. (1999), in der Probanden im Alter von vier bis 22 Jahren in einer Längsschnittstudie untersucht wurden, zeigte sich im frontalen und parietalen Kortex eine Zunahme grauer Substanz von der Kindheit bis zum Beginn der Pubertät, wo ein Maximum grauer Substanz erreicht wurde (bei Mädchen mit ca. elf bzw. zehn und bei Jungen mit ca. zwölf Jahren), bevor eine Abnahme grauer Substanz bis ins junge Erwachsenenalter auftrat. In frontalen und parietalen Regionen scheint demnach mehr der Beginn der Pubertät als das biologische Alter neuroanatomische Veränderungen in der grauen Substanz zu triggern (Romeo, 2003). Im temporalen Kortex zeigte sich nach einem Anstieg ein Maximum grauer Substanz erst im Alter von ungefähr 16 bis 17 Jahren, gefolgt von einer Reduzierung des Volumens. Im okzipitalen Kortex hingegen ergab sich ein Zuwachs an grauer Substanz noch über die zweite Lebensdekade hinaus. Sowell und Kollegen (2003) fanden demgegenüber in ihrer Stichprobe von sieben- bis 87-jährigen Probanden in posterioren temporalen Arealen einen Anstieg im Volumen grauer Substanz sogar bis zum dreißigsten Lebensjahr, bevor sich anschließend eine starke Reduktion zeigte. Der posteriore temporale Kortex zeigte in dieser Untersuchung die am längsten andauernde Reifungsphase. Shaw, Kabani, Lerch, Eckstrand, Lenroot, Gogtay und Kollegen (2008) fanden in einer aktuellen Longitudinal-Studie mit Probanden im Alter von drei bis 33 Jahren, dass laterale frontale, temporale, parietale und okzipitale Kortexareale einen kubischen Verlauf hinsichtlich der Entwicklung der kortikalen Dicke aufweisen. Nach einer Zunahme der kortikalen Dicke in der Kindheit folgte eine Abnahme während der Adoleszenz und eine Stabilisierung im Erwachsenenalter. Ein quadratischer bzw. umgekehrt U-förmiger Verlauf mit einem Anstieg in der Kindheit und einer Abnahme in der Adoleszenz ohne eine Stabilisierungsphase in den ersten drei Lebensdekaden zeigte sich hingegen in der Insula und dem anterioren cingulären Kortex (ACC). Eine lineare Abnahme der kortikalen Dicke konnte u. a. im posterioren orbitofrontalen und frontalen Operculum und im medialen temporalen Kortex festgestellt werden.

Die Umstrukturierungen unterscheiden sich also je nach Gehirnregion in Geschwindigkeit, Zeitpunkt der maximalen / minimalen Volumina sowie im Verlauf der Substanzzu- oder -abnahme (Heterochronizität der Gehirnreifung, Giedd et al., 1999). Eine Volu-

menverminderung in der grauen Substanz könnte dabei den (in manchen Regionen prolongierten) Prozess synaptischen Prunings reflektieren, ein in manchen Studien gefundener vorübergehender Anstieg des Volumens in der grauen Substanz hingegen die fortdauernde Proliferation von Synapsen bzw. Dendriten.

Im Gegensatz zu den Volumenveränderungen in der grauen Substanz zeigt das Volumen der weißen Substanz in den ersten beiden bzw. teilweise sogar drei Lebensjahrzehnten einen linearen, wenn auch hinsichtlich der Geschwindigkeit in einzelnen Regionen unterschiedlichen Anstieg (was auch mit einer gleichzeitigen **relativen** Verminderung des Volumens der grauen Substanz assoziiert sein könnte). Während sensorische und motorische Gehirnregionen beispielsweise bereits in den ersten Lebensjahren vollkommen myelinisiert werden, dauert die Reifung und Myelinisierung der Axone des Frontalkortex weit bis in die Adoleszenz an (Barnea-Goraly, Menon, Eckert, Tamm, Bammer, Karchemskiy et al., 2005; Giedd et al., 1999; Paus, Zijdenbos, Worsley, Collins, Blumenthal, Giedd et al., 1999; Paus, Evans & Rapoport, 1999; Reiss, Abrams, Singer, Ross & Denckla, 1996). Dieser Anstieg im Volumen der weißen Substanz scheint die mit dem Alter zunehmende Reifung und Myelinisierung insbesondere kortiko-kortikaler Axone zu reflektieren, welche wiederum zu einer schnelleren Reizweiterleitung zwischen den Neuronen und damit zu einer verbesserten Informationsverarbeitung führen (Paus, 2005; Yakovlev & Lecours, 1967). Erst ab etwa der fünften Lebensdekade nimmt die Dichte der weißen Substanz dann infolge degenerativer Prozesse wieder ab (Sowell et al., 2003).

Entsprechend der beschriebenen entwicklungsabhängigen Zu- bzw. Abnahmen der Volumina grauer und weißer Substanz zeigte sich in zahlreichen MRT-Studien auch ein größeres Volumen grauer Substanz in frontalen und parietalen Arealen bei präpubertären Kindern und ein größeres Volumen weißer, aber ein vermindertes Volumen grauer Substanz in den gleichen Arealen bei adoleszenten Kindern (Barnea-Goraly et al., 2005; Giedd et al., 1999; Reiss et al., 1996; Sowell, Thompson, Tessner, & Toga, 2001; Sowell et al., 2003). In der Studie von Sowell und Kollegen (2001) wies speziell der dorsale präfrontale Kortex zwischen später Kindheit und Adoleszenz gleichzeitig die größte Reduktion an grauer und Zunahme an weißer Substanz auf.

Der zeitliche Verlauf der Reifung verschiedener Kortexareale scheint dabei zumindest teilweise die Entwicklung kognitiver Prozesse abzubilden. So stellen phylogenetisch ältere Anteile des Neokortex, die auch in der Ontogenese früher reifen, wie z. B. sensomotorische Areale, das Korrelat niedrigerer kognitiver Funktionen dar, während phylogenetisch und ontogenetisch später entwickelte Areale, wie Anteile des PFC, mit höheren kognitiven Fähigkeiten, wie Aufmerksamkeit oder exekutiven Funktionen im Zusammenhang stehen (Gogtay et al., 2004). Dementsprechend ergaben sich in zahl-

reichen Studien auch Korrelationen zwischen der Reifung bestimmter Gehirnareale und kognitiven Fähigkeiten. So zeigten sich in der Adoleszenz in einigen Studien entsprechend der insbesondere in dieser Entwicklungsphase stattfindenden Reifung präfrontaler Areale Verbesserungen in exekutiven Funktionen (z. B. Anderson, Anderson, Northam, Jacobs & Catroppa, 2001; Yurgelun-Todd, 2007; für einen Überblick vgl. Blakemore & Choudhury, 2006). In anderen Studien konnten in dieser Phase jedoch auch vorübergehende Leistungsabfälle in bestimmten Fähigkeiten festgestellt werden. Sowohl in den Reaktionszeiten beim Wiedererkennen von Gesichtern als auch bei der Zuordnung von emotionalen Gesichtsausdrücken zu den passenden Emotionswörtern zeigte sich in einigen Untersuchungen ein altersabhängiger stetiger Anstieg in der Leistung bis zum Beginn der Pubertät. Dem folgte jedoch eine Verschlechterung der Leistung zu Beginn der Pubertät (bei den Mädchen im Alter von zehn bis zwölf, bei den Jungen im Alter von elf bis zwölf Jahren), bevor die Leistung wieder anstieg und mit etwa 16 bis 17 Jahren wieder das Level der präpubertären Kinder erreichte (Carey, Diamond & Woods, 1980; Diamond, Carey & Back, 1983; McGivern, Andersen, Byrd, Mutter & Reilly, 2002). Dieser Einbruch der Leistung mit Beginn der Pubertät könnte in Zusammenhang mit den insbesondere in dieser Phase stattfindenden enormen Umstrukturierungsprozessen in kortikalen Arealen stehen, wobei natürlich auch andere Faktoren, wie z. B. Veränderungen in den sozialen Erfahrungen in dieser Phase dabei zusätzlich eine Rolle spielen bzw. neuroanatomische Veränderungen erst triggern könnten.

Die entwicklungsabhängigen Unterschiede in der Neuroanatomie könnten sich des Weiteren auch auf funktioneller neuronaler Ebene widerspiegeln. So könnte es aufgrund eines schlechteren Signal-Rausch-Verhältnisses und einer weniger effizienten Informationsverarbeitung in der Phase der Proliferation bzw. vor einem vollendeten Pruning zur Rekrutierung eines diffuseren Netzwerkes oder einer vermehrten Aktivität in relevanten Arealen kommen. Ein fortschreitendes bzw. vollendetes Pruning könnte aufgrund der effizienteren, spezialisierten Verbindungen hingegen zu fokaleren bzw. verminderten Aktivierungen führen. Ob sich derartige Unterschiede in den neuronalen Netzwerken von Kindern und Erwachsenen bei der Bearbeitung von ToM-Aufgaben bzw. im Speziellen bei der Zuschreibung von Wünschen / Intentionen und Emotionen in Studien mit funktioneller Bildgebung ergeben haben, ist Thema des nächsten Kapitels. Dazu werden zunächst Studien aufgeführt, die für die vorliegende Untersuchung relevante Aspekte an erwachsenen Probanden erforschten, bevor auf Befunde zu den neuronalen Korrelaten der ToM bei Kindern und Jugendlichen und bei dieser Population im Vergleich zu Erwachsenen eingegangen wird.

1.3 Befunde der funktionellen Bildgebung

Sowohl die möglichen Vorläuferfunktionen als auch die einzelnen Komponenten der ToM wurden, wie oben dargestellt, im Rahmen der Entwicklungspsychologie systematisch und detailliert erforscht. Ab den 90er Jahren des 20. Jahrhunderts rückten die ToM und damit verwandte Konstrukte, wie z. B. die soziale Kognition, auch in das Interesse der funktionellen Bildgebung. Viele dieser Studien beschäftigten sich mit der Zuschreibung von falschen Überzeugungen (z. B. Aichhorn, Perner, Weiss, Kronbichler, Staffen & Ladurner, 2009; Fletcher, Happé, Frith, Baker, Dolan, Frackowiak et al., 1995; Gallagher, Happé, Brunswick, Fletcher, Frith & Frith, 2000; Goel, Grafman, Sadato & Hallett, 1995; Grèzes, Frith & Passingham, 2004; Hynes, Baird & Grafton, 2006; Perner, Aichhorn, Kronbichler, Staffen & Ladurner, 2006; Saxe & Kanwisher, 2003; Saxe & Powell, 2006; Saxe, Schulz & Jiang, 2006; Saxe & Wexler, 2005; Sommer, Döhnell, Sodian, Meinhardt, Thoermer & Hajak, 2007; Vogeley, Bussefeld, Newen, Herrmann, Happé, Falkai et al., 2001), der ToM-Komponente, der auch in den entwicklungspsychologischen Studien das meiste Forschungsinteresse gewidmet wurde. Auch zur Wunsch- und Intentionsattribution bzw. damit in Verbindung stehenden Aspekten sowie zu verschiedenen emotionalen Prozessen existieren eine Vielzahl an bildgebenden Studien (vgl. Kapitel 1.3.1.1 und 1.3.1.2). In jüngerer Zeit richtete sich das Interesse der bildgebenden Forschung außerdem auf die neuronalen Korrelate der Verarbeitung von moralisch relevanten Situationen und den damit einhergehenden moralisch-philosophischen bzw. ethischen Überlegungen (vgl. Kapitel 1.3.1.3). Im Allgemeinen beschränkte sich die bildgebende Forschung lange Zeit auf erwachsene Probanden. Erst in den letzten Jahren wurden Teilbereiche der ToM auch an Kindern und / oder Jugendlichen mit bildgebenden Techniken untersucht (vgl. Kapitel 1.3.2). Bisher existieren nur wenige Studien zur Überzeugungsattribution (Kobayashi, Glover & Temple, 2007), zur Intentionsattribution im weitesten Sinn bzw. zu dahingehenden Vorläuferfunktionen (Blakemore, den Ouden, Choudhury & Frith, 2007; Moriguchi, Ohnishi, Mori, Matsuda & Komaki, 2007; Mosconi, Mack, McCarthy & Pelphrey, 2005; Ohnishi, Moriguchi, Matsuda, Mori, Hirakata, Imabayashi, et al., 2004; Wang, Lee, Sigman & Dapretto, 2006a, b), und zur Emotionsattribution (Burnett & Blakemore, 2009; Burnett et al., 2009) oder damit in Verbindung stehenden Prozessen (z. B. Decety, Michalska & Akitsuki, 2008; Monk, McClure, Nelson, Zarahn, Bilder, Leibenluft et al., 2003; Wang, Dapretto, Hariri, Sigman & Bookheimer, 2004; Yurgelun-Todd & Killgore, 2006). Die meisten dieser Studien beschränkten sich zudem darauf, Kinder und / oder Jugendliche zu untersuchen und ihre Ergebnisse rein deskriptiv mit Befunden aus anderen Studien zu vergleichen, die mit einem ähnlichen Paradigma Aktivierungen bei erwachsenen Probanden erhoben (z. B. Decety et al., 2008;

Moriguchi et al., 2007; Mosconi et al., 2005; Ohnishi et al., 2004; Wang et al., 2004). In den wenigsten Studien wurden sowohl Erwachsene als auch Kinder und / oder Jugendliche anhand desselben Paradigmas untersucht und die Aktivierungen der Altersgruppen einem direkten, statistischen Vergleich unterzogen (z. B. Burnett et al., 2009; Kobayashi et al., 2007).

In der vorliegenden Untersuchung werden die Zuschreibung von Emotionen auf der Basis von erfüllten bzw. unerfüllten neutralen bzw. unmoralischen Wünschen bei gesunden Erwachsenen und Kindern mit demselben Stimulusmaterial untersucht und die neuronalen Aktivierungen direkt miteinander verglichen. Da während der Zuschreibung der Emotion, dem Prozess, auf dem der Fokus der vorliegenden Arbeit liegt, möglicherweise vorher präsentierte Wünsche integriert und noch verarbeitet werden, werden im Folgenden in einem ersten Schritt Befunde zur Zuschreibung von Wünschen, Absichten und Intentionen bei gesunden erwachsenen Probanden in neutralen Kontexten kurz referiert. In einem zweiten Schritt werden dann zunächst Ergebnisse zur Zuschreibung von Emotionen in neutralen, nicht moralisch relevanten Kontexten und anschließend in moralisch bedeutsamen Szenarien an gesunden erwachsenen Probanden dargestellt. Bei letzterem Punkt wird besonderes Augenmerk auf Studien gelegt, die intentionale Überschreitungen moralischer Normen enthielten, da in der vorliegenden Arbeit v. a. die Zuschreibung von Emotionen nach gewollten unmoralischen Handlungen untersucht werden soll. Da jedoch sehr wenige Studien existieren, die speziell die Zuschreibung von Emotionen bei der Übertretung moralischer Normen und insbesondere bei der intentionalen Übertretung dieser untersuchten, werden in einem dritten Schritt zusätzlich Befunde von Untersuchungen aufgeführt, die zwar nicht die Zuschreibung von Emotionen, aber die Verarbeitung solcher Szenarien an sich erhoben. In einem vierten Schritt werden dann die wenigen vorhandenen bildgebenden Studien zur ToM bzw. zu Vorläuferfunktionen der ToM bei gesunden Kindern und Jugendlichen bzw. im Altersvergleich dargestellt.

1.3.1 Befunde der funktionellen Bildgebung bei Erwachsenen

1.3.1.1 Neuronale Korrelate der Wunsch- / Intensionsattribution

Die Dekodierung bzw. Zuschreibung von Wünschen, Absichten, Zielen und Intentionen wurde in einer Vielzahl von bildgebenden Studien mit den unterschiedlichsten Paradigmen untersucht. In einigen Untersuchungen wurden beispielsweise Spiele wie „Schere, Stein, Papier“, „Trust and Reciprocity“ oder das „Prisoner’s Dilemma Game“ verwendet, um zu untersuchen, welche neuronalen Netzwerke aktiviert werden, wenn sich die Vpn in dem Glauben befinden, gegen einen menschlichen Gegner zu spielen und

diesem auf das Spiel bezogen Intentionen und Ziele zuschreiben (Gallagher, Jack, Roepstorff & Frith, 2002; McCabe, Houser, Ryan, Smith & Trouard, 2001; Rilling, Sanfey, Aronson, Nystrom & Cohen, 2004). In anderen Untersuchungen (Castelli, Frith, Happé & Frith, 2002; Castelli, Happé, Frith & Frith, 2000; Gobbini, Koralek, Bryan, Montgomery & Haxby, 2007; Martin & Weisberg, 2003; Schultz, 2005; Tavares, Lawrence & Barnard, 2008; Vanderwal, Hunyadi, Gruppe, Connors & Schultz, 2008) wurden den Probanden Animationen geometrischer Figuren präsentiert, die sich zielorientiert bewegten (Beispiel aus Castelli et al. (2002): ein Dreieck jagt das andere) oder sogar intentional interagierten (Beispiel aus Castelli et al. (2002): das große Dreieck versucht, das kleine aus dem Raum zu schieben, das kleine will aber nicht hinaus). Die Aktivierungen während der Enkodierung der intentionalen Bewegungen bzw. der Zuschreibung von Intentionen, Absichten usw. wurden mit zufälligen, nicht zielorientierten Bewegungen der Figuren verglichen. In etlichen weiteren Studien wurden außerdem nonverbale (Brunet, Sarfati, Hardy-Baylé & Decety, 2000; Ciaramidaro, Adenzato, Enrici, Erk, Pia, Bara, Walter, 2007; Sarfati, Hardy-Baylé, Besche & Widlöcher, 1997; Völlm, Taylor, Richardson, Corcoran, Stirling, McKie et al., 2006; Walter, Adenzato, Ciaramidaro, Enrici, Pia & Bara, 2004) oder verbale Kurzgeschichten (Abraham, Rakoczy, Werning, von Cramon und Schubotz, 2010; Blakemore et al., 2007; den Ouden, Frith, Frith & Blakemore, 2005; Saxe & Kanwisher, 2003; Saxe & Wexler, 2005; Wang et al., 2006a) verwendet, um die Enkodierung oder Zuschreibung von Wünschen, Handlungsabsichten, Zielen, intentionalen Handlungen, kommunikativen intentionalen Gesten und / oder Intentionen zu erforschen. Als Kontrollbedingung wurden in diesen Studien meist Szenarien verwendet, in denen kein mentaler Zustand zugeschrieben werden musste, sondern über physikalische Gesetzmäßigkeiten oder die physische Erscheinung von Personen geurteilt werden sollte. So wurde den Vpn in der PET-Studie von Brunet et al. (2000) z. B. in Form einer Bildergeschichte ein Szenario dargeboten, in dem ein Gefängnisinsasse das Gitter am Fenster seiner Zelle entfernt und dann vor seinem Bett steht. Die Probanden sollten dann per Tastendruck entscheiden, ob der Insasse sein Bettlaken zum Abseilen benutzen wird, ob er rufen wird oder sich schlafen legen wird. Saxe und Kanwisher (2003; Experiment 2) präsentierten den Probanden im MRT hingegen verbale Szenarien wie „Sisis Eltern haben beschlossen, an Sisis Geburtstag ein Picknick im Park zu machen. Sie möchten Spiele auf dem Rasen machen. Wenn es regnen sollte, würden die Kinder drinnen spielen müssen.“ Die Probanden sollten nach dem Lesen per Tastendruck beantworten, was der Wunsch oder das Ziel der Protagonisten war (in diesem Beispiel: „Sisis Eltern wollten ihren Geburtstag drinnen versus draußen feiern“). Wang und Kollegen (2006a) untersuchten des Weiteren eine andere, spezielle Komponente des Intentions-

verständnis, nämlich welche Gehirnareale bei der Verarbeitung der zugrunde liegenden kommunikativen Intention bei ironischen Bemerkungen rekrutiert werden (vgl. auch Kapitel 1.3.2.2).

Trotz dieser sehr unterschiedlichen verwendeten Paradigmen und methodischer Einschränkungen mancher Studien (keine Whole-Brain- sondern nur Region-of-Interest (ROI)-Analysen, z. B. Saxe & Kanwisher (2003); keine Personen in der Kontroll-, aber in der Experimentalbedingung, z. B. Walter et al. (2004); keine separate Analyse des Prozesses der Zuschreibung von Wünschen / Intentionen und der übrigen Stimuli, bei deren Verarbeitung andere kognitive Prozesse stattfinden, z. B. Völlm et al. (2006)), ergaben sich in den meisten Studien größtenteils übereinstimmende Befunde. Aktivierungen zeigten sich v. a. im medialen präfrontalen Kortex (mPFC) inklusive des ACC, in großen Bereichen des Temporalkortex (einschließlich Aktivierungen im posterioren superioren Temporalsulcus (pSTS), die sich möglicherweise aufgrund methodischer Unterschiede in manchen Studien auch über die temporoparietale Junction (TPJ) erstreckten (z. B. Saxe & Wexler, 2005; Völlm et al., 2006; Walter et al., 2004), in anderen hingegen nicht (z. B. Gobbini et al., 2007)), sowie im Präcuneus / posterioren Cingulum. Allerdings ist zu diesen Studien auch anzumerken, dass in vielen Untersuchungen die Verarbeitung oder Zuschreibung von Zielen, Absichten, Wünschen und Intentionen mit anderen mentalen Zuständen wie Emotionen (z. B. Tavares et al., 2008), Überzeugungen (z. B. Gallagher et al., 2002) oder Gedanken (z. B. Saxe & Wexler, 2005) konfundiert war, was bei der Interpretation der Befunde als neuronale Korrelate der Wunsch- / Intentionszuschreibung berücksichtigt werden muss. Beispielsweise dürfte ein Proband in einem Spiel seinem vermeintlich menschlichen Gegenüber nicht nur bestimmte Handlungsabsichten oder Intentionen zuschreiben, sondern auch Überzeugungen dahingehend, was der nächste Spielzug seines Gegners sein könnte und welche Taktik dieser haben könnte.

Bisher existieren auch nur zwei Studien, in denen die Verarbeitung eines Matches oder Mismatches zwischen einem Wunsch und einem weiteren Aspekt der Situation untersucht wurde. In einer fMRT-Studie von Saxe und Wexler (2005) wurden den Vpn dazu zunächst Beschreibungen des sozialen, geografischen, kulturellen oder religiösen Hintergrundes einer Person präsentiert. Hier sollten die Probanden einen ersten Eindruck des Protagonisten gewinnen und mit seinem Hintergrund bestimmte, stereotype Einstellungen assoziieren, ohne dass hier der mentale Zustand des Protagonisten beschrieben oder eine Zuschreibung eines mentalen Zustandes erfordert war. Der Hintergrund der Protagonisten war dem der Vpn und damit westlichen Kulturstandards entweder sehr ähnlich („*Familiar Background*“) oder davon vollkommen verschieden („*Foreign Background*“; Beispiel für *Familiar Background*: „Andrew, ein Freund aus

Deiner Highschool, lebt in Philadelphia. Er und seine Frau hatten immer eine sehr gute Beziehung. Beispiel für *Foreign Background*: „Andrew und seine Frau sind einer Sekte beigetreten. Dort sind außereheliche Beziehungen akzeptiert und häufig.“). Anschließend wurde der mentale Zustand des Protagonisten beschrieben. Diese Wünsche und Gedanken waren aus der Perspektive der Versuchspersonen entweder „normal“ (Beispiel: „Andrew hat Dir anvertraut, dass er die Vorstellung, dass seine Frau jemals eine Affäre haben könnte wirklich verabscheut.“) oder „normverletzend“ (Beispiel: „Andrew hat Dir anvertraut, dass er es toll finden würde, wenn seine Frau eine außereheliche Affäre mit einem anderen Mann beginnen würde“). Der Hintergrund des Protagonisten und seine Wünsche oder Gedanken waren demnach entweder kongruent oder inkongruent. Anschließend wurde den Probanden das Ende der Geschichte präsentiert, die entweder darin bestand, dass der Wunsch des Protagonisten erfüllt wurde oder nicht bzw. entsprechend der Gedanken endete oder nicht (in obigem Beispiel: „Andrew erzählt Dir, dass seine Frau mit einem anderen Mann geschlafen hat.“ versus „Andrew erzählt Dir, dass seine Frau ihm versichert hat, dass sie nie mit einem anderen Mann schlafen würde.“). Die Vpn sollten dann per Tastendruck beurteilen, ob sich der Protagonist nun gut oder schlecht fühlt. In dieser Studie zeigte sich eine signifikante Mehraktivierung der rechten TPJ bei *normverletzenden* Wünschen oder Gedanken, wenn vorher ein *Familiar Background* präsentiert wurde und bei *normalen* Wünschen oder Gedanken, wenn vorher ein *Foreign Background* präsentiert wurde. Die rechte TPJ zeigte demnach eine Mehraktivierung in den Mismatch-Geschichten, wenn die Probanden also Szenarien prozessierten, in der der Protagonist einen Wunsch oder Gedanken hatte, der mit seinem Hintergrund nicht übereinstimmte. Ein ähnlicher Trend zeigte sich auch im posterioren Cingulum. Aufgrund der Einschränkung auf wenige ROIs können jedoch nur begrenzt Schlüsse für die neuronalen Netze der Zuschreibung von Wünschen gezogen werden. Des Weiteren können aus dieser Studie auch nur eingeschränkt Aussagen dahingehend getroffen werden, inwiefern sich die neuronalen Netzwerke bei der Verarbeitung erfüllter oder unerfüllter Wünsche unterscheiden könnten, da nur die Aktivierungen während der Prozessierung der Hintergrundinformation und der Prozessierung der Wünsche und Gedanken analysiert bzw. berichtet wurden. Aus diesem Grund können aus der Studie auch keine Aussagen über mögliche neuronale Korrelate der Zuschreibung von Emotionen nach erfüllten oder unerfüllten Wünschen getroffen werden. Des Weiteren ist anzumerken, dass zumindest in den im Anhang dargestellten Szenarien nicht eindeutig ersichtlich ist, dass es sich um ausgesprochene Wünsche der Protagonisten handelt. Auch die Autorinnen selbst sprechen von „*desires*“ und „*beliefs*“ der Protagonisten, so dass eine Konfundierung auch hier nicht ausgeschlossen werden kann. Ähnliche Einschrän-

kungen hinsichtlich der Interpretation der mit der Verarbeitung und Zuschreibung von erfüllten und unerfüllten Wünschen assoziierten neuronalen Korrelate ergeben sich auch bei der Betrachtung einer aktuellen Studie von Abraham und Kollegen (2010). In dieser Untersuchung wurden den Probanden neben Aufgaben zu richtigen und falschen Überzeugungen neutrale Wünsche, die entweder erfüllt oder nicht erfüllt wurden, mit einer anschließenden Frage präsentiert. (Beispiel: „Thomas glaubt / will, dass viel Zucker im Schokoladenpudding ist“. *richtig / erfüllt*: „Der Schokoladenpudding schmeckt sehr süß“. *falsch / unerfüllt*: „Der Schokoladenpudding schmeckt nicht süß“. „Wird Thomas das *überraschen, erwarten / gefallen, enttäuschen?*“). In der Kontrollbedingung wurde keine Zuschreibung mentaler Zustände, sondern logisches Schlussfolgern erfordert (Beispiel: „Alle Studenten der Tanzakademie besitzen mehr als drei Paar Tanzschuhe.“ „Sonja studiert Tanz an der Akademie“. „Besitzt Sonja nur ein Paar Tanzschuhe?“). Die Probanden sollten sich jeweils per Tastendruck für „Ja“ oder „Nein“ entscheiden. Sowohl für die Präsentation der Überzeugung bzw. des Wunsches („*Szenario*“) als auch für den Stimulus, in dem sich die Überzeugung als richtig oder falsch bzw. der Wunsch als erfüllt oder nicht erfüllt erwies und die Frage präsentiert wurde („*Frage*“), wurden die Aktivierungen separat analysiert. Bei dem mit der Kontrollbedingung kontrastierten Wunsch-*Szenario* zeigten sich gegenüber dem Überzeugungs-*Szenario* Mehraktivierungen bilateral in temporalen Arealen und im inferioren Parietallappen. Diese Areale scheinen also bei der Prozessierung von Wünschen eine größere Rolle zu spielen als bei der Prozessierung von Überzeugungen. Da in dieser Studie jedoch die Mehraktivierungen im Wunsch-*Szenario* gegenüber der Kontrollbedingung nicht separat dargestellt wurden, können auch aus dieser Untersuchung keine umfassenderen Aussagen dahingehend getroffen werden, welche Areale grundlegend bei der Verarbeitung von explizit dargestellten Wünschen aktiviert werden. Bei der Wunsch-*Frage* zeigten sich im Vergleich zur Überzeugungs-*Frage* Mehraktivierungen u. a. im mPFC / ACC, im bilateralen Temporalkortex, in der rechten TPJ, im rechten präzentralen / postzentralen Gyrus und im rechten Hippocampus. Des Weiteren ergaben sich sowohl bei der Verarbeitung der Wunsch- als auch der Überzeugungs-*Frage* gegenüber der Kontrollbedingung Mehraktivierungen im mPFC / ACC, bilateral im superioren und im rechten inferioren Frontalgyrus, im rechten inferioren Parietallappen sowie im posterioren Cingulum / Präcuneus und bilateral in der Insula. Beim direkten Vergleich der Verarbeitung der erfüllten und unerfüllten Wünsche ergaben sich keine unterschiedlichen Aktivierungen. Hierzu ist jedoch anzumerken, dass in diesem Stimulus sowohl der Outcome, also z. B. die Erfüllung des Wunsches als auch die Frage nach dem Vorhandensein einer bestimmten Emotion prozessiert werden musste, so

dass auch hier die gefundenen Aktivierungen nicht konkret einem Prozess zugeordnet werden können.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Zuschreibung von Zielen, Handlungsabsichten, Wünschen, Intentionen etc. insbesondere mit Aktivierungen im mPFC / ACC, im Temporalkortex und Präcuneus / posterioren Cingulum sowie möglicherweise in der TPJ assoziiert sind. Ein Mismatch zwischen einem Wunsch und einem weiteren Aspekt der Situation könnte insbesondere mit Aktivierungen der rechten TPJ und des posterioren Cingulums in Verbindung stehen. Wie im folgenden Abschnitt dargestellt wird, scheinen die für diese ToM-Komponente wichtigen Areale auch eine bedeutende Funktion bei der Verarbeitung und Zuschreibung von Emotionen zu haben.

1.3.1.2 Neuronale Korrelate der Emotionsattribution

Es existiert eine Vielzahl an bildgebenden Studien, die sich mit Hilfe von unterschiedlichen Paradigmen mit den neuronalen Mechanismen der Verarbeitung verschiedenster emotionaler Stimuli beschäftigten. Neben Studien, die z. B. Aktivierungen während des Abrufs emotionaler Gedächtnisinhalte (z. B. Shin, Dougherty, Orr, Pitman, Lasko, Macklin et al., 2000), der Vorstellung traumatischer Ereignisse (z. B. Shin, Kosslyn, McNally, Alpert, Thompson, Rauch et al., 1997) oder der Generierung möglicher emotionaler Situationen, die einer dargestellten emotionalen Reaktion eines Protagonisten vorausgegangen sein könnten (z. B. Calarge, Andreasen & O`Leary, 2003) erhoben, reichen die Paradigmen von der bloßen Präsentation emotionaler Stimuli (z. B. Moll, de Oliveira-Souza, Bramati & Grafman, 2002a) bis hin zur Live-Beobachtung einer anderen Person, die Schmerz empfindet (z. B. Singer, Seymour, O`Doherty, Kaube, Dolan & Frith, 2004), um die reine Prozessierung emotionaler Stimuli zu erfassen (z. B. Moll et al., 2002a) oder dadurch einen emotionalen Zustand oder Empathie bei den Vpn zu induzieren (z. B. Paulesu, Sambugaro, Torti, Danelli, Ferri, Scialfa et al., 2010). Des Weiteren wurden Aufgaben verwendet, die eher die Wahrnehmung oder Dekodierung von Emotionen bzw. die Attribution von Emotionen aus unterschiedlichen physikalischen emotionalen Stimuli (z. B. Wicker, Perrett, Baron-Cohen & Decety, 2003) erfordern und Paradigmen, die eine Zuschreibung von Emotionen im engeren Sinn, nämlich unabhängig von physikalischen Reizen erhoben (z. B. Hynes et al., 2006).

Als Stimuli wurden u. a. **Wörter** mit affektiver Konnotation (z. B. Cato, Crosson, Gokcay, Soltysik, Wierenga, Gopinath et al., 2004), gesprochene oder geschriebene **Sätze** (z. B. Burnett et al., 2009; Ruby & Decety, 2004), komplexere verbale **Kurzgeschichten** (z. B. Hynes et al., 2006) oder **nonverbale Bildergeschichten** (z. B.

Völlm et al., 2006) mit emotionalem Inhalt dargeboten. In anderen Studien wurden **Augenpartien** (z. B. Wicker et al., 2003), **Gesichter** (z. B. Nakamura, Kawashima, Ito, Sugiura, Kato, Nakamura et al., 1999; Schulte-Rüther, Markowitsch, Fink & Piefke, 2007) oder **menschliche Körperbewegungen** (Heberlein, Adolphs, Tranel & Damasio, 2004; Heberlein & Saxe, 2005), die Emotionen zum Ausdruck brachten, präsentiert. Auch emotional bedeutsame **Szenen und Bilder aus dem International Affective Picture System** (IAPS; Lang, Bradley & Cuthbert, 1995) wurden sehr häufig verwendet (z. B. Ochsner, Knierim, Ludlow, Hanelin, Ramachandran, Glover et al., 2004). In vielen Studien wurde dabei die Verarbeitung oder Zuschreibung von **Basisemotionen** untersucht (z. B. Heberlein & Saxe, 2005), in etlichen aber auch die Prozessierung und Attribution **komplexer, sozialer bzw. moralischer Emotionen** (z. B. Ruby & Decety, 2004). Des Weiteren unterscheiden sich die Untersuchungen dahingehend, dass in einigen Studien die Wahrnehmung oder Zuschreibung von Emotionen im Allgemeinen erforscht wurde (z. B. Ruby & Decety, 2004), während das Ziel anderer Untersuchungen darin bestand, spezifische neuronale Korrelate der Wahrnehmung oder Zuschreibung einer bestimmten Emotion, u. a. auch im Vergleich zu anderen bestimmten Emotionen zu identifizieren (z. B. Takahashi, Yahata, Koeda, Matsuda, Asai & Okubo, 2004). Übersichten bieten u. a. Adolphs (2002), Casebeer (2003), Barrett, Mesquita, Ochsner & Gross (2007) oder Phan, Wager, Taylor & Liberzon (2002).

Da sich die vorliegende fMRT-Untersuchung mit der Zuschreibung von Emotionen auf der Basis eines mentalen Zustandes, und nicht etwa mit der Induktion eines emotionalen Zustandes oder dem Wiedererleben früherer emotionaler Situationen beschäftigt, wird nur eine Auswahl derjenigen oben aufgeführten Studien dargestellt, die ähnliche Prozesse wie in der vorliegenden Arbeit untersuchten, also die Attribution von Emotionen auf der Basis physikalischer Reize bzw. die Zuschreibung von Emotionen in einem engeren Sinn, unabhängig von physikalischen Reizen. Dabei wird zunächst auf die neuronalen Korrelate der Dekodierung und Attribution von Emotionen in nicht moralisch relevanten Kontexten eingegangen und anschließend auf die neuronalen Netzwerke der Zuschreibung von Emotionen bei der Übertretung moralischer Standards.

Dekodierung und Zuschreibung von Emotionen in nicht moralisch relevanten Kontexten

Bezüglich der Attribution von Basisemotionen auf der Basis physikalischer Hinweisreize ist zunächst eine PET-Studie von Wicker et al. (2003) zu nennen. Sie präsentierten zehn Probanden in einem Blockdesign kurze Videos, auf welchen nur die Augenpartie einer Person zu sehen war. Der Blick dieser Person richtete sich entweder direkt auf den Probanden oder in dessen Richtung („*Direct Gaze*“) bzw. in der anderen Bedingung von diesem weg auf ein Objekt in zwei unterschiedlichen Distanzen („*Averted Gaze*“). In der Emotionsattributionsbedingung zeigte diese Augenpartie dabei entweder einen freundlichen oder ärgerlichen Ausdruck, in der Kontrollbedingung blieb der Ausdruck neutral. In der Experimentalbedingung sollten die Vpn mittels Tastendruck angeben, welche Emotion gezeigt wurde und in der Kontrollbedingung, wohin sich der Blick der Person richtete. Unabhängig von der Blickrichtung zeigten sich bei der Emotionsattribution gegenüber der Kontrollbedingung Mehraktivierungen im dorsalen und orbitalen mPFC, im rechten postzentralen Gyrus, bilateral im anterioren superioren Temporalgyrus und Temporalpol, im anterioren und posterioren Cingulum und im Präcuneus. Ähnliche Ergebnisse zeigten sich z. B. auch in den PET- bzw. fMRT-Studien von Nakamura et al. (1999) und Schulte-Rüther und Kollegen (2007), die die Zuschreibung von Emotionen auf der Basis von emotionalen Gesichtsausdrücken untersuchten. Nakamura et al. (1999) präsentierten ihren Probanden in der Experimentalbedingung fröhliche, traurige, wütende und neutrale Gesichtsausdrücke, Schulte-Rüther et al. (2007) nur ängstliche und wütende. Die Probanden sollten per Tastendruck den emotionalen Zustand bestimmen, der durch das Gesicht abgebildet wurde bzw. in einer weiteren Bedingung auch ihre eigenen Emotionen bei der Betrachtung der Gesichter bewerten (Schulte-Rüther et al., 2007). In den Kontrollbedingungen sollten die Vpn die Hintergrundfarbe der Bilder, auf denen die gleichen Gesichtsausdrücke wie in der Experimentalbedingung abgebildet waren (Nakamura et al., 1999) bzw. das Alter oder Geschlecht der abgebildeten Personen mit neutralem Gesichtsausdruck angeben (Schulte-Rüther et al., 2007). Neben den von Wicker et al. (2003) gefundenen präfrontalen und temporalen Arealen ergaben sich im Vergleich zu den Kontrollbedingungen Aktivierungen medial im präsupplementär-motorischen Areal (prä-SMA), im linken mittleren frontalen Gyrus und bilateral im orbitofrontalen / inferioren frontalen Kortex, im medialen und rechten lateralen Okzipitalkortex und dem rechten Cerebellum. Ähnlich wie in der Studie von Wicker et al. (2003) zeigte sich außerdem auch in einer Untersuchung von Heberlein und Saxe (2005) in einer Whole-Brain-Analyse eine Aktivierung im rechten postzentralen Gyrus, wenn die Vpn anhand abstrahierter menschlicher Bewegungsmuster, sog. „Point-Light Walker Body Movements“, beurteilen sollten, wie

stark eine präsentierte Basisemotion mit dem dargebotenen Bewegungsmuster übereinstimmt. In der Kontrollbedingung sollten die Probanden angeben, wie zutreffend durch die Bewegungen eine Persönlichkeitseigenschaft dargestellt wurde. In einer ROI-Analyse auf der Basis der Ergebnisse einer früheren Läsionsstudie (Heberlein et al., 2004), ergab sich beim oben genannten Kontrast zusätzlich eine Aktivierung im rechten somatosensorischen / supramarginalen Gyrus.

Im Hinblick auf die Interpretation der Ergebnisse dieser Studien ist jedoch zu berücksichtigen, dass in den Untersuchungen von Wicker et al. (2003), Schulte-Rüther et al. (2007) und Heberlein und Saxe (2005) nur in den Bedingungen, in der die Vpn Emotionen zuschreiben sollten, emotionale Stimuli präsentiert wurden, nicht jedoch in den Kontrollbedingungen, in der Blickrichtung, Alter oder Geschlecht bzw. Persönlichkeitseigenschaften bestimmt werden sollten. Demnach war hier der Prozess der Zuschreibung von Emotionen mit der Wahrnehmung emotionaler Stimuli konfundiert. Interpretiert man die verwendeten Paradigmen jedoch mehr als Emotionsdekodierung denn -attribution, können die aktivierten Gehirnregionen zumindest als mit diesem Prozess assoziiert angesehen werden, da die Verarbeitung von Augenpartien und Blickbewegungen, Gesichtern bzw. Bewegungsmustern per se durch die Bedingungen, in denen neutrale Augenpartien und Gesichter bzw. Persönlichkeitseigenschaften darstellende Bewegungsmuster präsentiert wurden, kontrolliert wurden. Außerdem ist nach Coricelli (2005) auch zu berücksichtigen, dass bei der alleinigen Präsenz eines emotionalen Ausdrucks und ohne dass die Aufmerksamkeit des Betrachters darauf gelenkt wird, bereits unbewusst eine Verarbeitung der emotionalen Stimuli auftreten kann, was die Präsentation nicht-emotionaler Stimuli in den Kontrollbedingungen notwendig macht. Nakamura et al. (1999) verwendeten im Gegensatz zu Wicker et al. (2003), Schulte-Rüther et al. (2007) und Heberlein und Saxe (2005) auch in der Kontrollbedingung emotionale Stimuli, allerdings wurden in dieser Untersuchung (wie auch in der Studie von Heberlein & Saxe, 2005) nur sieben Probanden untersucht, was die Generalisierbarkeit der Ergebnisse etwas einschränkt.

Aus einer Untersuchung an einer größeren Stichprobe von Ochsner et al. (2004), die ihren Probanden positive, negative und neutrale Bilder aus dem International Affective Picture System (Lang et al., 1995) zeigten und eine ähnlich starke Kontrollbedingung wie Nakamura et al. (1999) verwendeten, ergaben sich jedoch ebenfalls vergleichbare Befunde wie in den oben dargestellten Studien. Bei der Beurteilung des emotionalen Zustands (positiv, negativ oder neutral) der zentralen abgebildeten Person zeigten sich im Vergleich zur Kontrollbedingung, in der dieselben Stimuli präsentiert wurden, die Probanden jedoch beurteilen sollten, wo das Foto aufgenommen wurde (drinnen, draußen, unsicher), wiederum Aktivierungen im anterioren und dorsalen

mPFC, im linken superioren und inferioren frontalen Gyrus (inklusive dem Broca-Areal), im rechten mittleren und bilateral im superioren Temporalgyrus, im posterioren Cingulum und Präcuneus, im rechten mittleren Okzipitalkortex und im rechten parahippocampalen Gyrus. Im linken inferioren frontalen und medialen okzipitalen Gyrus sowie dem Cuneus ergaben sich außerdem Mehraktivierungen, wenn einer anderen Person Emotionen zugeschrieben werden sollten im Vergleich dazu, wenn der eigene mentale Zustand bestimmt werden sollte.

Zusammenfassend kann also festgestellt werden, dass sich in Studien, die die Attribution von Emotionen auf der Basis unterschiedlicher physikalischer Stimuli untersuchten, ähnliche Aktivierungen ergaben, und zwar insbesondere im mPFC, in inferioren / orbitalen lateralen Regionen des Frontalkortex, sowie im superioren / mittleren Temporalgyrus einschließlich der Temporalpole und im Präcuneus / posterioren Cingulum. Auch dorsal gelegene Areale des lateralen Frontalkortex scheinen zusätzlich eine wichtige Rolle zu spielen, wenngleich die aktivierten Areale in den unterschiedlichen Studien keine so große Konsistenz und räumliche Übereinstimmung aufwiesen, wie die vorher genannten.

Ähnliche Befunde ergaben sich auch aus Untersuchungen, in denen die Zuschreibung von Emotionen unabhängig von physikalischen Cues, wie emotionalen Gesichtsausdrücken, sondern auf der Basis von kontextuellen, situativen Informationen erforderlich war. So wurden den Probanden in einer fMRT-Studie von Völlm et al. (2006) nonverbale Cartoons gezeigt, auf welchen beispielsweise eine Situation dargestellt war, in der ein Kind Blumen an einem Grab niederlegt und sich dann die Hände vor das Gesicht hält. Im Hintergrund ist eine erwachsene Frau abgebildet. Anschließend wurden den Probanden zwei mögliche Ausgänge der Geschichte dargeboten, z. B. die Frau dreht sich um und geht weg versus die Frau nimmt das Kind in den Arm. Die Vpn sollten per Tastendruck entscheiden, bei welchem der beiden Ausgänge der Geschichte sich der Protagonist besser fühlt. Beim Vergleich mit der Kontrollbedingung, in der nur das Verständnis physikalischer Kausalitäten gefordert war, zeigten sich Aktivierungen im dorsalen und orbitalen mPFC, bilateral in der TPJ, dem inferioren und mittleren Temporalgyrus und den Temporalpolen, im posterioren Cingulum sowie in weiteren posterioren Arealen (mittlerer / inferiorer Okzipitalgyrus, Cuneus, Gyrus fusiformis / lingualis), im Cerebellum und der Amygdala. In einer weiteren fMRT-Studie (Hynes et al., 2006), in der als Stimulusmaterial verbale Kurzgeschichten verwendet wurden, ergaben sich in einer ROI-Analyse ebenfalls vergleichbare Aktivierungen in mPFC und TPJ wie bei Völlm et al. (2006), zusätzlich aber auch bilateral in Arealen des orbitalen bzw. inferioren Frontalgyrus und im linken olfaktorischen Sulcus, wenn die Vpn über den emotionalen Zustand eines Protagonisten auf der Basis kontextueller Informationen

nachdenken und anschließend eine von drei Antwortalternativen per Tastendruck auswählen sollten (Beispiel: „Eine Frau denkt, sie hat die Katze ihrer Freundin überfahren. Als sie aussteigt, sieht sie, dass sie nur über eine Unebenheit der Straße gefahren ist und die Katze sicher auf der anderen Straßenseite ist. Wie fühlt sie sich?“ „Sie ist froh, dass sie die Katze nicht getötet hat.“; „Sie ist besorgt, weil sie angehalten hat.“; „Sie ärgert sich, weil die Katze überlebt hat.“). In der Kontrollbedingung wurden ebenfalls soziale Situationen präsentiert, die Vpn sollten jedoch nur Fragen zu semantischen Informationen der Geschichte beantworten. Des Weiteren ergaben sich in dieser Untersuchung bei der Zuschreibung von Emotionen auch im Vergleich zur Zuschreibung nicht-emotionaler mentaler Zustände, wie Überzeugungen, Mehraktivierungen im linken orbitalen und rechten inferioren Frontalgyrus und im linken olfaktorischen Sulcus.

Aus Studien, die die Attribution von Emotionen unabhängig von physikalischen Cues, im Zusammenhang mit moralisch nicht relevanten Situationen untersuchten, ergeben sich demnach Hinweise darauf, dass insbesondere der mPFC und die TPJ mit der Zuschreibung von Emotionen assoziiert sind. Des Weiteren konnten ähnlich wie in den Studien zur Emotionsattribution auf der Basis physikalischer Reize Aktivierungen im ventralen lateralen Frontalkortex, in anterioren Bereichen des Temporallappens einschließlich der Temporalpole sowie im posterioren Cingulum und im Präcuneus bei der Zuschreibung von Emotionen in nicht moralisch relevanten Kontexten gefunden werden.

Zuschreibung von Emotionen in moralisch relevanten Kontexten

Die Gehirnregionen, die eine wichtige Rolle bei der Dekodierung bzw. Zuschreibung von Emotionen in nicht moralisch relevanten Kontexten einzunehmen scheinen, wurden auch konsistent in Studien gefunden, die die Attribution von Emotionen bei der Übertretung moralischer (bzw. sozialer) Normen auf unterschiedliche Weise untersuchten.

So präsentierten Burnett und Kollegen (2009) und Ruby und Decety (2004) in ihren fMRT- bzw. PET-Untersuchungen den Probanden Sätze mit alltäglichen, zum Teil moralisch relevanten Situationen, die typischerweise mit bestimmten emotionalen Reaktionen einhergehen. Während das Stimulusmaterial von Ruby und Decety (2004) sowohl Situationen enthielt, die mit positiven sozialen Emotionen (z. B. Stolz) assoziiert sind, als auch solche, die typischerweise mit negativen sozialen (z. B. Verlegenheit) bzw. moralischen Emotionen (z. B. Schuld) einhergehen, untersuchten Burnett et al. (2009) nur die Emotionen Verlegenheit (Beispiel: beim in der Nase bohren beobachtet werden) und Schuld (Beispiel: Eltern belügen, um mit den Freunden ausgehen zu können). Die Vpn sollten in den beiden Studien entweder aus ihrer eigenen Perspekti-

ve oder der ihrer Mutter beurteilen, welche von drei dargebotenen Emotionen die Emotion, die sie bzw. ihre Mutter in einer solchen Situation fühlen würden am besten beschreibt, bzw. wie stark (auf einer Skala von 1 - 4) sie oder ihre Mutter die dargebotene Emotion fühlen würden. Als Kontrollbedingung dienten in der Studie von Ruby und Decety (2004) Sätze ohne emotionalen Inhalt, deren Richtigkeit aus der eigenen Perspektive bzw. der der Mutter des Probanden beurteilt werden sollte, während in der Untersuchung von Burnett et al. (2009) die mit sozialen / moralischen Emotionen assoziierten Situationen verglichen wurden mit Situationen, die mit den Basisemotionen Furcht und Ekel einhergehen. Unabhängig davon, aus welcher Perspektive die Probanden urteilten, zeigten sich bei der Attribution von sozialen / moralischen Emotionen ähnlich wie in den im vorherigen Abschnitt aufgeführten Studien zur Emotionsattribution in nicht moralisch relevanten Situationen Aktivierungen im dorsalen (Ruby & Decety, 2004) bzw. anterioren mPFC (Burnett et al., 2009), in anterioren und posterioren temporalen Arealen (Burnett et al., 2009; Ruby & Decety, 2004) bzw. zusätzlich in der TPJ (Burnett et al., 2009) und im posterioren Cingulum / Präcuneus (Ruby & Decety, 2004). In der Studie von Ruby und Decety (2004) ergaben sich außerdem Aktivierungen in der Amygdala wie in der oben dargestellten Untersuchung von Völlm et al. (2006) und im rechten postzentralen Gyrus. Letzteres Areal fanden auch Wicker et al. (2003) und Heberlein und Saxe (2005) bei der Attribution emotionaler Zustände auf der Basis physikalischer Cues. Aktivierungen in mPFC, pSTS und TPJ ergaben sich des Weiteren auch in einer Studie von Takahashi et al. (2004), in der mit sehr ähnlichem Stimulusmaterial wie in den Studien von Burnett et al. (2009) und Ruby und Decety (2004) die Zuschreibung von Verlegenheit und Schuld bei der Übertretung sozialer und moralischer Normen untersucht wurde.

Auch in einer Studie von Kédia, Berthoz, Wessa, Hilton und Martinot (2008) ergaben sich damit konsistente Befunde. Im Unterschied zu den oben beschriebenen Studien wurden in dieser Untersuchung anstelle von einfachen Sätzen komplexere Szenarien dargeboten, in denen einer Person durch eine konkrete, allerdings versehentliche Handlung direkt Schaden zugefügt wird. Die negativen Konsequenzen für das Opfer waren somit salienter als in den beiden vorher dargestellten Studien. Um verschiedene Emotionen zu erfassen, wurden vier Experimentalbedingungen variiert, in denen die Vpn sich vorstellen sollten, wie sie sich fühlen würden: „*Self-Anger*“ (“I harm myself”), „*Guilt*“ (“I harm someone”), „*Other-Anger*“ (“Someone harms me”), und „*Compassion*“ (“Somebody harms him / herself”). Beim Vergleich dieser Situationen mit neutralen Szenarien zeigten sich auch hier Aktivierungen im mPFC, in temporalen und temporo-parietalen Arealen, dem Präcuneus und der Amygdala, zusätzlich aber auch im ACC, dem linken inferioren Frontalgyrus und der Insula. Allerdings ist bei diesem Kontrast

anzumerken, dass hier die Zuschreibung von Emotionen auf sich selbst als Täter, Opfer und Außenstehender konfundiert war.

Zwei dahingehend gut operationalisierte fMRT-Studien führten Berthoz, Armony, Blair und Dolan (2002) und Finger, Marsh, Kamel, Mitchell und Blair (2006) durch. Sie verwendeten als Stimulusmaterial Kurzgeschichten, in denen ein Protagonist soziale (Berthoz et al., 2002) bzw. soziale oder moralische Normen verletzt (Finger et al., 2006). Des Weiteren variierten sie im Gegensatz zu den bisher angeführten Studien ihre Geschichten explizit dahingehend, dass die Normen versehentlich bzw. intentional überschritten wurden. Eine versehentliche Verletzung einer sozialen Norm (Berthoz et al., 2002; Finger et al., 2006) bestand z. B. darin, sich im Auto eines Freundes übergeben zu müssen, eine intentionale (Berthoz et al., 2002) darin, bei einem Dinner Essen absichtlich auf den Teller zurück zu spucken, da dieses nicht schmeckt. Eine intentionale Verletzung eines moralischen Standards (Finger et al., 2006) wurde durch Diebstahl, aber auch durch körperliche Verletzung oder Tötung einer Person dargestellt. Versehentliche unmoralische Handlungen wurden nicht präsentiert. Als Kontrollbedingung dienten Geschichten, die den gleichen Kontext enthielten, jedoch mit neutralem, nicht moralisch relevantem Verhalten endeten. Die Probanden sollten sich vorstellen, was sie selbst oder der Protagonist der Geschichte dabei fühlen würden (Berthoz et al., 2002) bzw. wurden instruiert, sich vorzustellen, dass sie sich in der jeweiligen Situation befänden und darauf vorbereitet, dass sie später beurteilen sollten, wie sie sich in diesen Situationen gefühlt hätten (Finger et al., 2006). Sowohl bei der versehentlichen Verletzung sozialer Normen, als auch bei der intentionalen Verletzung sozialer und moralischer Normen zeigten sich gegenüber der Kontrollbedingung Mehraktivierungen im dorsalen mPFC, im inferioren / orbitalen frontalen Gyrus, im mittleren temporalen Gyrus, dem Temporalpol und dem pSTS bzw. der TPJ. Unterschiede ergaben sich dahingehend, dass sich bei der intentionalen Verletzung sozialer und moralischer Normen im Vergleich zur versehentlichen Überschreitung sozialer Normen u. a. Mehraktivierungen im mPFC (bei sozialen Normen einschließlich des ACC) und den Temporalpolen, im mittleren Temporalgyrus (moralische Norm), in superioren (soziale Norm) bzw. ventrolateralen (moralische Norm) frontalen Arealen und im Präcuneus (soziale Norm) zeigten.

Zusammenfassend legen die Befunde der in diesem Kapitel aufgeführten Studien nahe, dass bei der Zuschreibung von Emotionen in nicht moralisch relevanten Situationen sowie bei der Verletzung moralischer (und sozialer) Standards grundsätzlich ähnliche Gehirnregionen rekrutiert werden. Die Befunde von Burnett et al. (2009) lassen weiterhin vermuten, dass anterior gelegene Teile des mPFC, der Temporalpol, der pSTS und die TPJ bei der Zuschreibung von Emotionen bei der Überschreitung morali-

scher (und sozialer) Normen möglicherweise stärker rekrutiert werden als bei der Attribution von Emotionen in nicht moralisch bedeutsamen Kontexten. Des Weiteren ergeben sich aus den Untersuchungen von Berthoz et al. (2002) und Finger et al. (2006) Hinweise darauf, dass speziell bei der absichtlichen Übertretung moralischer Normen insbesondere der mPFC, der ventrolaterale Präfrontalkortex und temporale Areale aktiviert werden. Allerdings muss bei den Befunden der Studie von Finger et al. (2006) berücksichtigt werden, dass intentionale unmoralische Handlungen nicht mit versehentlichen unmoralischen verglichen wurden, sondern mit nicht intentionalen Übertretungen sozialer Normen, so dass hier die Faktoren „soziale Norm“ versus „moralische Norm“ und „intentional“ versus „nicht intentional“ konfundiert waren und die Ergebnisse mit beiden Faktoren in Verbindung stehen könnten. Auch in weiteren, in diesem Abschnitt aufgeführten Studien war die Zuschreibung von Emotionen bei der Übertretung moralischer Standards mit der Zuschreibung von Emotionen bei der Verletzung sozialer Normen oder sogar mit der Zuschreibung von Emotionen in sozial positiven Situationen (z. B. Ruby & Decety, 2004) konfundiert.

Im nächsten Abschnitt sollen deshalb ergänzend einige Studien dargestellt werden, die zwar nicht wie in der vorliegenden Arbeit und den in diesem Kapitel dargestellten Untersuchungen die **Zuschreibung** von Emotionen in moralisch relevanten Situationen untersuchten, jedoch Erkenntnisse hinsichtlich der Verarbeitung moralisch relevanter Szenarien und (intentionaler) Überschreitungen moralischer Standards bieten, und somit oben dargestellte Befunde erweitern.

1.3.1.3 Neuronale Korrelate der Verarbeitung moralisch bedeutsamer Szenarien

Weitere Hinweise darauf, dass bei der Verarbeitung von Emotionen in nicht moralisch relevanten und moralisch relevanten Kontexten grundlegend ähnliche Areale aktiviert werden, bei der Verarbeitung moralisch bedeutsamer Stimuli gewisse Regionen aber auch stärker rekrutiert werden, ergeben sich aus zwei fMRT-Studien von Moll und Kollegen (Moll et al., 2002a; Moll, de Oliveira-Souza, Eslinger, Bramati, Mourão-Miranda, Andreiuolo et al., 2002b). In diesen Untersuchungen wurden die Probanden instruiert, Bilder aus dem IAPS, welche unmoralische Handlungen darstellten (z. B. körperliche Bedrohung), zu betrachten, bzw. Aussagen mit moralisch relevanten Inhalten, u. a. auch solche in denen moralische Standards überschritten wurden (z. B. „Er erschoss das Opfer.“) zu lesen und moralisch zu beurteilen. In einer weiteren Bedingung sollten die Vpn Bilder bzw. Aussagen mit emotionalen, jedoch nicht moralisch relevanten Inhalten betrachten bzw. lesen und beurteilen. Eine explizite Zuschreibung von Emotionen wurde nicht gefordert, die Autoren gingen jedoch davon aus, dass die präsentierten Stimuli automatisch Emotionen evozieren würden. Als Kontrollbedingung

dienten Bilder bzw. Aussagen, die keinerlei emotionalen Inhalt hatten. Zusammengefasst zeigte sich in diesen beiden Studien, dass sowohl bei der Verarbeitung emotionaler, nicht moralisch relevanter Stimuli, als auch moralisch bedeutsamer Stimuli im Vergleich zur Kontrollbedingung der Temporalpol und der anteriore STS, sowie okzipitale Areale (u. a. Gyrus fusiformis) und die Amygdala aktiviert wurden. Bei der Prozessierung emotionaler, nicht moralisch bedeutsamer Stimuli zeigten sich außerdem Aktivierungen im lateralen inferioren frontalen Gyrus und in der anterioren Insula, welche außerdem in der Studie von Moll et al. (2002a) auch eine Mehraktivierung gegenüber der Prozessierung moralisch relevanter Bilder aufwiesen. Bei der Verarbeitung moralisch relevanter Stimuli ergaben sich im Vergleich zur Kontrollbedingung zusätzlich Aktivierungen im orbitalen und anterioren mPFC, in posterior gelegenen temporalen Arealen und im Präcuneus. In Übereinstimmung mit den Befunden von Burnett et al. (2009) zeigten sich in der Studie von Moll und Kollegen (2002a) in anterioren / ventralen Bereichen des mPFC sowie im posterioren STS und der TPJ außerdem Mehraktivierungen bei der Verarbeitung moralisch relevanter Bilder im Vergleich zu emotionalen, aber moralisch nicht bedeutsamen Bildern.

Aus einer Reihe weiterer Studien, die die neuronale Verarbeitung moralisch-philosophischer oder moralisch bedeutsamer Szenarien und der damit einhergehenden ethischen und moralischen Überlegungen, Bewertungen oder Entscheidungen untersuchten, ergeben sich weitere Hinweise darauf, welchen Areale insbesondere bei der (intentionalen) Verletzung moralischer Normen eine bedeutende Funktion zukommt.

So präsentierten z. B. Greene, Sommerville, Nystrom, Darley und Cohen (2001) und Schaich, Hynes, Van Horn, Grafton und Sinnott-Armstrong (2006) ihren Probanden im MRT verschiedene moralisch-philosophische Dilemmata, wie z. B. das „Trolley Dilemma“ oder das „Footbridge Dilemma“. In diesen Dilemmata droht ein Waggon in einer Variante beispielsweise fünf Menschen zu überfahren. Diese Menschen könnten im Trolley Dilemma gerettet und im Gegenzug nur eine Person getötet werden, wenn eine Weiche umgestellt wird. Beim Footbridge Dilemma müsste zur Rettung der fünf Menschen jedoch eine korpulente Person auf die Schienen gestoßen werden, um den Waggon aufzuhalten. Die Vpn wurden instruiert, über das Dilemma nachzudenken und sich anschließend für eine der beiden Möglichkeiten zu entscheiden bzw. zu beurteilen, ob eine vorgegebene Handlung falsch ist und ob sie so gehandelt hätten. Schaich et al. (2006) variierten zusätzlich die Intentionalität, mit der eine Handlung, die einer anderen Person Schaden zufügte, ausgeführt wurde (der Schaden für eine Person wird absichtlich herbeigeführt, als Mittel zum Zweck versus der Schaden ist vorhersehbar, aber nicht intentional herbeigeführt). Young und Kollegen (Young, Cushman, Hauser & Saxe, 2007; Young & Saxe, 2008, 2009a, b) präsentierten ihren Probanden ebenfalls

moralisch relevante Szenarien, die jedoch keine moralischen Dilemmata darstellten. Die Auswirkungen auf das / die Opfer der unmoralischen Handlung (Tod bzw. schwere Krankheit) waren jedoch vergleichbar drastisch wie in den Studien von Greene et al. (2001) und Schaich et al. (2006). Young und Kollegen (Young et al., 2007; Young & Saxe, 2008, 2009a, b) variierten ihre Szenarien außerdem dahingehend, dass der mentale Zustand des Protagonisten explizit gemacht wurde. Dieser war entweder der Überzeugung, dass er durch seine ausgeführte Handlung anderen schadet („*Negative Belief*“; er glaubt, jemandem Gift in den Kaffee zu mischen) oder nicht („*Neutral Belief*“; er glaubt, jemandem Zucker in den Kaffee zu geben), und diese Überzeugung entsprach entweder der Realität („*True Belief*“; das Gift ist tatsächlich Gift bzw. der Zucker tatsächlich Zucker) oder nicht („*False Belief*“; das Gift erweist sich als Zucker und umgekehrt), wodurch der Ausgang der Handlung wie erwartet neutral (Neutral / True Belief: „*All-Neutral*“) oder negativ (Negative / True Belief: „*Intentional Harm*“) bzw. unerwartet neutral (Negative / False Belief: „*Attempted Harm*“) oder negativ (Neutral / False Belief: „*Unknowing Harm*“) war. Handelte der Protagonist also auf der Basis eines Negative Beliefs, so versuchte er intentional, einer anderen Person zu schaden. Auch in den fMRT-Studien von Heekeren, Wartenburger, Schmidt, Schwintowski und Villringer (2003) und Farrow, Zheng, Wilkinson, Spence, Deakin, Tarrrier et al. (2001) sollten die Probanden in moralisch relevanten Szenarien, die wie in den Studien von Young und Kollegen (Young et al., 2007; Young & Saxe, 2008, 2009a, b) keine Dilemmata, allerdings im Vergleich dazu weniger drastische und alltäglichere Situationen darstellten, Entscheidungen darüber treffen, welches Verhalten angemessen ist (z. B. „B bewundert das neue Auto, das A sich gekauft hat.“ versus „B stiehlt das Auto, das A sich gekauft hat.“) bzw. welche von zwei kriminellen Handlungen sie bei bestimmten Rahmenbedingungen einer Person dieser eher verzeihen würden (z. B. „Ein Nachbar hat seinen Job verloren und kann seine Miete nicht bezahlen. Was ist eher zu verzeihen? Stehlen einer Flasche Milch, die vor einer Haustür steht oder aus einem Supermarkt.). In den genannten Studien zeigten sich im Zusammenhang mit der Prozessierung moralisch bedeutsamer Situationen oder der Übertretung moralischer Standards bzw. den damit einhergehenden moralischen Überlegungen und Abwägungen im Vergleich zu verschiedenen nicht moralisch relevanten Szenarien, Überlegungen und Abwägungen übereinstimmend und konsistent zu Studien, die die Zuschreibung von Emotionen in solchen Szenarien untersuchten Aktivierungen im mPFC, insbesondere in anterioren und dorsalen Bereichen, im temporalen Kortex und dabei v. a. im pSTS bzw. der TPJ, und dem posterioren Cingulum / Präguneus. Hinsichtlich der neuronalen Verarbeitung intentionaler unmoralischer Handlungen ergaben sich jedoch inkonsistente Befunde. Während sich in der Studie von Schaich et al. (2006) in

Übereinstimmung mit den Befunden von Finger et al. (2006) Mehraktivierungen im mPFC und anterioren STS bei intentionalen Handlungen im Vergleich zu nicht intentionalen zeigte, konnte in den Untersuchungen von Young und Kollegen (Young et al., 2007; Young & Saxe, 2008, 2009a, b) kein mit der Verarbeitung intentionaler Verletzungen eines moralischen Standards assoziiertes Areal identifiziert werden. In diesen Studien zeigte sich nämlich, dass der dorsale mPFC, die TPJ und der Präcuneus zwar die meiste Aktivierung zeigten, wenn der Protagonist in dem Glauben handelte, einer anderen Person durch seine unmoralische Handlung Schaden zuzufügen, der Ausgang der Handlung jedoch unerwartet neutral war (*Attempted Harm*). Allerdings unterschieden sich die Aktivierungen in der rechten TPJ und dem dorsalen mPFC nicht zwischen den Bedingungen, in der der Protagonist intentional unmoralisch handelte und einer Person wie erwartet Schaden zufügte (*Intentional Harm*) und der, in der der Protagonist einer anderen Person aus Versehen schadete (*Unknowing Harm*). In der linken TPJ und dem Präcuneus zeigten sich sogar stärkere Aktivierungen in der Bedingung *Unknowing Harm* als *Intentional Harm*. Die divergierenden Befunde könnten sich aus mehreren Gründen ergeben haben. So wurde in den aufgeführten Studien nicht nur unterschiedliches Stimulusmaterial verwendet, sondern auch die Intentionalität der Handlung auf andere Weise variiert und operationalisiert und war damit wahrscheinlich auch unterschiedlich salient. Des Weiteren könnten die Probanden durch das Stimulusmaterial unterschiedlich stark persönlich „involviert“ gewesen sein. Abgesehen davon wurden in den Untersuchungen von Young und Kollegen (Young et al., 2007; Young & Saxe, 2008, 2009a, b) Interaktionseffekte, welche Aufschluss darüber geben könnten, welche Areale eine wichtige Rolle für die Verarbeitung intentionaler versus nicht intentionaler unmoralischer Handlungen spielen könnten, nur in vorher definierten, mit der Attribution von Überzeugungen in Verbindung stehenden funktionellen ROIs berechnet, nicht jedoch in einer Whole-Brain-Analyse. Zum anderen unterschieden sich die Studien von Young et al. (2007) und Schaich et al. (2006) auch dahingehend, dass das komplette Szenario inklusive der abschließenden Überlegungen und Beantwortung der Frage in die Analyse einging (Schaich et al., 2006), oder nur ein Teil der Geschichte (z. B. Präsentation der Überzeugung; Young et al., 2007).

Nachdem nun ein Überblick über die Befunde der neuronalen Korrelate zur Beschreibung von Intentionen bzw. Wünschen und Emotionen in verschiedensten Kontexten sowie der Verarbeitung moralisch relevanter Szenarien bei gesunden erwachsenen Probanden gegeben wurde, werden im nächsten Abschnitt Studien dargestellt, die mit Hilfe der funktionellen Bildgebung Komponenten bzw. mögliche Vorläuferfunktionen der ToM an Kindern und / oder Jugendlichen untersuchten bzw. zusätzlich einen direkten Altersvergleich mit einer erwachsenen Population anstellten.

1.3.2 Befunde der funktionellen Bildgebung bei gesunden Kindern und Jugendlichen und im Altersvergleich

1.3.2.1 Neuronale Korrelate der Überzeugungsattribution

Obwohl in der vorliegenden Untersuchung nicht die Zuschreibung von Überzeugungen untersucht wird, soll hierzu eine fMRT-Untersuchung von Kobayashi und Kollegen (2007) kurz referiert werden. Zum einen ist diese Studie eine der wenigen, in welcher die neuronalen Grundlagen der Zuschreibung eines mentalen Zustandes an sich, und nicht nur die der Verarbeitung einer damit verwandten oder der Entwicklung dieser Komponente vorausgehenden Fähigkeit erhoben wurden. Zum anderen wurden in dieser Untersuchung wie in wenigen anderen die Aktivierungen von Kindern und Erwachsenen anhand desselben Paradigmas direkt miteinander verglichen. Da sich in bildgebenden Untersuchungen zur Attribution verschiedener mentaler Zustände an erwachsenen Vpn zeigte, dass dabei zumindest teilweise ähnliche Gehirnregionen involviert sind (vgl. z. B. Saxe et al., 2004), sind aus dieser Studie zumindest vorsichtige Schlüsse darauf möglich, wie sich die neuronalen Netzwerke von Kindern und Erwachsenen auch bei der Zuschreibung von Emotionen in der vorliegenden Untersuchung unterscheiden könnten.

In der genannten Studie von Kobayashi et al. (2007) wurden Erwachsenen und acht- bis zwölfjährigen Kindern verbale und nichtverbale Second-Order-False-Belief-Aufgaben präsentiert. Die Vpn sollten sich per Tastendruck für eine von zwei Alternativen entscheiden und beantworten, was Person A glaubt, dass Person B glaubt („*ToM-Bedingung*“). Als Kontrollbedingung wurden verbale bzw. nonverbale Geschichten verwendet, bei denen zur Beantwortung der Frage kein mentaler Zustand zugeschrieben werden musste („*Non-ToM-Bedingung*“). Unabhängig von der Modalität (nonverbal versus verbal) zeigten sich bei diesem Kontrast in einer Conjunctionanalyse bei beiden Probandengruppen Aktivierungen im medialen und rechten dorsolateralen PFC / mittleren frontalen Gyrus, bilateral in der TPJ und im rechten inferioren Parietallappen, sowie im mittleren Okzipitalgyrus. Die Autoren schlossen aus ihren Ergebnissen, dass sowohl Erwachsene als auch Kinder Areale rekrutieren, die u. a. mit dem Default-Mode-Netzwerk, dem Spiegelneuronensystem, der Unterscheidung verschiedener Perspektiven und Exekutivfunktionen in Verbindung stehen. Beim direkten Vergleich der beiden Gruppen zeigten sich bei den Kindern jedoch unabhängig von der Modalität Mehraktivierungen im orbitolateralen PFC, im rechten superioren Temporalgyrus und Temporalpol und im Cuneus, während bei den Erwachsenen nur die Amygdala mehr aktiviert wurde als bei den Kindern. Kinder würden demnach bei der Bearbeitung von Second-Order-False-Belief-Aufgaben u. a. Gehirnregionen, die eher mit ToM-Vorläu-

ferfunktionen, wie Joint Attention assoziiert sind, mehr beanspruchen als Erwachsene. Erwachsene hingegen seien sich der emotionalen Cues in den Geschichten, insbesondere der emotionalen Gesichtsausdrücke in den nonverbalen Stimuli bewusster, wodurch die Mehraktivierung in der Amygdala zu erklären sei. Zu dieser Studie ist allerdings anzumerken, dass die nonverbalen Aufgaben nur zu 60 bis 70 % richtig und von den Erwachsenen außerdem signifikant schlechter als die verbalen Geschichten bearbeitet wurden, was darauf hinweisen könnte, dass der Inhalt dieser Stimuli unabhängig von den Anforderungen eines Second-Order-False-Beliefs schwer erkennbar war. Auch erscheint fraglich, ob die Gesichter der Cartoonfiguren ausreichend emotional bzw. erkennbar waren, dass es deswegen bei den erwachsenen Probanden zu einer Mehraktivierung der Amygdala gekommen sein könnte. Obwohl sich die Bearbeitungsgenauigkeit der Altersgruppen nicht signifikant unterschied, müssen die Ergebnisse deshalb vorsichtig interpretiert werden.

Diese Studie ist jedoch bis dato die einzige, in der die neuronalen Korrelate der Überzeugungsattribution bei Erwachsenen und Kindern direkt miteinander verglichen wurden und die daher zumindest einige vorsichtige Schlüsse darauf erlaubt, welche Gehirnregionen bei der Zuschreibung eines mentalen Zustandes entwicklungsabhängigen Veränderungen unterworfen sein könnten. Ähnlich spärlich ist die Datenlage auch in einem weiteren Bereich der ToM, der Wunsch- bzw. Intentionsattribution. Befunde dazu bzw. zu entwicklungspsychologisch verwandten oder vorausgehenden Fähigkeiten werden im folgenden Abschnitt aufgeführt.

1.3.2.2 Neuronale Korrelate der Dekodierung und Zuschreibung von Wünschen und Intentionen

Zu diesem Bereich ist zunächst eine fMRT-Studie von Mosconi et al. (2005) zu nennen. Die Autoren gehen davon aus, dass zielorientierte und nicht-zielorientierte Blickrichtungswechsel einen kommunikativen, intentionalen Aspekt besitzen oder zum Ausdruck bringen und daher für die Zuschreibung mentaler Zustände von Bedeutung sind. Um zu untersuchen, ob diese Verbindung bereits bei Schulkindern besteht, präsentierten sie acht Kindern im Alter von sieben bis zehn Jahren das Gesicht einer Person, deren Blick zu Beginn eines Trials geradeaus, in Richtung des Betrachters gerichtet war. Anschließend erschien im Gesichtsfeld der abgebildeten Person an unterschiedlichen Stellen ein „Checkerboard-Reiz“. Je nach Bedingung wendete sich der Blick der Person entweder zielgerichtet auf den Reiz und bestätigte die Erwartung des Betrachters hinsichtlich der Intention der abgebildeten Person („*Congruent*“), oder auf einen beliebigen Ort, an dem sich der Reiz nicht befand („*Incongruent*“, die Erwartung verletzend), oder es fand gar keine Augenbewegung statt („*No Shift*“). Die Vpn

wurden instruiert, die Stimuli zu betrachten. Bei der Verarbeitung von Blickrichtungswechseln im Allgemeinen zeigten sich Aktivierungen im mPFC / ACC, bilateral im mittleren und inferioren Frontalgyrus, in ausgedehnten temporalen Arealen, u. a. dem rechten pSTS und mittleren Temporalgyrus, im inferioren Parietallappen und im linken mittleren Okzipitalgyrus und bilateral im Gyrus fusiformis. Der rechte pSTS, mittlere temporale Gyrus und inferiore Parietallappen wiesen außerdem eine Mehraktivierung bei inkongruenten im Vergleich mit kongruenten Trials auf. Erwachsene Vpn wurden in dieser Studie nicht untersucht und daher auch kein statistischer Vergleich durchgeführt. Mosconi und Kollegen (2005) folgerten jedoch aufgrund von Studien, in denen Erwachsene mit demselben Paradigma untersucht wurden (z. B. Pelphrey, Singerman, Allison & McCarthy, 2003), dass die neuronalen Korrelate bei der Prozessierung von Blickrichtungswechseln und den zugrunde liegenden Intentionen bei sieben- bis zehnjährigen Kindern und Erwachsenen vergleichbar sind, und dass Kinder ähnlich wie Erwachsene den pSTS, mittleren temporalen Gyrus und inferioren Parietallappen stärker rekrutieren in Situationen, in denen eine Erwartung verletzt wird. Neben der Einschränkung, dass in dieser Studie kein Altersvergleich durchgeführt wurde, ist anzumerken, dass hier die Prozessierung von Intentionen allenfalls implizit und auf einem sehr basalen Level erhoben wurde. Ganz ähnliche Aktivierungen zeigten sich jedoch auch in zwei weiteren fMRT-Studien, in denen die Zuschreibung von Intentionen ebenfalls auf der Basis physikalischer, allerdings im Vergleich zur oben dargestellten Untersuchung komplexerer Cues, nämlich anhand der von Abell et al. (2000) bzw. Castelli et al. (2000, 2002) entwickelten und verwendeten Stimuli untersucht wurde. Den neun- bis 16-jährigen (Moriguchi et al., 2007) bzw. sieben- bis 13-jährigen (Ohnishi et al., 2004) Kindern und Jugendlichen wurden animierte Triangel-Formen gezeigt, welche in der Experimentalbedingung menschliche Interaktionen, wie gegenseitiges Überzeugen, Täuschen, Verspotten oder Überraschen darstellten und somit Intentionen und Wünsche, möglicherweise aber auch Emotionen durch ihre Bewegungen ausdrückten („*ToM-Bedingung*“) und in der Kontrollbedingung lediglich zufällige, nicht aufeinander bezogene Bewegungen ausführten („*Random Movement-Bedingung*“). Die Probanden sollten jeweils über die Handlungen und Gedanken der animierten Formen nachdenken. Zusätzlich zu den in der Studie von Mosconi et al. (2005) gefundenen Aktivierungen zeigten sich in diesen beiden Untersuchungen in der *ToM*- gegenüber der *Random Movement-Bedingung* jedoch auch weitere Aktivierungen u. a. in ventraler und dorsaler gelegenen Bereichen des mPFC und lateralen prämotorischen Arealen, im Temporalpol und im Präcuneus / posterioren Cingulum. In der Studie von Ohnishi et al. (2004) wurden den Kindern und Jugendlichen außerdem zielorientierte, auf ein Objekt bezogene Handbewegungen gezeigt und die Aktivierungen mit denen bei der Betrachtung

einer statischen Hand und eines Objektes verglichen. Während sich sowohl bei der Prozessierung der zielgerichteten Handlungen der Triangel-Figuren als auch bei der Betrachtung zielgerichteter Handbewegungen (Conjunction-Analyse) Aktivierungen in temporalen und occipitalen Arealen (inklusive Gyrus fusiformis) zeigten, die u. a. mit der Wahrnehmung von „Biological Motion“ assoziiert sind (vgl. auch Carter & Pelphrey (2006) für Befunde zur Wahrnehmung von Biological Motion bei sieben- bis zehnjährigen Kindern), traten nur bei der Betrachtung der zielgerichteten Handlungen der Triangel-Figuren Aktivierungen in mPFC, Temporalpol und posteriorem STS / TPJ auf, Gehirnregionen, die bei Erwachsenen konsistent bei der Zuschreibung von mentalen Zuständen aktiviert wurden. Moriguchi et al. (2007) fanden außerdem, dass die Aktivierung des dorsalen mPFC eine positive Korrelation mit dem Alter der Probanden aufwies, die Aktivierung im ventralen mPFC hingegen eine negative. Aktivierungen im ventralen mPFC traten bei einer Subgruppe der untersuchten Kinder im Alter von neun bis zwölf Jahren auf. In anderen Gehirnregionen ergaben sich keine Korrelationen mit dem Alter. Die Autoren schlossen aus ihren Befunden und Vorbefunden an erwachsenen Probanden, dass Kinder bzw. Jugendliche und Erwachsene sowohl für sog. „Lower-Level-ToM-Funktionen“ bzw. Vorläuferfunktionen der ToM (wie die Verarbeitung zielgerichteter Handbewegungen; vgl. Buccino, Binkofski, Fink, Fadiga, Fogassi, Gallese et al. (2001) für Befunde bei Erwachsenen) als auch für sog. „Higher-Level-ToM-Prozesse“ (wie die Zuschreibung von Intentionen auf animierte Figuren; vgl. Castelli et al. (2000, 2002) für Befunde bei Erwachsenen) größtenteils ähnliche und von der Komplexität der Stimuli abhängige neuronale Netzwerke rekrutieren. Des Weiteren folgerten sie, dass Gehirnregionen, wie der STS und Temporalpol bereits im späten Kindesalter vollständig entwickelt seien. Lediglich im mPFC vollziehe sich mit zunehmender Reifung und Entwicklung im späten Kindes- bzw. frühen Jugendalter ein Shift von ventral nach dorsal, wodurch mit zunehmendem Alter nicht nur das sich früher entwickelnde Simulationssystem, sondern dann zusätzlich oder vornehmlich eine kognitive Komponente bei der Zuschreibung mentaler Zustände eine wichtige Rolle spiele.

Allerdings können anhand dieser Studien keine Aussagen darüber getroffen werden, ob bzw. wie sich die Rolle des mPFC und dessen verschiedener anatomischer Bereiche vom Jugendalter zum Erwachsenenalter verändern, da in der Studie von Moriguchi und Kollegen (2007) keine Erwachsenen und maximal 16 Jahre alte Jugendliche untersucht wurden. Des Weiteren lässt der Befund, dass von Kindern / Jugendlichen und Erwachsenen bei der Bearbeitung derselben Aufgabe vergleichbare Gehirnregionen aktiviert werden, nicht automatisch den Schluss zu, dass diese auch in genau der gleichen Weise die einzelnen Komponenten dieses neuronalen Netzwerks rekrutieren.

tieren und dass normal entwickelte Kinder und Jugendliche bereits vollständig gereifte neuronale Netzwerke für diese Prozesse besitzen. So zeigten sich in der oben beschriebenen Studie von Kobayashi et al. (2007) bei der Bearbeitung von Second-Order-False-Belief-Aufgaben, aber auch in einer Studie von Blakemore und Kollegen (2007), in der die Zuschreibung von Wünschen / Intentionen an Kindern / Jugendlichen und Erwachsenen untersucht wurde, Unterschiede nicht nur in Arealen des mPFC, sondern auch in temporalen Bereichen. Blakemore et al. (2007) untersuchten im Gegensatz zu Mosconi et al. (2005), Moriguchi et al. (2007) und Ohnishi et al. (2004) nicht nur Kinder / Jugendliche (hier im Alter von zwölf bis 18 Jahren), sondern auch Erwachsene zwischen 22 und 38 Jahren (allerdings jeweils nur weibliche Probanden). Die Vpn sollten in der Experimentalbedingung per Tastendruck beantworten, ob die Ausführung einer Handlung aufgrund einer zugrunde liegenden Intention oder eines Wunsches wahrscheinlich oder unwahrscheinlich ist (Beispiel: „Du bist im Kino und kannst die Leinwand schlecht sehen. Wechselst Du den Platz?“) und in der Kontrollbedingung, ob das Eintreten eines Ereignisses in bestimmten Situationen wahrscheinlich ist oder nicht. Ähnlich wie in den oben beschriebenen Studien zeigte sich, dass sowohl die Kinder / Jugendlichen als auch die Erwachsenen in der Experimentalbedingung im Vergleich zur Kontrollbedingung ein ähnliches, für die Zuschreibung mentaler Zustände typisches Netzwerk bestehend aus anteriorem und dorsalem mPFC, Temporalpolen, STS, TPJ und Präguncus / posteriorem Cingulum aktivierten. Bei den Kindern / Jugendlichen ergab sich zusätzlich eine Aktivierung im orbitalen mPFC. Des Weiteren ergab sich beim direkten Vergleich der beiden Gruppen, dass ein bestimmter Teil des anterioren mPFC in diesem Kontrast nur bei den Kindern / Jugendlichen und bei diesen signifikant mehr aktiviert wurde als bei den Erwachsenen, und dass die Aktivität in dieser Region mit dem Alter negativ korrelierte, wohingegen der STS bei den Erwachsenen eine Mehraktivierung gegenüber den Kindern / Jugendlichen zeigte. Die Autoren folgerten aus ihren Befunden, dass es einen altersabhängigen Shift in den Aktivierungen von anterioren zu posterioren Arealen des ToM-Netzwerkes in der Adoleszenz gebe und Kinder / Jugendliche den mPFC während der Repräsentation mentaler Zustände stärker rekrutieren würden, um die gleiche Leistung wie erwachsene Probanden zu erbringen.

Die Befunde von Blakemore et al. (2007) bezüglich der Rekrutierung des mPFC werden auch unterstützt von einer fMRT-Studie von Wang und Kollegen (Wang et al., 2006a; für weitere Ergebnisse bei acht- bis 15-jährigen Probanden vgl. Wang et al., 2006b), die die Verarbeitung von Intentionen in einem völlig anderen Sinn, nämlich im Kontext der Kommunikation („Communicative Intent“) und des Verständnisses von Ironie bei Erwachsenen und Kindern / Jugendlichen untersuchten. Um beurteilen zu

können, ob eine Aussage ernst oder ironisch gemeint ist, müssen bestimmte Cues wahrgenommen und interpretiert werden, um die Absicht oder Intention des Sprechers zu verstehen, und die wörtliche Bedeutung einer Aussage muss von der intendierten getrennt werden. Um diese Art von Intentionsverständnis zu untersuchen, präsentierten die Autoren den Probanden kurze vertonte Cartoons, in welchen zwei Personen kommunizierten. Das Szenario endete jeweils mit einer Aussage einer der beiden Personen, die je nach Kontext ernst oder ironisch gemeint gewesen sein könnte. Die Probanden wurden aufgefordert, anhand des situativen Kontexts, des Gesichtsausdrucks und der Intonation der sprechenden Person zu beurteilen, ob diese eine Aussage im wörtlichen Sinn oder ironisch meinte. Kontrastiert wurden diese Szenarien mit ähnlichen Cartoons, in denen die Kommunikation jedoch nicht mit einer zweideutigen Aussage endete. Sowohl bei den neun- bis 14-jährigen Kindern und Jugendlichen als auch bei den erwachsenen Probanden zeigten sich Aktivierungen im orbitalen mPFC und bilateral im superioren Temporalgyrus. Während bei den Erwachsenen zusätzlich ein etwas mehr dorsal gelegener Teil des mPFC aktiviert wurde, zeigte sich bei den Kindern und Jugendlichen eine weitere Aktivierung im Temporalpol. Beim direkten Vergleich der beiden Gruppen ergaben sich ähnlich wie bei Blakemore et al. (2007) bei den Kindern und Jugendlichen gegenüber den Erwachsenen in der mit einer Rest-Baseline kontrastierten Experimentalbedingung Mehraktivierungen in frontalen Arealen, insbesondere im mPFC und linken inferioren frontalen Gyrus. Diese Areale wiesen auch eine negative Korrelation mit dem Alter innerhalb der Gruppe der Kinder und Jugendlichen auf. Im Gegensatz zu den Ergebnissen von Blakemore et al. (2007) fanden Wang et al. (2006) jedoch auch, dass bei den Erwachsenen zwar Mehraktivierungen u. a. im linken superioren Temporalgyrus, in der Amygdala (vgl. Kobayashi et al., 2007) und im Gyrus fusiformis auftraten, dass jedoch der pSTS eine Mehraktivierung bei den Kindern und Jugendlichen gegenüber den Erwachsenen zeigte und die Aktivierung in temporalen Arealen mit steigendem Alter abnahm. Die Ergebnisse bestätigen also die Annahme von Blakemore et al. (2007), dass der mPFC mit zunehmendem Alter weniger stark rekrutiert wird, was laut Wang et al. (2006a) einen höheren Grad an Erfahrung und Automatisierung bei Erwachsenen reflektieren könnte, allerdings nicht, dass sich mit dem Alter ein Shift zu temporalen Arealen vollzieht. Andererseits findet der von Blakemore et al. (2007) angenommene allgemeine Shift von anterioren zu posterioren Regionen Bestätigung dadurch, dass sich bei den Erwachsenen eine Mehraktivierung im Gyrus fusiformis zeigte und die Aktivität in diesem Areal auch innerhalb der Gruppe der Kinder und Jugendlichen positiv mit dem Alter korreliert war. In Abhängigkeit von der Aufgabe (Vorhersage der Wahrscheinlichkeit einer Handlung auf der Basis einer Intention versus Integration von Kontext, Stimme

und Gesichtsausdruck, um die intendierte Bedeutung einer Aussage zu erfassen) und damit möglicherweise stärker assoziierten Arealen könnte sich demnach mit zunehmendem Alter ein Shift vom mPFC mehr zu temporalen oder okzipitalen Arealen vollziehen.

Größtenteils vergleichbare und übereinstimmende Befunde hinsichtlich der Gemeinsamkeiten und Unterschiede in den von Erwachsenen und Kindern oder Jugendlichen rekrutierten Netzwerken bei der Verarbeitung von Intentionen, Wünschen, Absichten oder Zielen ergaben sich auch bei der Verarbeitung und Zuschreibung von Emotionen oder dahingehenden Vorläuferfunktionen. Allerdings existiert nach Wissen der Autorin bisher nur eine Studie, in der die Zuschreibung von Emotionen auf der Basis kontextueller Informationen sowohl bei Erwachsenen als auch bei Kindern / Jugendlichen untersucht wurde (Burnett & Blakemore, 2009; Burnett et al., 2009). In den meisten übrigen Untersuchungen wurden nur Kinder und / oder Jugendliche untersucht und die Ergebnisse wiederum deskriptiv mit Vorbefunden erwachsener Personen verglichen. Des Weiteren wurden in diesen Studien meist basale (z. B. Verarbeitung emotionaler Gesichtsausdrücke) bzw. mit der Verarbeitung von Emotionen in Verbindung stehende Prozesse (z. B. Prozessierung des Ausdrucks von Schmerz bei anderen Personen) erforscht. Die Befunde zu diesen unterschiedlichen Prozessen werden im folgenden Kapitel dargestellt.

1.3.2.3 Neuronale Korrelate der Dekodierung und Zuschreibung von Emotionen

Die Dekodierung und Verarbeitung emotionaler Gesichtsausdrücke bei Kindern und Jugendlichen war Untersuchungsgegenstand mehrerer Studien (z. B. Killgore & Yurgelun-Todd, 2004; Killgore, Oki & Yurgelun-Todd, 2001; Monk et al., 2003; Wang et al., 2004; Yurgelun-Todd & Killgore, 2006). Allerdings bestand das Hauptinteresse einiger Autoren spezifisch in entwicklungsabhängigen geschlechtsspezifischen Unterschieden in den Aktivierungsmustern oder der Lateralisierung der Aktivierungen (z. B. Killgore et al., 2001). Zudem beschränken sich die Befunde mancher dieser Studien auf wenige ROIs, wie z. B. die Amygdala, und die Verarbeitung ängstlicher Gesichtsausdrücke (z. B. Killgore & Yurgelun-Todd, 2004). Aus anderen fMRT-Studien zur Dekodierung von emotionalen Gesichtsausdrücken, die eine etwas weniger spezifische Fragestellung untersuchten, lassen sich jedoch einige Schlussfolgerungen für mögliche allgemeine entwicklungsabhängige Veränderungen in den neuronalen Netzwerken bei der Prozessierung von Emotionen ableiten.

So präsentierten Wang et al. (2004) acht- bis 16-jährigen männlichen Probanden Gesichter, die Wut und Angst ausdrückten, Yurgelun-Todd und Killgore (2006) acht- bis 15-jährigen solche, die Angst und Freude zeigten und Monk et al. (2003) Erwach-

senen und neun- bis 17-jährigen Probanden Gesichter, die Freude, Angst, Wut oder einen neutralen Gesichtsausdruck zeigten. In der Studie von Yurgelun-Todd und Killgore (2006) sollten die Probanden die Stimuli aufmerksam betrachten, da sie anschließend zu den dargestellten Emotionen befragt würden. Monk et al. (2003) instruierten ihre Vpn, die Stimuli entweder nur zu betrachten, ihre Aufmerksamkeit auf physikalische Merkmale des Gesichtes (Nasenbreite) oder auf den eigenen emotionalen Zustand bei der Betrachtung der Gesichter zu lenken und per Tastendruck zu beurteilen. In der Untersuchung von Wang et al. (2004) bestand die Aufgabe darin, entweder aus mehreren Alternativen das Gesicht auszuwählen, das denselben Ausdruck zeigte wie das Target („*Matchen*“), oder das Wort auszuwählen, welches den dargestellten Gesichtsausdruck beschrieb („*Labeln*“). Dabei zeigten sich in der Studie von Wang und Kollegen (2004) in einer Whole-Brain-Analyse bei Kindern und Jugendlichen beim *Matchen* und *Labeln* emotionaler Gesichtsausdrücke im Vergleich zu einer „*Matching-Task*“ mit geometrischen Figuren Aktivierungen u. a. im ACC, bilateral im mittleren und inferioren frontalen Gyrus, im linken mittleren und superioren Temporalgyrus und Temporalpol, im bilateralen Gyrus fusiformis, in der Amygdala und weiteren subkortikalen Arealen (z. B. Hippocampus, Thalamus), also in durchaus mit den Befunden bei erwachsenen Probanden vergleichbaren Arealen (vgl. Abschnitt 1.3.1.2). Allerdings muss bei der Interpretation der Ergebnisse dieser Studie berücksichtigt werden, dass das *Matchen* geometrischer Figuren eine sehr schwache Kontrollbedingung darstellt. Dass sich die Anforderungen der Experimental- und Kontrollbedingung unterschieden, zeigte sich auch in signifikant unterschiedlichen Reaktionszeiten und Bearbeitungsgenauigkeiten. Aus den Untersuchungen von Yurgelun-Todd und Killgore (2006) und Monk et al. (2003), die jedoch ausschließlich auf altersabhängige Korrelationen und Unterschiede in ROIs in frontalen Arealen und der Amygdala bei der Prozessierung emotionaler Stimuli fokussierten, ergaben sich des Weiteren mit zunehmendem Alter der acht- bis 15-jährigen Probanden stärkere Aktivierungen im lateralen inferioren frontalen Gyrus und im mPFC (Yurgelun-Todd & Killgore, 2006) und bei den erwachsenen Probanden Mehraktivierungen gegenüber den neun- bis 17-jährigen Probanden im ACC und lateralen orbitofrontalen Kortex, wenn der eigene emotionale Zustand bei Betrachtung der emotionalen Gesichtsausdrücke bewertet werden sollte (Monk et al., 2003). Diese Ergebnisse lassen zum einen vermuten, dass sich auch die Aktivierungsmuster der in die Verarbeitung von emotionalen Stimuli involvierten Areale von der Kindheit über die Adoleszenz bis hin zum Erwachsenenalter verändern, und bestätigen damit generell die Befunde zur Entwicklung der neuronalen Korrelate anderer, oben dargestellter Teilbereiche der ToM. Zum anderen scheinen die Ergebnisse hinsichtlich der frontalen Aktivierungen den Befunden vorher aufgeführter Studien zu widersprechen, die mit

zunehmendem Alter eine Abnahme der Aktivierung in frontalen Arealen fanden. Allerdings spricht eine Zunahme der Aktivierung während der Adoleszenz, wie von Yurgelun-Todd und Killgore (2006) gefunden, nicht automatisch gegen eine spätere Abnahme dieser. Auch Moriguchi et al. (2007) fanden wie beschrieben innerhalb der Gruppe der untersuchten Kinder und Jugendlichen einen Bereich im mPFC, dessen Aktivität positiv mit dem Alter korrelierte. In keiner der beiden Studien wurden jedoch erwachsene Probanden untersucht, so dass eine mit weiter fortschreitendem Alter weniger starke Rekrutierung frontaler Areale nicht überprüft werden konnte. Des Weiteren zeigte sich in der Untersuchung von Monk et al. (2003) eine frontale Mehraktivierung bei den erwachsenen Probanden gegenüber den jüngeren nur dann, wenn die Vpn ihre Aufmerksamkeit gezielt auf die Emotion, die durch das Gesicht ausgedrückt wurde, lenken und ihren eigenen emotionalen Zustand dabei einschätzen sollten im Vergleich dazu, wenn sie ihre Aufmerksamkeit auf physikalische Aspekte lenken und die Nasenbreite der Gesichter, die Emotionen darstellten, beurteilen sollten. Die Kinder und Jugendlichen hingegen zeigten bei beiden Bedingungen ähnlich starke frontale Aktivierungen, so dass sich die Mehraktivierung bei den erwachsenen Probanden bei der Beurteilung des eigenen emotionalen Zustands nur daraus ergab, dass die jüngeren Probanden zwischen den beiden Bedingungen keinen Unterschied in den Aktivierungen aufwiesen. Wurden die Probanden instruiert, ihre Aufmerksamkeit auf physikalische Aspekte zu lenken und die Nasenbreite der Gesichter, die Emotionen darstellten, zu beurteilen oder diese einfach nur passiv zu betrachten, zeigten sich außerdem bei den Kindern und Jugendlichen gegenüber den Erwachsenen Mehraktivierungen im ACC und bilateral im orbitofrontalen Kortex. Diese Ergebnisse weisen darauf hin, dass bei Erwachsenen frontale Areale zielgerichtet, spezifisch und nur dann rekrutiert werden, wenn die Aufmerksamkeit auf emotional relevante Merkmale gerichtet werden soll, während diese Areale bei Kindern und Jugendlichen immer aktiviert werden, sobald ein emotionaler Stimulus wahrgenommen wird, egal ob für die aktuelle Situation relevant oder nicht. Somit stehen diese Ergebnisse in Einklang mit den oben aufgeführten Befunden, wonach frontale Areale bei Erwachsenen weniger rekrutiert werden als bei Kindern oder Jugendlichen.

Dass solche altersabhängigen Veränderungen in der Rekrutierung frontaler Netzwerke nicht nur bei der Verarbeitung von Intentionen und der Dekodierung emotionaler Gesichtsausdrücke, sondern auch bei der Zuschreibung von Emotionen auf der Basis kontextueller Informationen auftreten, konnte in der Untersuchung von Burnett et al. (2009) gezeigt werden. In dieser Studie wurden, wie unter 1.3.1.2 dargestellt, neben weiblichen Erwachsenen im Alter von 22 bis 32 Jahren auch zehn- bis 18-jährige weibliche Kinder / Jugendliche und junge Erwachsene instruiert, zu beurteilen, wie

stark sie selbst bzw. ihre Mutter in Situationen, die mit den Emotionen Angst, Ekel, Verlegenheit oder Schuld assoziiert sind, diese Emotion empfinden würden. Wie in den oben aufgeführten Studien zeigten sich auch bei diesem Paradigma bei Erwachsenen und Heranwachsenden ähnliche Aktivierungen, und zwar im anterioren rostralen mPFC und dem pSTS bzw. der TPJ bei der Zuschreibung von sozialen Emotionen im Vergleich zur Zuschreibung von Basisemotionen, unabhängig von der Perspektive aus der die Vpn urteilen sollten. Während die Erwachsenen in diesem Kontrast außerdem den linken Temporalpol mehr aktivierten, zeigte sich bei den Heranwachsenden eine Mehraktivierung im Präcuneus. Beim Vergleich der beiden Gruppen ergab sich eine Mehraktivierung bei den Erwachsenen gegenüber den Kindern / Jugendlichen im linken Temporalpol und bei den Kindern / Jugendlichen gegenüber den Erwachsenen im anterioren rostralen mPFC bei der Verarbeitung von sozialen versus Basisemotionen, wobei dieser Teil des mPFC bei den Erwachsenen bei der Zuschreibung von sozialen Emotionen gar nicht aktiviert wurde. Der Temporalpol wies für die Verarbeitung von sozialen Emotionen außerdem eine positive Korrelation mit dem Alter auf, der mPFC hingegen eine negative. Die Ergebnisse bestätigen bzw. erweitern somit die Befunde der oben aufgeführten Studien dahingehend, dass Kinder / Jugendliche nicht nur größere Bereiche des frontalen Kortex als Erwachsene rekrutieren, sondern frontale Areale, die bei beiden Altersgruppen eine wichtige Rolle bei der Zuschreibung von mentalen Zuständen zu spielen scheinen, auch stärker aktivieren als ältere Personen. Des Weiteren zeigte sich auch in dieser Studie und demnach nicht nur für die Verarbeitung von Intentionen und emotionalen Gesichtsausdrücken ein altersabhängiger Shift von anterioren zu posterioren Regionen. In einer psychophysiologischen Interaktions-(PPI) Analyse derselben Daten (Burnett & Blakemore, 2009) zeigte sich weiterhin, dass der anteriore rostrale mPFC zwar sowohl bei Erwachsenen als auch Jugendlichen während der Verarbeitung sozialer Emotionen eine stärkere funktionelle Konnektivität mit dem pSTS und der TPJ, und auch mit dem anterioren Temporalkortex aufwies. Die funktionelle Konnektivität zwischen mPFC und pSTS / TPJ nahm jedoch mit dem Alter signifikant ab. Die Autorinnen schlossen daraus zum einen, dass diese Ergebnisse ein Beleg dafür seien, dass die neuronalen Komponenten des Mentalisierungssystems sowohl bei Erwachsenen als auch Heranwachsenden funktionell miteinander interagieren. Zum anderen könnten diese Befunde bedeuten, dass bei Kindern / Jugendlichen noch mehr regulatorische Prozesse zwischen frontalen und posterioren Regionen nötig sind, um die Aufgabe genauso wie Erwachsene bearbeiten zu können, da die neuronalen Netzwerke bei Kindern / Jugendlichen noch nicht völlig ausgereift und damit möglicherweise noch weniger effizient, automatisch und implizit sind als bei Erwachsenen.

Die hier dargestellte Studie von Burnett et al. (2009) ist nach Wissen der Autorin bis dato die einzige, in der auch bei Kindern bzw. Jugendlichen die Zuschreibung von moralischen und sozialen Emotionen und damit einhergehend die Verarbeitung von moralisch relevanten Situationen untersucht wurde. Studien, die sich explizit mit den neuronalen Korrelaten der intentionalen Überschreitung moralischer (oder sozialer) Standards bei Heranwachsenden und möglichen Unterschieden zu den neuronalen Netzwerken bei Erwachsenen beschäftigten, existieren bisher nach Wissen der Autorin nicht. Es gibt jedoch eine fMRT-Studie von Decety und Kollegen (2008), in der die neuronalen Korrelate der Verarbeitung einer intentionalen Verletzung einer Person durch eine andere bei Kindern und Jugendlichen untersucht wurde, wenn auch in einem anderen spezifischen Kontext, nämlich der Wahrnehmung von Schmerz, den eine andere Person erfährt. Studien an erwachsenen Probanden konnten zeigen, dass beim Empfinden von Schmerz und der Beobachtung anderer Personen, die Schmerz empfinden, ähnliche Regionen aktiviert werden, u. a. der dorsale ACC, der somatosensorische Kortex, das supplementär-motorische Areal und die Insula. Decety et al. (2008) sehen diese automatische, affektive Resonanz auf die Wahrnehmung von Schmerz bei anderen Personen als eine notwendige, wenn auch nicht hinreichende Grundvoraussetzung für die elaboriertere und komplexere Fähigkeit, die Perspektive einer anderen Person einnehmen und eine explizite Repräsentation des emotionalen Zustands dieser Person unabhängig vom eigenen mentalen Zustand bilden zu können. Um diese frühe Funktion zu untersuchen, präsentierten die Autoren normal entwickelten Kindern im Alter von sieben bis zwölf Jahren kurze animierte Stimuli von Körperteilen (Hände, Füße) in schmerzvollen und nicht schmerzvollen Situationen, die die Kinder betrachten sollten, und variierten vier Bedingungen. In zwei Bedingungen war nur eine Person involviert, die sich entweder aus Versehen selbst verletzte („*Pain Caused By Self*“) oder nicht verletzte („*No Pain*“; Gegenstand fällt auf den Fuß oder daneben). In den anderen beiden Bedingungen waren jeweils zwei Personen involviert, wobei in der einen Bedingung der Schmerz einer Person absichtlich durch eine andere Person verursacht („*Pain Caused By Other*“) und in der anderen gemildert wurde („*Alleviated Pain By Other*“). Aus einem deskriptiven Vergleich der Ergebnisse der Kinder bei der Wahrnehmung von Schmerz, die eine andere Person empfindet, mit Vorbefunden bei Erwachsenen anhand solcher Paradigmen zeigte sich wiederum, dass bei beiden Altersgruppen ähnliche, oben genannte neuronale Netzwerke rekrutiert wurden. Der ACC, der rechte orbitofrontale Kortex, die rechte TPJ und die Amygdala zeigten außerdem Mehraktivierungen, wenn der Schmerz intentional durch eine andere Person verursacht wurde, im Vergleich dazu, wenn eine Person sich selbst versehentlich Schmerz zufügte. Während der ACC und der orbitofrontale Kortex auch bei der

intentionalen Verletzung durch eine andere Person Mehraktivierungen gegenüber der Bedingung zeigten, in der der Schmerz durch eine andere Person beendet wurde, also ebenfalls eine Interaktion stattfand, wies die TPJ in beiden schmerzvollen Bedingungen, in denen eine Interaktion stattfand, eine Mehraktivierung gegenüber den anderen beiden Bedingungen (*Pain Caused By Self* und *No Pain*) auf. Die Aktivierungen im ACC und orbitofrontalen Kortex waren somit nicht mit der bloßen Wahrnehmung von Schmerz oder der Verarbeitung einer sozialen Interaktion, sondern spezifisch mit der Prozessierung der intentionalen Verletzung einer Person durch eine andere assoziiert, während die TPJ nach Ansicht der Autoren auch bei prosozialem Verhalten in schmerzvollen Situationen eine Rolle spielen könnte. Diese Ergebnisse stehen in Einklang mit den Befunden der unter 1.3.1.2 dargestellten Studien (Berthoz et al., 2002; Finger et al., 2006; Schaich et al., 2006), welche die intentionale Übertretung von moralischen (oder sozialen) Normen an Erwachsenen untersuchten und dabei ebenfalls u. a. Aktivierungen im mPFC (zum Teil einschließlich des ACC) und dem lateralen orbitalen / ventralen Frontalkortex fanden. Auch die TPJ wurde bei Erwachsenen konsistent bei der Zuschreibung von Emotionen bei der Überschreitung moralischer (und sozialer) Standards bzw. bei der Verarbeitung solcher Szenarien aktiviert, allerdings auch hier nicht spezifisch für Situationen, in denen eine Person intentional verletzt wurde.

Zusammenfassend lässt sich aus den bildgebenden Studien, die bisher zur ToM oder Vorläuferfunktionen der ToM an Kindern bzw. Jugendlichen durchgeführt wurden schließen, dass von Erwachsenen und Heranwachsenden grundsätzlich ähnliche neuronale Netzwerke bei der Verarbeitung von High- und Low-Level-ToM-Prozessen rekrutiert werden, insbesondere auch bei der Verarbeitung von Emotionen. Die Befunde legen jedoch auch nahe, dass die einzelnen Komponenten eines möglichen Mentalisierungsnetzwerkes von Kindern / Jugendlichen und Erwachsenen eine unterschiedliche Gewichtung erfahren und sich die neuronalen Strategien über die Kindheit und Adoleszenz bis zum Erwachsenenalter weiterentwickeln. V. a. in anterioren Regionen zeigen sich mit zunehmendem Alter weniger diffuse und hinsichtlich ihrer Amplitude weniger starke Aktivierungen, während posteriore Regionen je nach untersuchtem Prozess und Altersbereich mit zunehmendem Alter stärkere oder auch weniger starke Aktivierungen aufweisen. Zusammen mit der mit dem Alter abnehmenden funktionellen Konnektivität zwischen den Komponenten des ToM-Netzwerkes weisen diese Befunde darauf hin, dass sich die einzelnen Areale mit zunehmendem Alter spezialisieren, der Frontalkortex und andere Regionen regulatorisch weniger stark miteinander verbunden sind und stattdessen die Zuschreibung von mentalen Zuständen impliziter und automatischer verarbeitet wird.

1.4 Zusammenfassung und Untersuchungshypothesen

Hinsichtlich der entwicklungspsychologischen Befunde zur Entwicklung der Konzepte der Wunsch- / Intensionsattribution und Emotionsattribution bzw. zum Verständnis des kausalen Zusammenhangs zwischen Wünschen und Emotionen lässt sich zusammenfassend festhalten, dass Kinder ab einem Alter von ca. dreieinhalb Jahren ein subjektives und im Alter von vier bis fünf Jahren, spätestens jedoch ab dem Schulalter, ein repräsentationales Verständnis von Wünschen / Intentionen besitzen (vgl. Abschnitt 1.1.3.3). Mit ca. drei bis vier Jahren verfügen Kinder über ein beginnendes subjektives Verständnis von Emotionen, welches sich im Grundschulalter noch weiter ausdifferenziert. Im Alter von fünf bis sechs Jahren kann dann ein repräsentationales Verständnis von Emotionen beobachtet werden (vgl. Abschnitt 1.1.4.3). Bereits im Vorschulalter besitzen Kinder außerdem weitgehend generalisierte Konzepte von Basisemotionen und den diese Emotionen auslösenden Faktoren. So verstehen schon dreijährige Kinder die emotionalen Konsequenzen der Erfüllung bzw. Nicht-Erfüllung eines neutralen Wunsches und schreiben im ersten Fall positive, im zweiten negative Emotionen zu. Ab einem Alter von ca. sechs Jahren sind Kinder dann in der Lage, Protagonisten oder sich selbst in prototypischen Situationen komplexe Emotionen zuzuschreiben, wobei sich erst mit sieben bis acht Jahren ein mit Erwachsenen vergleichbares, elaboriertes Verständnis dieser komplexen Emotionen feststellen lässt (vgl. Abschnitt 1.1.4.4). In einem ähnlichen Altersspektrum entwickelt sich auch im Allgemeinen das Verständnis, dass eine Person in bestimmten Situationen simultan positive und negative, also gemischte Emotionen erleben kann (vgl. Abschnitt 1.1.4.5), als auch im Speziellen das Verständnis, dass eine Person, deren persönlicher, jedoch einen moralischen Standard verletzender Wunsch erfüllt wird, gemischte Emotionen empfinden kann (vgl. Abschnitt 1.1.4.6). Bereits im späteren Grundschulalter verfügen Kinder also bezüglich der genannten Aspekte über ein mit erwachsenen Personen vergleichbares Verständnis.

Im Rahmen bildgebender Studien wurden auch die neuronalen Korrelate unterschiedlicher Komponenten und Vorläuferfunktionen der ToM untersucht. Es wurden bereits einige Studien mit funktioneller Bildgebung an erwachsenen Personen zur Verarbeitung und Zuschreibung von Wünschen / Intentionen bzw. Emotionen durchgeführt. Des Weiteren existiert auch eine Untersuchung zu dem aus der Entwicklungspsychologie stammenden Konzept der wunschbasierten Emotionsattribution, des kausalen Zusammenhangs zwischen Wünschen und Emotionen (Abraham et al., 2010). Allerdings beschäftigte sich diese Studie mehr mit der Prozessierung des Wunsches und des Outcomes und weniger mit dem Prozess der Zuschreibung der Emotionen. Zudem wurde in dieser Studie nur die Erfüllung und Nicht-Erfüllung neutraler Wünsche,

nicht jedoch das komplexere Konzept der Erfüllung und Nicht-Erfüllung unmoralischer Wünsche untersucht. Zwar existieren auch Studien, die sich mit der Zuschreibung von Emotionen in moralisch relevanten Szenarien beschäftigten, jedoch wurden in diesen Studien häufig keine (explizit) intentionalen Überschreitungen moralischer Standards präsentiert (z. B. Burnett et al., 2009; Kédia et al., 2008), bzw. deren Verarbeitung nicht mit der Prozessierung von intentionalen „neutralen“, moralisch nicht bedeutsamen Handlungen verglichen (z. B. Finger et al., 2006).

Während zur Zuschreibung von mentalen Zuständen, wenn auch nicht zur wunschbasierten Emotionsattribution, bei erwachsenen Probanden bereits sehr viele Untersuchungen durchgeführt wurden, existieren bisher nur sehr wenige Studien, die sich mit den neuronalen Korrelaten der ToM bei Kindern und Jugendlichen bzw. bei Kindern und Jugendlichen im Vergleich zu Erwachsenen beschäftigten. Insbesondere zur Zuschreibung von Wünschen / Intentionen und Emotionen auf der Basis kontextueller Cues existieren nach Wissen der Autorin bisher nur zwei Studien (Blakemore et al., 2007; Burnett et al., 2009), zur wunschbasierten Emotionsattribution wurde noch keine Untersuchung durchgeführt. Die wenigen existierenden Untersuchungen weisen interessanterweise darauf hin, dass Erwachsene und Kinder bzw. Jugendliche zwar ähnliche Netzwerke bei der Bearbeitung von ToM-Aufgaben aktivieren, aber auch, dass sich bei gleicher Performanz alters- bzw. entwicklungsabhängige Unterschiede in der Rekrutierung bestimmter Gehirnregionen ergeben. Diese funktionellen Unterschiede werden nicht zuletzt mit entwicklungsbedingten neuronalen anatomischen Umstrukturierungsprozessen, die sich nach neueren Befunden über die Adoleszenz hinaus erstrecken und insbesondere mit Beginn der Pubertät stark ausgeprägt sind, in Verbindung gebracht.

Das Ziel der vorliegenden Untersuchung bestand daher darin, erstmals die neuronalen Korrelate der Zuschreibung von Emotionen nach erfüllten und unerfüllten neutralen als auch erfüllten und unerfüllten unmoralischen Wünschen bei erwachsenen Probanden (Studie I) als auch bei Kindern (Studie II) zu untersuchen. Dabei sollte zum einen der Frage nachgegangen werden, ob sich bei diesem speziellen Prozess der wunschbasierten Emotionsattribution bei Erwachsenen und Kindern ähnliche Aktivierungen ergeben wie in vorherigen Studien, die ebenfalls die Zuschreibung von Emotionen erhoben. Zum anderen sollte untersucht werden, ob sich das einfachere Konzept der Zuschreibung von Emotionen bei der Erfüllung bzw. Nicht-Erfüllung neutraler Wünsche von dem komplexeren Konzept der Zuschreibung von Emotionen bei der Erfüllung bzw. Nicht-Erfüllung von unmoralischen Wünschen, bei welchem zusätzlich die Verletzung eines moralischen Standards und im Falle unmoralischer erfüllter Wünsche der Konflikt zwischen subjektiver Wunscherfüllung und Verletzung eines moralischen

Standards verarbeitet werden muss, auch auf neuronaler Ebene bei erwachsenen Personen und bei Kindern unterscheidet. Ein weiteres, jedoch untergeordnetes Ziel der vorliegenden Untersuchung bestand darin, zu untersuchen, ob sich die neuronalen Korrelate bei der Zuschreibung von Emotionen nicht nur in Abhängigkeit von der Valenz des Wunsches (neutral versus unmoralisch), sondern auch in Abhängigkeit von der Erfüllung bzw. Nicht-Erfüllung des Wunsches bei Erwachsenen und bei Kindern unterscheiden. Im dritten Teil der vorliegenden Untersuchung (Studie III) wurde des Weiteren der Frage nachgegangen, inwiefern sich ähnliche oder unterschiedliche Aktivierungen neuronaler Netzwerke bei erwachsenen Probanden im Vergleich mit Kindern ergeben, die sich in einem Alter befinden, in dem sie einerseits über ein mit erwachsenen Personen vergleichbares Verständnis wunschbasierter Emotionen verfügen, in dem sich andererseits jedoch entwicklungsbedingt enorme Umstrukturierungsprozesse in mit dem Prozess der wunschbasierten Emotionsattribution assoziierten Gehirnregionen vollziehen.

Um die neuronalen Korrelate der wunschbasierten Emotionsattribution bei Erwachsenen und Kindern zu untersuchen, wurden 18- bis 20-jährigen Erwachsenen und zehn- bis zwölfjährigen Kindern in einer fMRT-Untersuchung Bildergeschichten mit Untertexten präsentiert, die an das von Yuill und Kollegen (1996) entwickelte Paradigma zur wunschbasierten Emotionsattribution angelehnt waren. In einigen dieser Geschichten hatte der Protagonist den neutralen Wunsch, einen Gegenstand zu einem bestimmten Kind zu spielen und tat dies entweder wie gewollt, oder er spielte den Gegenstand stattdessen ungewollt zu einem anderen Kind. In den anderen Geschichten hatte der Protagonist den unmoralischen Wunsch, ein bestimmtes Kind mit dem Gegenstand zu verletzen und tat dies entweder wie gewollt, oder verletzte stattdessen ein anderes Kind. Im Anschluss an diese kurzen Sequenzen sollten die Probanden über die Emotionen des Protagonisten reflektieren, was den für die vorliegende fMRT-Untersuchung entscheidenden Prozess darstellte, bevor sie sich per Tastendruck für eine von zwei Antwortalternativen (positive Emotion versus negative Emotion) entscheiden sollten. Zusätzlich wurden in einem Emotionsrating nach der fMRT-Messung durch die Vorgabe von acht für die präsentierten Situationen relevanten Emotionen differenziertere, situationsspezifische Emotionsattributionmuster erhoben.

Entsprechend der oben aufgeführten Befunde lassen sich für die vorliegende Untersuchung folgende Annahmen treffen:

Hinsichtlich der Zuschreibung von Emotionen während der fMRT-Messung, bei der die Entscheidungen der Probanden für „positiv“ versus „negativ“ über einen Tastendruck aufgezeichnet werden, wird bei beiden Gruppen die Zuschreibung von positiven Emotionen bei neutralen erfüllten Wünschen erwartet, bei neutralen unerfüllten und

unmoralischen unerfüllten Wünschen hingegen die Zuschreibung von negativen Emotionen (vgl. Yuill et al., 1996). Da sich in Untersuchungen zum Happy-Victimizer-Phänomen zeigte, dass auch ältere Kinder, Jugendliche und sogar Erwachsene einem Protagonisten, dessen unmoralischer Wunsch erfüllt wurde, in ihrer ersten Antwort bzw. wenn nur eine Frage nach den Emotionen des Protagonisten gestellt wurde, häufig positive Emotionen zuschrieben, (vgl. z. B. Murgatroyd & Robinson, 1997), wird auch in der vorliegenden Untersuchung sowohl für die Erwachsenen als auch für die Kinder eine mehrheitliche Zuschreibung von positiven Emotionen bei unmoralischen erfüllten Wünschen erwartet.

Für das nach der fMRT-Messung zusätzlich durchgeführte Emotionsrating wird ebenfalls für beide Gruppen angenommen, dass bei der Erfüllung neutraler Wünsche Emotionen positiver Valenz, bei der Nicht-Erfüllung neutraler und unmoralischer Wünsche hingegen Emotionen negativer Valenz hinsichtlich ihrer Intensität hoch eingeschätzt werden. Bei der Erfüllung unmoralischer Wünsche wird äquivalent zu Studien, in denen den Probanden Fragen nach alternativen Emotionen gestellt wurden, die Attribution gemischter Emotionen sowohl bei den Erwachsenen als auch bei den Kindern dahingehend erwartet, dass sowohl positive als auch negative Emotionen angegeben werden. Zwar wurde ein solches Rating, in welchem den Probanden verschiedene Emotionen vorgegeben werden, deren Intensität sie beurteilen sollen, nach Wissen der Autorin bisher in der Literatur nicht verwendet, jedoch verfügen Kinder in diesem Alter über ein mit erwachsenen Personen vergleichbares Verständnis der präsentierten Emotionen (vgl. z. B. Graham, 1988) und sind in der Lage, Intensitätseinschätzungen vorzunehmen (vgl. z. B. Yuill et al., 1996). Insgesamt werden daher auf der Verhaltensebene keine Unterschiede zwischen den erwachsenen Probanden und den Kindern erwartet.

Aufgrund der ebenfalls oben aufgeführten Befunde der funktionellen Bildgebung bei erwachsenen Probanden (vgl. Abschnitt 1.3.1) und Kindern (vgl. Abschnitt 1.3.2) werden hinsichtlich der neuronalen Daten sowohl bei den Erwachsenen als auch bei den Kindern bei der Zuschreibung von Emotionen auf der Basis von neutralen und unmoralischen erfüllten und unerfüllten Wünschen im Vergleich zu einer Kontrollbedingung, in der keine mentalen Zustände zugeschrieben werden müssen, Aktivierungen im mPFC / ACC, im ventrolateralen Frontalkortex, im Temporalpol sowie in posterioren Bereichen des Temporalkortex im Übergang zur TPJ und im Präcuneus / posterioren Cingulum erwartet. Diese Areale wurden sowohl in Untersuchungen zur Zuschreibung von Emotionen in moralisch nicht relevanten und moralisch bedeutsamen Kontexten bzw. bei der Prozessierung solcher Szenarien bei Erwachsenen als auch in den wenigen Studien, in denen die Verarbeitung von Emotionen oder damit ver-

wandten Prozessen bei Kindern untersucht wurden, gefunden (vgl. Abschnitte 1.3.1.2, 1.3.1.3 und 1.3.2.3). Auch in Untersuchungen zu anderen Komponenten bzw. Vorläuferfunktionen der ToM zeigten sich bei Erwachsenen und Kindern häufig ähnliche neuronale Netzwerke, was die Hypothese der Rekrutierung grundlegend ähnlicher Areale bei beiden Gruppen stützt (vgl. Abschnitt 1.3.2.1 und 1.3.2.2). Annahmen hinsichtlich möglicher Aktivierungsunterschiede zwischen den einzelnen Emotionsattributionbedingungen oder möglicherweise für die einzelnen Bedingungen spezifischen Aktivierungen bei Erwachsenen und Kindern können aus den bisherigen Untersuchungen nur teilweise und dabei hauptsächlich aus Studien, die mit erwachsenen Personen durchgeführt wurden, abgeleitet werden. Entsprechend der Studien, die die Zuschreibung von Emotionen in moralisch relevanten Situationen (vgl. Abschnitt 1.3.1.2) bzw. die Verarbeitung moralisch bedeutsamer Szenarien untersuchten (vgl. Abschnitt 1.3.1.3) und mit der Zuschreibung von Emotionen in nicht moralisch relevanten Kontexten bzw. der Verarbeitung emotionaler, aber moralisch nicht relevanten Situationen verglichen, wird erwartet, dass die mit der Zuschreibung von Emotionen assoziierten genannten Areale in den Bedingungen, in denen ein unmoralischer Wunsch und die Verletzung einer Person integriert werden müssen, Mehraktivierungen gegenüber den Bedingungen aufweisen, in denen lediglich ein neutraler Wunsch und ein neutraler Outcome verarbeitet werden müssen. In diesen Arealen zeigten sich in den verschiedensten Studien Mehraktivierungen, wenn in moralisch relevanten Situationen versus nicht moralisch relevanten Situationen Emotionen zugeschrieben werden sollten (vgl. Burnett et al., 2009) bzw. moralisch relevante Stimuli versus emotional, aber nicht moralisch relevante Stimuli prozessiert werden sollten (vgl. z. B. Moll et al., 2002a, b). Dabei könnte insbesondere dem mPFC / ACC eine bedeutende Rolle zukommen. In dieser Region zeigten sich sowohl Mehraktivierungen bei der Emotionsattribution bei der Überschreitung moralischer Standards gegenüber der Übertretung sozialer Normen (Finger et al., 2006), als auch bei der Emotionsattribution in bzw. der Verarbeitung von intentionalen Übertretungen im Vergleich zu nicht intentionalen Überschreitungen moralischer (und sozialer) Standards (Berthoz et al., 2002; Finger et al., 2006; Schaich et al., 2006). Auch bei der Beobachtung eines durch eine andere Person intentional verursachten Schmerzes konnte in diesem Bereich bei sieben bis zwölf Jahre alten Kindern eine Mehraktivierung gegenüber anderen Bedingungen festgestellt werden (Decety et al., 2008). Des Weiteren könnte es bei den Erwachsenen und Kindern in den Bedingungen, in denen ein Mismatch zwischen Wunsch und Outcome auftritt, zu einer Mehraktivierung in der TPJ und dem posterioren Cingulum / Präguncus gegenüber den Bedingungen, in denen kein solcher Mismatch auftritt, kommen. Diese beiden Areale wurden auch in der Studie von Saxe und Wexler (2005) bei einem Mismatch

zwischen Hintergrundinformation und Wunsch (vgl. Abschnitt 1.3.1.1) und in der Studie von Young et al. (2007) bei einem Mismatch zwischen Glauben und dadurch erwartetem Outcome (vgl. Abschnitt 1.3.1.3) mehr aktiviert als in den Match-Bedingungen.

Da sich jedoch, wie in Kapitel 1.2 aufgeführt, aus Untersuchungen zur strukturellen Gehirnentwicklung auch Hinweise darauf ergeben, dass sich die Anatomie des menschlichen Gehirns weit über die Kindheit hinaus weiterentwickelt und v. a. die graue Substanz des frontalen und parietalen Kortex insbesondere mit Beginn der Pubertät enormen Umstrukturierungsprozessen unterworfen ist, werden nicht nur Gemeinsamkeiten in den Aktivierungen der beiden Gruppen, sondern auch einige Unterschiede erwartet. Die unter 1.2 aufgeführten Studien lassen vermuten, dass sich diese unterschiedliche Neuroanatomie bei Kindern und Erwachsenen auf funktioneller Ebene dahingehend zeigen könnte, dass Erwachsene aufgrund eines abgeschlossenen bzw. weiter fortgeschrittenen Prunings und einer stärkeren Myelinisierung fokale, da effektivere, spezialisierte Netzwerke rekrutieren, während Kinder bei gleich guter Bearbeitung derselben Aufgabe diffusere neuronale Netze aktivieren und möglicherweise auch auf zusätzliche Areale zurückgreifen müssen, um die noch fehlende Spezifizierung zu kompensieren. Dementsprechend werden in der vorliegenden Untersuchung bei den Kindern im Alter zwischen zehn und zwölf Jahren, einem Altersbereich, in dem das Volumen grauer Substanz im Frontal- und Parietalkortex ein Maximum erreicht (vgl. Giedd et al., 1999), im Vergleich zu den jungen Erwachsenen, deren Kortex sich in einer fortgeschrittenen Pruningphase befindet, diffusere Aktivierungen und die Rekrutierung eines größeren Netzwerkes erwartet. Auch aufgrund der Befunde der wenigen bisher existierenden bildgebenden Studien, in denen die Aktivierungen erwachsener Probanden mit denen von Kindern und / oder Jugendlichen bei der Bearbeitung von ToM-Aufgaben bzw. dahingehenden Vorläuferfunktionen statistisch verglichen wurden, sind Unterschiede in den neuronalen Netzwerken bei den beiden Gruppen zu erwarten (vgl. Kapitel 1.3.2). Da sich in den meisten dieser Studien und insbesondere auch bei Studien zu emotionalen Prozessen bei Kindern und Jugendlichen Mehraktivierungen in frontalen, insbesondere medial präfrontalen Arealen (zum Teil auch im ACC) gegenüber den erwachsenen Probanden ergaben, werden in der vorliegenden Untersuchung Mehraktivierungen im mPFC / ACC bei den Kindern gegenüber den Erwachsenen bei der Zuschreibung von Emotionen angenommen. Des Weiteren ist im Einklang mit den Implikationen der strukturellen Befunde aufgrund der Ergebnisse mehrerer funktioneller Studien zu erwarten, dass sich insbesondere bei der für die vorliegende Untersuchung gewählten Kinderstichprobe im Vergleich zu den Erwachsenen zusätzliche Aktivierungen in medialen präfrontalen

Arealen ergeben, möglicherweise v. a. in anterior bzw. ventral gelegenen Bereichen (vgl. z. B. Blakemore et al., 2007; Burnett et al., 2009; Moriguchi et al., 2007). Als weniger konsistent erwiesen sich die bisherigen Befunde zu Unterschieden in den Aktivierungen posteriorer Areale zwischen Erwachsenen und Kindern. Während sich in manchen Studien Mehraktivierungen dieser Bereiche bei Kindern ergaben (Kobayashi et al., 2007; Wang et al., 2006a), zeigten sich in anderen wiederum Mehraktivierungen bei erwachsenen Probanden (Blakemore et al., 2007; Burnett et al., 2009). Obwohl sich in der nach Wissen der Autorin bis dato einzigen fMRT-Studie, in der die Zuschreibung von Emotionen bei Kindern / Jugendlichen und Erwachsenen statistisch verglichen wurde, Mehraktivierungen posteriorer Areale bei den Erwachsenen ergaben, wird für die vorliegende Untersuchung erwartet, dass sich wie in den Studien von Kobayashi und Kollegen (2007) und Wang und Kollegen (2006a) zu anderen Komponenten der ToM Mehraktivierungen in der Kinderstichprobe ergeben. In diesen beiden Studien wurden Kinder und Jugendliche ähnlich wie in der vorliegenden Untersuchung in einem engeren Altersrange untersucht (acht bis zwölf Jahre bzw. neun bis 14 Jahre), während in der Studie von Burnett und Kollegen (2009) zehn- bis 18-jährige Probanden eingeschlossen waren. In der vorliegenden Untersuchung befanden sich 18-jährige Probanden hingegen in der Erwachsenenstichprobe. Auch die dargestellten strukturellen Befunde geben Anlass zu der Vermutung, dass bei den Kindern im Vergleich zu den Erwachsenen aufgrund der noch weniger vorhandenen Spezifizierung und Effizienz der neuronalen Strukturen Mehraktivierungen in posterioren Arealen beim Prozess der Zuschreibung von Emotionen auf der Basis neutraler und unmoralischer erfüllter und unerfüllter Wünsche zu erwarten sind. Für die erwachsenen Probanden werden daher in diesen Arealen keine Mehraktivierungen gegenüber der Kinderstichprobe erwartet.

2 METHODEN STUDIE I – WUNSCHBASIERTE EMOTIONSATTRIBUTION BEI ERWACHSENEN

2.1 Stichprobe

An dieser Studie nahmen insgesamt 20 Probanden im Alter von 18 bis 20 Jahren teil. Von diesen konnten fünf nicht in die Auswertung einbezogen werden, da sie entweder die Messung gleich zu Beginn aufgrund von Platzangst oder Problemen mit der Lautstärke des Scanners abbrachen oder sich während der Untersuchung zu stark bewegten. Die in die Auswertung eingeschlossenen neun weiblichen und sechs männlichen erwachsenen Probanden waren zum Zeitpunkt der Erhebung im Mittel (M) 19.40 Jahre alt (Standardabweichung (SD) = 0.83 Jahre) und wiesen eine mittlere Ausbildungszeit (Schulzeit und Ausbildungszeit bzw. Studium) von 13.00 Jahren auf ($SD = 0.54$). Der mittels CFT 20 (Weiß, 1998), einem sprachfreien Intelligenzverfahren zum formallogischen Denken ermittelte Intelligenzquotient der Probanden lag zwischen 99 und 138 IQ-Punkten mit einem Mittelwert von 119.07 IQ-Punkten ($SD = 10.00$). Der mittlere Summen-Score im Beck-Depressions-Inventar (BDI; Beck & Steer, 1987) betrug 2.47 Punkte ($SD = 2.70$). Das Maximum lag bei neun Punkten, so dass keine der Vpn den Cut-Off-Wert von elf Punkten, der einen Hinweis auf eine Depression darstellt, überschritt.

Einschlusskriterien für die Studie waren ein Altersbereich von 18 bis 20 Jahren, eine gymnasiale Schulbildung und Rechtshändigkeit. Bei allen Probanden wurden vorab telefonisch Ausschlusskriterien für die Teilnahme am Experiment abgeklärt (Vorliegen des Aufmerksamkeitsdefizit-Hyperaktivitäts-Syndroms (ADHS), Vorliegen einer Erkrankung aus dem autistischen Spektrum, Vorliegen einer Schwangerschaft, metallische Implantate oder andere nicht zu entfernende metallische Gegenstände v. a. im Kopfbereich der Probanden und eine nicht durch Kontaktlinsen korrigierte Sehschwäche über 6.0 Dioptrien). Direkt vor der Messung wurden alle weiteren relevanten Kontraindikationen, wie z. B. Operationen an Herz oder Kopf oder das Vorliegen einer Depression ausgeschlossen. Alle Personen unterzeichneten die Einverständniserklärung gemäß den Richtlinien der Ethikkommission (s. Anhang A 1). Den Probanden wurde bezüglich ihrer Angaben die Einhaltung der gesetzlichen Datenschutzbestimmungen versichert. Die Vpn nahmen freiwillig an der Studie teil. Sie erhielten als Entlohnung jeweils eine CD-Rom mit Aufnahmen ihres Gehirns und Versuchspersonengeld in Höhe von 20 Euro. Den Psychologiestudenten unter ihnen wurden für die Teilnahme anstatt des Versuchspersonengeldes Versuchspersonen- bzw. Forschungsstunden, die die Studenten an der Universität Regensburg für die Zulassung zum Vor- bzw. Hauptdiplom benötigen, eingetragen.

2.2 Stimuli

Den Probanden wurden Bildergeschichten mit verbalen Vignetten präsentiert, die inhaltlich an Paradigmen der Entwicklungspsychologie zur Untersuchung des Wunsch- und Emotionsverständnisses bei Kindern und insbesondere des Happy-Victimizer-Phänomens (z. B. Yuill et al., 1996) angelehnt waren. Bei diesen Paradigmen sollen die Probanden wie eingangs bereits beschrieben dem Protagonisten einer Geschichte, dessen neutraler bzw. unmoralischer Wunsch erfüllt oder nicht erfüllt wird, Emotionen zuschreiben. In der vorliegenden Studie wurden vier Experimentalbedingungen realisiert: *neutral erfüllt*, *neutral unerfüllt*, *unmoralisch erfüllt* und *unmoralisch unerfüllt*.

Für die Untersuchung im Scanner bestand jede Bildergeschichte aus vier Bildern: das erste Bild zeigte jeweils drei spielende Kinder: einen Protagonisten mit einem Gegenstand (z. B. einem Ball) und zwei Rezipienten. Der Wunsch des Protagonisten wurde in Textform dargestellt (für einen neutralen Wunsch z. B.: „Max will den Ball zu Lena werfen“; für einen unmoralischen Wunsch z. B.: „Anna will Tim mit dem Fußball verletzen“). Im zweiten Bild wurde der Outcome dargestellt. In den Bedingungen *neutral erfüllt* und *unmoralisch erfüllt* entsprach der Wunsch des Protagonisten dem Outcome, d. h., der Gegenstand wurde erfolgreich zur Zielperson gespielt bzw. diese wie beabsichtigt durch den Gegenstand verletzt. Der entsprechende Text dazu lautete dann bei einem neutralen Wunsch z. B.: „Max wirft den Ball zu Lena“ und bei einem unmoralischen Wunsch z. B.: „Anna verletzt Tim mit dem Fußball“. In den beiden Bedingungen *neutral unerfüllt* und *unmoralisch unerfüllt* stimmten Wunsch und Handlungsausgang hingegen nicht überein. Hier wurde der Gegenstand entgegen dem Wunsch zu der anderen Person auf dem Bild gespielt bzw. diese anstatt der Zielperson durch den Gegenstand verletzt. Ausgehend von oben dargestelltem Wunsch lautete der Text dieser Bilder z. B.: „Max wirft den Ball zu Marie“ bei einem neutralen Wunsch und „Anna verletzt Lena mit dem Fußball“ im Falle eines unmoralischen Wunsches. Im dritten Bild wurde der Protagonist dargestellt. Im Text wurde gefragt, wie dieser sich fühlt (z. B. „Wie fühlt sich Max?“). Bei diesem Bild sollten sich die Probanden in den Protagonisten hineinversetzen und diesem Emotionen zuschreiben. Alle Personen in den Bildergeschichten wurden ohne Gesichtsausdrücke dargestellt, so dass die Probanden eine Emotionsattribution allein auf der Basis des Wunsches und des Handlungsausgangs vornehmen mussten. Das vierte Bild zeigte in allen vier Bedingungen zwei nebeneinander stehende Cliparts eines traurig und eines fröhlich blickenden Gesichtes und stellte das Reaktionsbild dar, bei dem sich die Vpn per Tastendruck entsprechend der Position des fröhlich bzw. traurig blickenden Gesichtes entscheiden sollten, ob sich der dargestellte Protagonist „eher gut“ oder „eher schlecht“ fühlt. Bei einer Entscheidung für die links dargebotene Alternative sollte mit dem Zeigefinger der

rechten Hand gedrückt werden, bei der Wahl der rechts dargebotenen mit dem Mittelfinger der rechten Hand. Dieses vierte Bild diente außerdem dazu, die motorische Antwort vom Prozess der Emotionsattribution im dritten Bild zu trennen.

Die Bildergeschichten variierten hinsichtlich der dargestellten Spielzeuge (Ente, Flugzeug, Ball, Fußball und Auto), der Protagonisten, Zielpersonen und Rezipienten und deren Geschlecht und jeweiligen Positionen, und wurden dahingehend innerhalb der Bedingungen und über die Bedingungen randomisiert und ausbalanciert, ebenso die Position der fröhlich und traurig blickenden stilisierten Gesichter im vierten Bild. Exemplarische Darstellungen der für die beschriebenen vier Experimentalbedingungen präsentierten Bildergeschichten mit Text finden sich in den Abbildungen 2.1 und 2.2.

Um den Vorgang der Emotionsattribution von anderen Prozessen, wie z. B. der Verarbeitung der dargebotenen visuellen Stimuli auf neuronaler Ebene differenzieren zu können, wurde für die fMRT-Untersuchung zusätzlich zu den vier Experimentalbedingungen eine Kontrollbedingung (*Realität*) realisiert, welche eine vergleichbare optische Komplexität aufwies, jedoch keine Zuschreibung eines mentalen Zustandes von den Probanden erforderte. Das nonverbale Stimulusmaterial der ersten drei Bilder war analog zu dem der Bedingungen mit neutralem Wunsch. In den Texten des ersten und zweiten Bildes wurde jedoch anstelle eines Wunsches mit erfüllttem oder nicht erfüllttem Ausgang lediglich eine Handlung bzw. Situation beschrieben (z. B. für Bild 1: „Die Kinder spielen mit dem Ball“, für Bild 2: „Der Ball ist bei Max“) und im dritten Bild nicht nach der Emotion gefragt, sondern womit das Kind spielt (in diesem Beispiel: „Womit spielt Max?“). Im vierten Bild wurden anstelle der Clipart-Gesichter zwei verschiedene Spielzeuge als Antwortalternativen dargeboten, auf die wieder je nach Entscheidung und Position per Tastendruck mit dem Zeige- bzw. Mittelfinger reagiert werden sollte. Die Zusammensetzung der beiden Alternativen und die Position der richtigen Antwort wurden randomisiert. Abbildung 2.3 zeigt beispielhaft eine Bildergeschichte mit Text der Bedingung *Realität*.

In der fMRT-Untersuchung betrug die Präsentationsdauer der ersten drei Bilder in allen Bedingungen jeweils 3 Sekunden (s) und die des vierten Bildes 1.5 s, wobei alle Reaktionen auf den Antwortstimulus, die innerhalb einer Zeitspanne von 3 s erfolgten, aufgezeichnet wurden. Da in den Experimentalbedingungen während der Darbietung des dritten Bildes die Emotionsattribution vorgenommen werden sollte, stellte dieses Bild in allen Bedingungen das Target für die funktionelle Auswertung dar. Um eine Überlagerung der BOLD-Responses auf die vorhergehenden Stimuli mit der BOLD-Response auf den interessierenden Prozess im dritten Bild zu vermindern, wurde vor dem Targetstimulus jeweils ein Fixationskreuz präsentiert. Die Präsentationsdauer dieses Fixationskreuzes wurde in 0.5 s-Schritten variiert. Sie betrug mindestens 0.5

und maximal 2 s und wurde über alle Trials randomisiert. Außerdem wurden die einzelnen Bildergeschichten durch fixe Intertrial-Intervalle von 2 s in Form eines Fixationskreuzes voneinander abgegrenzt. Alle Bilder wurden den Probanden in schwarz-weiß auf weißem Hintergrund präsentiert. Jeder Versuchsperson (Vp) wurden 20 Trials pro Bedingung, also insgesamt 100 Bildergeschichten randomisiert dargeboten. Die Präsentationsdauer der einzelnen Stimuli wurde einerseits so gewählt, dass ausreichend Zeit für die Verarbeitung der visuellen und semantischen Information der Bildergeschichten mit entsprechendem Text und die Emotionszuschreibung zur Verfügung stand und andererseits die Gesamtdauer des Experimentes – im Hinblick auf die geplante Durchführung der Untersuchung an Kindern – die Aufmerksamkeitsspanne dieser Probandengruppe nicht überstieg.

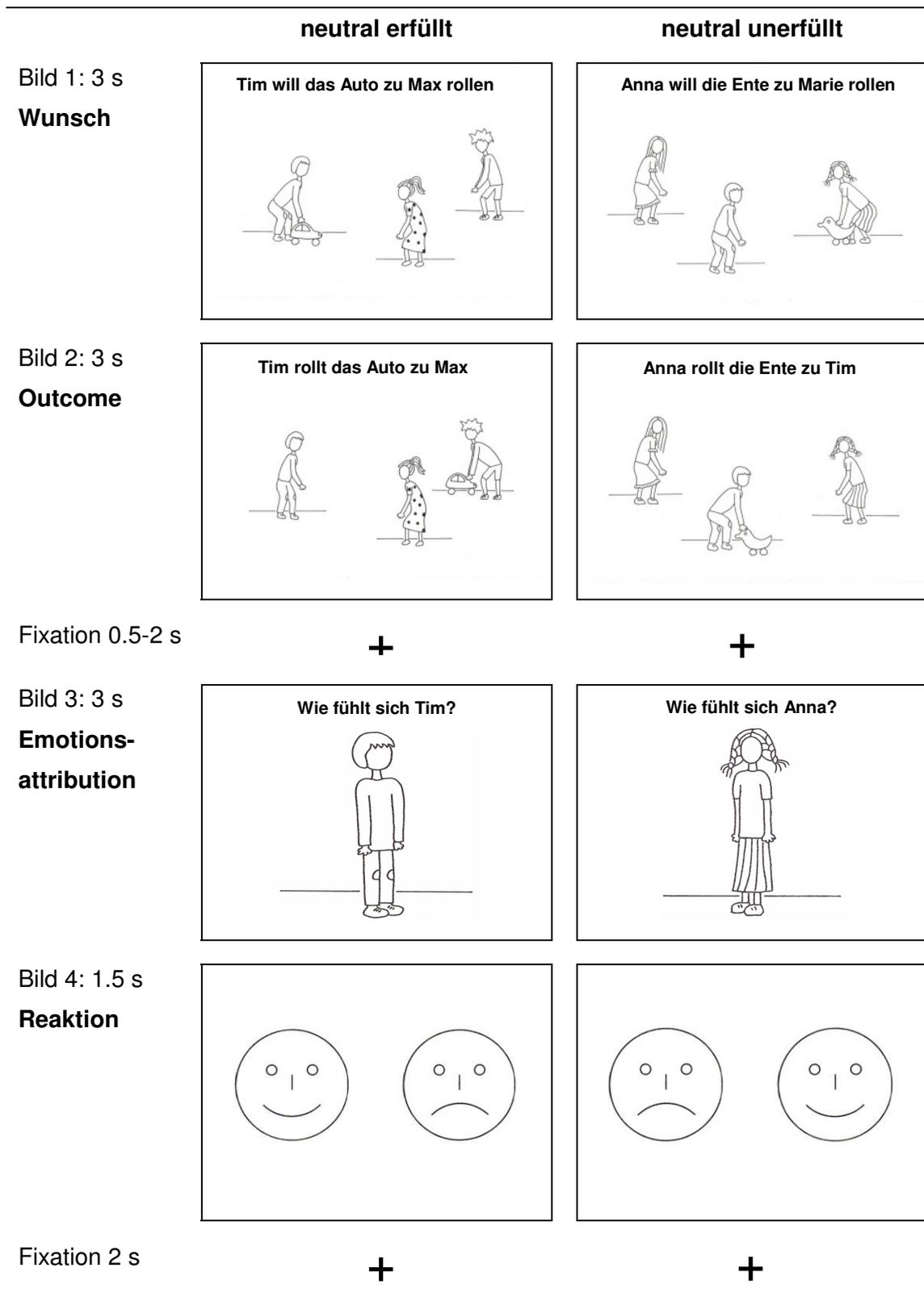


Abbildung 2.1: Beispiele für die im Scanner präsentierten Bildergeschichten für die Bedingungen *neutral erfüllt* (links) und *neutral unerfüllt* (rechts) mit Darbietungszeiten der einzelnen Stimuli.

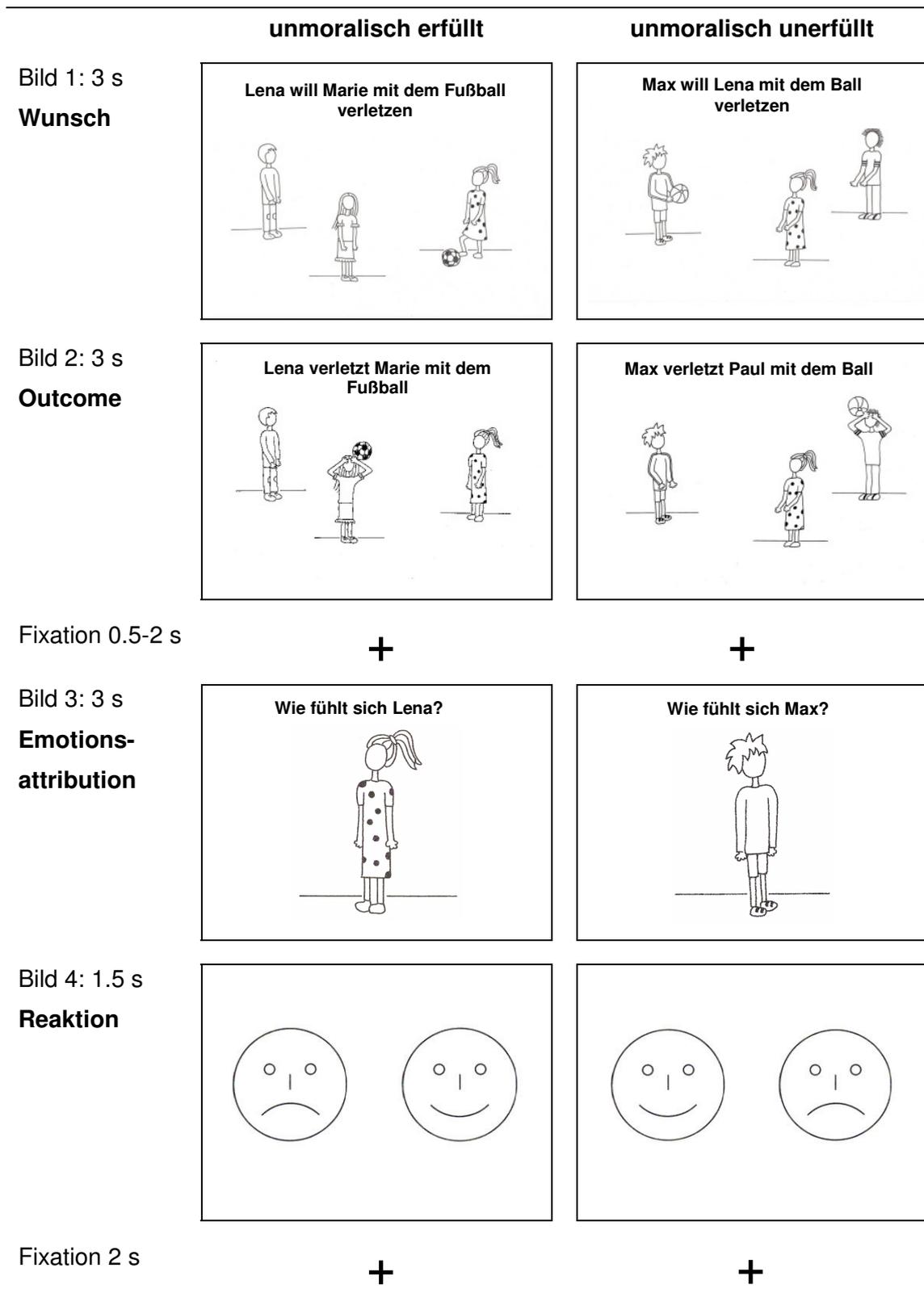


Abbildung 2.2: Beispiele für die im Scanner präsentierten Bildergeschichten für die Bedingungen *unmoralisch erfüllt* (links) und *unmoralisch unerfüllt* (rechts) mit Darbietungszeiten der einzelnen Stimuli.

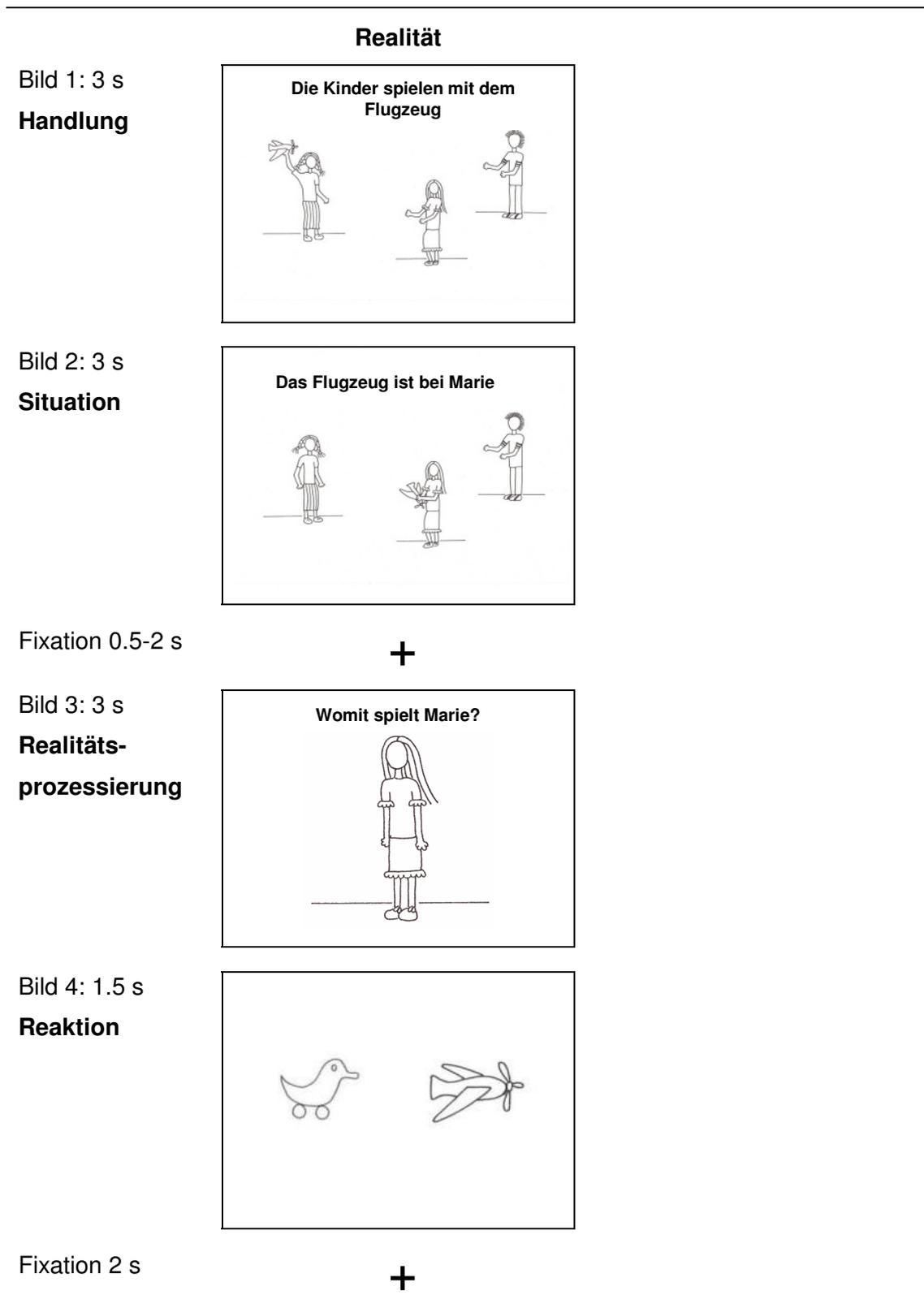


Abbildung 2.3: Beispiel für die im Scanner präsentierten Bildergeschichten für die Bedingung *Realität* mit Darbietungszeiten der einzelnen Stimuli.

Um zusätzlich zu den während des fMRT-Experimentes erhobenen Entscheidungen für eine positive oder negative Emotion differenziertere Emotionsattributionsmuster erfassen zu können, wurden den Probanden in einem anschließenden Verhaltensexperiment einige Bildergeschichten der vier Experimentalbedingungen als Papier-Bleistift-Version in DIN A4 Querformat vorgelegt. Anstelle der im Scanner verwendeten dichotomen Antwortmöglichkeit war eine Ratingskala abgebildet, auf der die Vpn den emotionalen Zustand des Protagonisten hinsichtlich der Intensität der Emotionen Stolz, Traurigkeit, Freude, Verlegenheit, Überraschtheit, Ärger, Zufriedenheit und Schadenfreude auf einer Skala von 1 (*gar nicht*) bis 5 (*sehr stark*) beurteilen sollten (vgl. Abbildung 2.4).

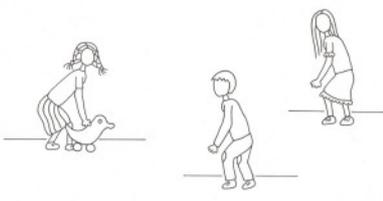
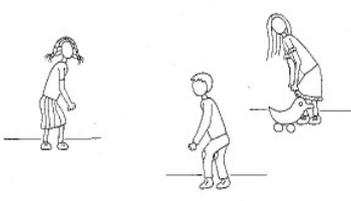
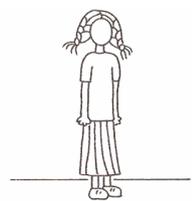
Anna will Marie mit der Ente verletzen	Anna verletzt Marie mit der Ente	Wie fühlt sich Anna?			
					
	<i>gar nicht</i>	<i>sehr stark</i>			
...stolz	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
...traurig	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
...fröhlich	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
...verlegen	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
...überrascht	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
...verärgert	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
...zufrieden	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
...schadenfroh	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

Abbildung 2.4: Beispiel für eine im Verhaltensexperiment verwendete Bildergeschichte der Bedingung *unmoralisch erfüllt* mit der Ratingskala, anhand derer der emotionale Zustand des jeweiligen Protagonisten in den einzelnen Bedingungen beurteilt werden sollte. Die acht aufgelisteten Emotionen sollten hinsichtlich ihrer Intensität auf einer Skala von 1 (*gar nicht*) bis 5 (*sehr stark*) bewertet werden.

Jeder Proband bearbeitete dieselbe Auswahl von zehn Bildergeschichten (jeweils zwei Geschichten für die Bedingungen *neutral unerfüllt* und *unmoralisch erfüllt* und drei Geschichten für die Bedingungen *neutral erfüllt* und *unmoralisch unerfüllt*) in derselben randomisierten Reihenfolge, wobei bei der Auswahl der Geschichten auch darauf

geachtet wurde, diese hinsichtlich der oben beschriebenen Variationen (z. B. Position des Protagonisten) soweit möglich über die Bedingungen auszubalancieren.

2.3 Verwendete Technik und Scannerparameter

Die Stimulussequenz für die fMRT-Messung wurde mit dem Programm *Presentation* (Neurobehavioral Systems Inc., Albany, CA) erstellt. Über einen Rechner und einen Video-Beamer, die sich außerhalb des MRT-Raumes befanden, wurde das Stimulusmaterial auf eine Leinwand projiziert, die sich im Scanner hinter dem Kopf des Probanden befand. Die Leinwand konnte von den Vpn über einen an der Kopfspule befestigten Spiegel eingesehen werden. Der oben genannte Rechner erhielt über eine Triggerbox Pulse des Scannerrechners, wodurch eine zeitliche Koordination der Scans mit der Präsentation der Stimuli erreicht wurde. Die Reaktionen der Probanden auf das vierte Bild mit den dichotomen Antwortalternativen wurden über zwei Tasten einer fMRT-kompatiblen, mit fünf Tasten versehenen Reaktionsbox der Firma *LUMItouch* (Photon Control Inc., Burnaby, Canada) erfasst.

Die fMRT-Untersuchung erfolgte an einem 3-Tesla MR-System (*Siemens Allegra*, Erlangen, Deutschland) am Bezirksklinikum Regensburg. Zur bestmöglichen Positionierung des Kopfes der Probanden wurde ein Circle-Localizer durchgeführt. Für die funktionellen Aufnahmen wurden die BOLD-Signale durch eine T2*-gewichtete Echo-Planar-Imaging-Sequenz (EPI-Sequenz) mit den Parametern 494 Messungen, TR = 2.82 s, TE = 50 Millisekunden (ms), $\alpha = 90^\circ$ bei einer ebenen Matrix von 64 Millimeter (mm) x 64 mm, FoV (Field of View) = 192 mm erfasst. Eine EPI-Sequenz bestand aus 32 axialen Schichten, wobei die jeweilige Schichtstärke 3 mm und die Voxelgröße somit 3 mm x 3 mm x 3 mm betrug. Die ersten vier Messungen jeder EPI-Sequenz wurden automatisch verworfen. Außerdem wurde nach der Erhebung der EPI-Sequenzen eine hoch auflösende strukturelle T1-gewichtete isotrope 3D-Gradienten-Echo-Sequenz (Magnetization Prepared Rapid Gradient Echo; MPRAGE) mit den Parametern 160 axiale Schichten, TR = 2.25 s, TE = 2.6 ms, TI = 900 ms, Voxelgröße = 1 x 1 x 1 mm, Matrix = 256 mm x 256 mm x 256 mm aufgezeichnet. Die Signale wurden über eine systemkonform angepasste 2-Kanal-Kopfspule aufgefangen. Die gesamte Messung mit Localizer, ca. 23-minütiger EPI-Sequenz und ca. 7-minütigem MPRAGE dauerte somit ungefähr 35 Minuten.

2.4 Versuchsablauf

Zu Beginn erhielten die Versuchspersonen ein Informationsblatt (s. Anhang A 2), das die Funktionsweise einer Kernspin-Messung im Allgemeinen und das Vorgehen bei diesem Experiment im Speziellen erläuterte. Mithilfe dieses Informationsblattes wurden außerdem weitere mögliche Kontraindikationen abgefragt. Nachdem sich die Vpn bereit erklärt hatten, an der Untersuchung teilzunehmen und die Einverständniserklärung unterzeichnet hatten, wurden sie aufgefordert, das BDI und ein Stammdatensblatt zur Erhebung demografischer Daten (s. Anhang A 3) auszufüllen. Anschließend wurde den Probanden das Prinzip der Bildergeschichten und ihre Aufgabe im Scanner zunächst anhand eines DIN A4-Ausdrucks, auf dem beispielhaft einige Bildergeschichten mit Untertext dargestellt waren (vgl. Abbildungen 2.1, 2.2 und 2.3), erklärt. Auf dem Ausdruck befanden sich außerdem Erklärungen zu jedem Bild und Instruktionen, anhand derer die Bildergeschichten zusammen mit den Vpn durchgesprochen wurden (s. Anhang A 4). Bei den vier Experimentalbedingungen wurden die Probanden instruiert, sich beim dritten Bild in den Protagonisten der Geschichte hineinzusetzen und darüber nachzudenken, wie dieser sich fühlt. Dabei sollten sie aus der Perspektive des abgebildeten Kindes urteilen. Analog dazu wurden sie in der Realitätsbedingung dazu angehalten, beim dritten Bild nur darüber nachzudenken, womit das Kind spielt. Beim vierten Bild wurde den Vpn erklärt, dass sie immer zwei Antwortmöglichkeiten hätten und sie sich bei Erscheinen dieser so schnell wie möglich für die aus ihrer Sicht richtige bzw. eher passende Antwortalternative entscheiden sollten. Anschließend wurden den Vpn auf einem Laptop zwei aufeinander folgende Trials (Bildergeschichten mit den Fixationskreuzen) gezeigt, wie sie dann vom Ablauf her auch im Experiment zu sehen waren, und erklärt, dass sie beim Erscheinen der Fixationskreuze einfach darauf blicken sollten und dass diese zwischen dem zweiten und dritten Bild unterschiedlich lang präsentiert würden. Danach wurden die Probanden aufgefordert, 20 Übungstrials (vier Geschichten pro Bedingung), die analog zum Scanner-Experiment konzipiert waren, am Laptop durch das Drücken zweier Tasten zu bearbeiten. Bei keinem der Probanden zeigten sich dabei Schwierigkeiten, innerhalb der vorgesehenen Zeit zu reagieren. Anschließend wurde die fMRT-Messung durchgeführt.

Nach Beendigung der Messung erfolgte das Emotionsrating. Dazu wurde den Vpn ein Ratingbogen mit zehn Bildergeschichten zu den vier Experimentalbedingungen ausgehändigt. Sie wurden instruiert, sich wieder in den Protagonisten der Geschichte hineinzusetzen und aus dessen Perspektive nun anzugeben, wie sehr fröhlich, traurig usw. sich dieser in der dargestellten Situation ihrer Meinung nach fühlt. Die Probanden wurden darauf hingewiesen, dass 1 bei dieser Skala *gar nicht*, 2 *etwas*, 3 *mittel*, 4 *stark* und 5 *sehr stark* bedeute. Sie wurden gebeten, für jede Emotion durch

Ankreuzen einen Wert zu vergeben und alle zehn Geschichten auf diese Weise zu bearbeiten. Nachdem die Probanden diese Aufgabe beendet hatten, erfolgte die Durchführung des CFT 20. Den Studienteilnehmern wurde erklärt, dass es sich dabei um einen Test zum formallogischen Denken handelt, der einen Teilbereich der Intelligenz abteste. Die Instruktionen erfolgten gemäß dem Manual.

2.5 Versuchsdesign

Für diese Studie wurde sowohl für die Verhaltensdaten (aufgezeichnete Reaktionen während der fMRT-Untersuchung und Emotionsrating) als auch für die fMRT-Daten ein Messwiederholungsdesign verwendet. Als unabhängige Variablen (UVn) wurden die Faktoren *Wunsch* mit den beiden Ausprägungen *neutral* und *unmoralisch* und *Outcome* mit den Ausprägungen *erfüllt* und *unerfüllt* definiert. Es ergab sich somit ein 2 x 2 - faktorieller Versuchsplan.

Als abhängige Variable (AV) wurde auf Verhaltensebene das Emotionsattributionsmuster erfasst. Für die im Scanner erhobenen Verhaltensdaten bestand die Operationalisierung in der jeweiligen Anzahl der Entscheidungen für die positive bzw. negative Emotion (Tastendruck für das fröhlich bzw. traurig blickende Clipartgesicht) für die vier Experimentalbedingungen (*neutral erfüllt*, *neutral unerfüllt*, *unmoralisch erfüllt*, *unmoralisch unerfüllt*). Außerdem wurde die Anzahl der richtigen und falschen Reaktionen in der Kontrollbedingung (*Realität*) mit erfasst. Beim Rating wurde die AV über die Bewertung der Intensität (von 1 *gar nicht* bis 5 *sehr stark*) der acht Emotionen (Stolz, Freude, Zufriedenheit, Schadenfreude, Traurigkeit, Ärger, Verlegenheit und Überraschtheit) in den einzelnen Experimentalbedingungen abgebildet. Auf neuronaler Ebene wurde die Aktivierung zerebraler Areale als AV erhoben, operationalisiert über die Veränderung des zerebralen Blutflusses (BOLD-Signal) im gesamten Gehirn während des Prozesses der Emotionsattribution (3. Bild) in den verschiedenen Experimentalbedingungen und während der Verarbeitung des entsprechenden Stimulus in der Kontrollbedingung.

2.6 Auswertung

2.6.1 Analyse der Verhaltensdaten

Die während der fMRT-Messung aufgezeichneten Reaktionen wurden folgendermaßen analysiert: Um zu kontrollieren, ob die Probanden die Aufgabe aufmerksam und genau bearbeiteten, wurde für die Kontrollbedingung der durchschnittliche prozentuale Anteil an richtigen und falschen Reaktionen ermittelt. Für jede der vier Experimentalbedin-

gungen wurde die relative Häufigkeit für die Wahl der positiven bzw. negativen Emotion berechnet. Die vernachlässigbare und vergleichbare Anzahl der „Misses“ (kein Tastendruck bzw. Tastendruck erst nach mehr als 3 s ab Beginn der Präsentation des Antwortbildes) pro Versuchsperson und Bedingung ging nicht in die Auswertung ein. Um zu überprüfen, ob die Bearbeitungsgenauigkeit in den beiden Emotionsattributionsbedingungen, in denen die Zuschreibung einer bestimmten Emotion als richtig oder falsch klassifiziert werden kann (bei einem neutralen erfüllten Wunsch war die Wahl der positiven Emotion, bei einem neutralen unerfüllten Wunsch die Wahl der negativen Emotion zu erwarten) untereinander und mit der Trefferrate in der Kontrollbedingung vergleichbar ist, wurden diese Bedingungen mittels *t*-Tests für gepaarte Stichproben auf Mittelwertsunterschiede getestet. Um zu untersuchen, von welchen Faktoren die Valenz der zugeschriebenen Emotionen abhängig ist, gingen die Daten der vier Experimentalbedingungen außerdem in eine zweifaktorielle Varianzanalyse mit den beiden zweifach gestuften Messwiederholungsfaktoren *Wunsch* (*neutral*, *unmoralisch*) und *Outcome* (*erfüllt*, *unerfüllt*) ein. Für weitere statistische Analysen wurden post hoc *t*-Tests für gepaarte Stichproben verwendet.

Beim Emotionsrating wurde für jede Experimentalbedingung für jede der acht Emotionen ein Mittelwert aus den gewählten Ausprägungen 1 bis 5 auf der Ratingskala berechnet. Außerdem wurden für jede der acht Emotionen separat eine zweifaktorielle Varianzanalyse mit den beiden oben genannten Messwiederholungsfaktoren *Wunsch* und *Outcome* und post hoc *t*-Tests für gepaarte Stichproben gerechnet, um zu identifizieren, von welchen Faktoren die Zuschreibung welcher Emotionen beeinflusst wird.

Die für eine Varianzanalyse vorausgesetzte Unabhängigkeit und Varianzhomogenität der Variablen wurden mit dem Mauchly-Sphärizitäts-Test geprüft. Die Freiheitsgrade wurden bei Verletzungen dieser Voraussetzungen mit dem Korrekturfaktor α nach Greenhouse-Geisser korrigiert. Für alle statistischen Auswertungen wurde ein zweiseitiges Signifikanzniveau von $p = .05$ festgelegt. Die statistische Datenanalyse erfolgte mit dem Statistikprogramm *SPSS 16.0* für Windows.

2.6.2 Analyse der fMRT-Daten

Die im MRT gewonnenen Daten wurden zunächst mit Hilfe von *SPM5* (<http://www.fil.ion.ucl.ac.uk/spm/>), einer auf dem Programm *MATLAB 7.0* (The MathWorks Inc., Natick, MA) basierenden Software, für die anschließende statistische Auswertung vorverarbeitet. Um die Voraussetzung einer zeitgleichen Aufnahme aller Schichten eines Volumes für eine weitere statistische Analyse zu erfüllen, wurde zuerst die Korrektur der Scanzeiten (Slice Time Correction) der insgesamt 494 Volumes der EPI-Sequenz für jede Vp durchgeführt. Als Referenzmessung, an die die einzelnen Schichten eines

Volumes angepasst wurden, diente die mittlere Schicht (Henson, Buechel, Josephs & Friston, 1999). Anschließend wurde eine 3D-Bewegungskorrektur durchgeführt (Realignment), um Artefakte durch Kopfbewegungen der Probanden zu vermeiden. Hierzu diente das erste der 494 Volumes als Referenzvolume. Bei diesem Schritt wurden außerdem alle 494 Volumes einer Vp auf ein funktionelles Mean Image gemittelt. Dieses gemittelte funktionelle Bild wurde im nächsten Schritt (Coregistration) über das jeweilige strukturelle Bild einer jeden Vp gelegt. Dann erfolgte die Normalisierung des funktionellen Mean Images auf das Montreal Neurological Institute (MNI) Referenzgehirn (Collins, Neelin, Peters & Evans, 1994). Zum Abschluss der Vorverarbeitung wurde eine räumliche Glättung (Smoothing) mit einem Full-Width Half-Maximum (FWHM) Gaussischen Filter von 8 mm durchgeführt, um das Signal-Rausch-Verhältnis zu verbessern.

Auch für die anschließende statistische Auswertung der fMRT-Daten auf Einzel- und Gruppenniveau wurde *SPM5* verwendet. In der First-Level-Analyse wurde zunächst für jeden einzelnen Probanden eine Fixed-Effects-Analyse durchgeführt, wobei das Allgemeine Lineare Modell (General Linear Model; GLM) verwendet wurde. Um zeitliche und räumliche Verschiebungen in der hämodynamischen Antwortfunktion auf die Stimuli zu berücksichtigen, wurde als Grundmodell die Box-Car-Waveform zugrunde gelegt (Friston, Fletcher, Josephs, Holmes, Rugg & Turner, 1998). Außerdem gingen sechs Kovariablen, durch die Bewegungsartefakte berücksichtigt wurden, und eine Fehlerkonstante über alle Scans in die Analyse ein. Es wurde eine zeitliche Filterung mit einem Hochfrequenzfilter mit einem Cut-Off bei 128 s durchgeführt. Die Analysen bezogen sich auf Veränderungen in der hämodynamischen Antwortfunktion auf den Targetstimulus (3. Bild) im gesamten Gehirn. Zur Berechnung der Kontraste wurden daher nur die Signale während der 3 s des dritten Bildes der fünf Bedingungen herangezogen. Die Aktivierungen während der restlichen Bilder gingen nicht als Regressoren in das statistische Modell ein. Für jede einzelne Vp wurden folgende *t*-Kontraste berechnet:

Um zunächst einmal zu untersuchen, welche Gehirnareale bei wunschbasierter Emotionsattribution allgemein eine Rolle spielen, unabhängig davon, ob es sich um einen neutralen oder unmoralischen bzw. erfüllten oder unerfüllten Wunsch handelt, wurden die vier Emotionsattributionsbedingungen in ihrer Gesamtheit mit der Realitätsbedingung verglichen:

Kontrast 1: *EmoAtt* > *Realität* (neutral erfüllt + neutral unerfüllt + unmoralisch erfüllt + unmoralisch unerfüllt > *Realität*).

Um weiterhin Aussagen darüber treffen zu können, ob bestimmte bzw. welche Areale eine spezifischere Funktion bei der Prozessierung der einzelnen Bedingungen haben könnten, wurde außerdem jede Emotionsattributionsbedingung einzeln mit der Realitätsbedingung verglichen:

Kontrast 2: *neutral erfüllt > Realität*

Kontrast 3: *neutral unerfüllt > Realität*

Kontrast 4: *unmoralisch erfüllt > Realität*

Kontrast 5: *unmoralisch unerfüllt > Realität*

Ein weiteres Ziel der vorliegenden Studie bestand darin, zu untersuchen, ob sich die neuronalen Korrelate der Emotionsattribution auf der Basis von neutralen Wünschen und auf der Basis von unmoralischen Wünschen voneinander unterscheiden. Da aufgrund der Ergebnisse zahlreicher Verhaltensstudien (vgl. Kapitel 1.1.4.6) davon ausgegangen wird, dass die Verarbeitung unmoralischer Wünsche und die darauf folgende Emotionszuschreibung mehr kognitive Ressourcen beansprucht als ein einfacher Abgleich von Wunsch und Outcome bei zugrunde liegenden neutralen Wünschen, lag das Hauptaugenmerk auf Mehraktivierungen bei der Emotionszuschreibung bei unmoralischen gegenüber neutralen Wünschen. Hierfür wurden folgende Kontraste berechnet:

Kontrast 6: *unmoralisch > neutral*

(unmoralisch erfüllt + unmoralisch unerfüllt > neutral erfüllt + neutral unerfüllt)

Kontrast 7: *unmoralisch erfüllt > neutral erfüllt*

Kontrast 8: *unmoralisch unerfüllt > neutral unerfüllt*

Von Interesse für die vorliegende Studie war außerdem, ob sich ähnlich wie in anderen bildgebenden Untersuchungen (vgl. Kapitel 1.3.1.1) Unterschiede in den neuronalen Aktivierungen zeigen, wenn Wunsch und Outcome übereinstimmen im Vergleich dazu, wenn diese nicht übereinstimmen. Hierfür wurden folgende Kontraste berechnet:

Kontrast 9: *erfüllt versus unerfüllt*

(neutral erfüllt + unmoralisch erfüllt versus neutral unerfüllt + unmoralisch unerfüllt)

Kontrast 10: *neutral erfüllt versus neutral unerfüllt*

Kontrast 11: *unmoralisch erfüllt versus unmoralisch unerfüllt*

Diese für jede Vp berechneten Kontraste gingen dann in der Second-Level-Analyse in eine Random-Effects-Analyse über alle Probanden ein. Hierzu wurden über alle 15 Versuchspersonen für die oben genannten Kontraste *t*-Tests für gepaarte Stichproben gerechnet, um Aussagen über die Aktivierungsmuster in der Population treffen zu können. Für jeden Kontrast ergab sich dadurch eine SPM-Map mit den signifikanten Aktivierungen. Für diese SPM-Maps wurde ein voxelbasierter *T*-Wert von 3.79 ($p = .001$ unkorrigiert) festgelegt. Als Signifikanzniveau wurde ein p -Wert von .05 (korrigiert) auf Clusterlevel bestimmt.

3 ERGEBNISSE STUDIE I – WUNSCHBASIERTE EMOTIONSATTRIBUTION BEI ERWACHSENEN

3.1 Verhaltensdaten

3.1.1 Während der fMRT-Messung aufgezeichnete Reaktionen

Hinsichtlich der Realitätsbedingung zeigte sich, dass die richtige Antwortalternative im Mittel in 92.57 % ($SD = 3.71$ %) gewählt wurde. Die Häufigkeit richtiger Antworten in der Kontrollbedingung unterschied sich auch nicht signifikant von der Häufigkeit der als korrekt klassifizierten negativen Antworten, wenn ein neutraler Wunsch nicht erfüllt wurde ($88.88\% \pm 14.76\%$; $t = -1.029$, $df = 14$, n.s.). Der prozentuale Anteil der als korrekt klassifizierten positiven Antworten bei der Erfüllung eines neutralen Wunsches war signifikant höher als der für die richtigen Antworten in der Kontrollbedingung ($96.98\% \pm 3.70\%$; $t = 3.482$, $df = 14$, $p = .004$). Demnach kann angenommen werden, dass die Probanden die gesamte Aufgabe konzentriert und genau bearbeiteten und im Rahmen der Darbietungszeit der Antwortstimuli in der Lage waren, diese adäquat zu unterscheiden und zu reagieren. In den beiden unmoralischen Bedingungen zeigte sich, dass die Probanden einem Protagonisten mehrheitlich negative Emotionen zuschrieben, wenn dessen unmoralischer Wunsch nicht erfüllt wurde ($93.19\% \pm 9.11\%$) und mehrheitlich positive Emotionen, wenn dessen unmoralischer Wunsch erfüllt wurde ($82.30\% \pm 25.75\%$). Eine vollständige Darstellung der Mittelwerte und Standardabweichungen findet sich in Tabelle 3.1.

Bei der 2×2 -Varianzanalyse für die vier Experimentalbedingungen mit den beiden Faktoren *Wunsch* und *Outcome* ergab sich ein signifikanter Haupteffekt für *Outcome* ($F = 217.799$, $df = 14$, $p < .001$) und ein tendenzieller Effekt für *Wunsch* ($F = 3.470$, $df = 14$, $p = .084$). Während bei neutralen und unmoralischen Wünschen ähnlich häufig die negative und positive Emotion gewählt wurde, wurde bei der Nicht-Erfüllung des Wunsches signifikant häufiger die negative und signifikant weniger häufig die positive Emotion zugeschrieben als bei der Erfüllung des Wunsches (für Mittelwerte und Standardabweichungen s. Anhang B, Tabelle B 1). Des Weiteren zeigte sich ein Interaktionseffekt *Wunsch* \times *Outcome* ($F = 6.451$, $df = 14$, $p = .024$). Post hoc *t*-Tests ergaben, dass dem Protagonisten signifikant häufiger die negative und signifikant weniger oft die positive Emotion zugeschrieben wurde, wenn ein neutraler Wunsch nicht erfüllt wurde, als wenn ein neutraler Wunsch erfüllt wurde ($t = 21.425$, $df = 14$, $p < .001$), wenn ein unmoralischer Wunsch nicht erfüllt wurde, als wenn ein unmoralischer Wunsch erfüllt wurde ($t = 10.465$, $df = 14$, $p < .001$), und wenn ein unmoralischer Wunsch erfüllt wurde, als wenn ein neutraler erfüllt wurde ($t = 2.193$, $df = 14$, $p = .046$).

Der Vergleich eines unmoralischen nicht erfüllten Wunsches mit einem neutralen nicht erfüllten Wunsch erwies sich als nicht signifikant. In beiden Bedingungen wurde sehr häufig die negative Emotion gewählt, in der unmoralischen Bedingung tendenziell häufiger als in der neutralen ($t = 1.096$, $df = 14$, *n.s.*). Eine Darstellung dieser Interaktion findet sich in Abbildung 3.1, die entsprechenden Mittelwerte und Standardabweichungen können Tabelle 3.1 entnommen werden.

Tabelle 3.1: Mittelwerte (M) und Standardabweichungen (SD) des prozentualen Anteils der während der fMRT-Messung per Tastendruck gewählten dichotomen Antwortalternativen (fröhlich blickendes Clipartgesicht, entspricht positiv; traurig blickendes Clipartgesicht, entspricht negativ) in den vier Experimentalbedingungen bzw. Faktorstufenkombinationen (*neutral erfüllt*, *neutral unerfüllt*, *unmoralisch erfüllt*, *unmoralisch unerfüllt*).

Emotion	<i>neutral</i>				<i>unmoralisch</i>			
	<i>erfüllt</i>		<i>unerfüllt</i>		<i>erfüllt</i>		<i>unerfüllt</i>	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
positiv	96.98	3.70	11.12	14.76	82.30	25.75	6.81	9.11
negativ	3.02	3.70	88.88	14.76	17.70	25.75	93.19	9.11

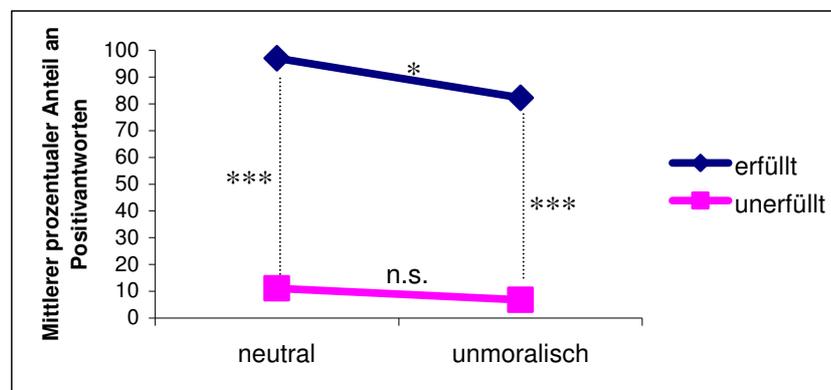


Abbildung 3.1: Grafische Darstellung der signifikanten Interaktion *Wunsch* (*neutral*, *unmoralisch*) x *Outcome* (*erfüllt*, *unerfüllt*) anhand des durchschnittlichen prozentualen Anteils der während der fMRT-Messung per Tastendruck gewählten positiven Antwortalternative (fröhlich blickendes Clipartgesicht) in den vier Experimentalbedingungen bzw. Faktorstufenkombinationen (*neutral erfüllt*, *neutral unerfüllt*, *unmoralisch erfüllt*, *unmoralisch unerfüllt*).

* $p < .05$, *** $p < .001$

3.1.2 Emotionsrating

Hier ergab sich aus den 2 x 2-Varianzanalysen für jede einzelne der acht Emotionen insgesamt Folgendes: für die Emotionen Stolz, Freude, Schadenfreude, Traurigkeit und Verlegenheit ergab sich ein signifikanter Haupteffekt *Wunsch*. Einem Protagonisten mit unmoralischem Wunsch wurde signifikant mehr Verlegenheit, Traurigkeit und Schadenfreude attribuiert, als einem mit neutralem Wunsch, einem Protagonisten mit neutralem Wunsch hingegen mehr Stolz und Freude als einem Protagonisten mit unmoralischem Wunsch. Des Weiteren zeigte sich für alle acht Emotionen ein signifikanter Haupteffekt *Outcome*. Dem Protagonisten wurde signifikant mehr Stolz, Freude, Zufriedenheit und Schadenfreude zugeschrieben, wenn dessen Wunsch erfüllt wurde, als wenn dieser nicht erfüllt wurde und signifikant mehr Traurigkeit, Ärger, Verlegenheit und Überraschtheit, wenn der Wunsch nicht erfüllt wurde, als wenn er erfüllt wurde (für Mittelwerte und Standardabweichungen s. Anhang B, Tabelle B 2; für Prüfgrößen und Signifikanzwerte Tabelle B 3).

Für Stolz, Freude, Zufriedenheit und Schadenfreude ergaben sich zusätzlich signifikante Interaktionseffekte (für Prüfgrößen und Signifikanzwerte s. ebenfalls Anhang B, Tabelle B 3). Post hoc *t*-Tests zeigten, dass signifikant mehr Stolz, Freude und Zufriedenheit bei einem neutralen erfüllten Wunsch als bei einem neutralen unerfüllten Wunsch und bei einem unmoralischen erfüllten als bei einem unmoralischen unerfüllten Wunsch zugeschrieben wurde. Diese drei Emotionen wurden auch signifikant mehr attribuiert, wenn ein neutraler Wunsch erfüllt wurde, als wenn ein unmoralischer erfüllt wurde. Zwischen der Nicht-Erfüllung eines neutralen und der eines unmoralischen Wunsches ergab sich hingegen kein signifikanter Unterschied, in beiden Bedingungen wurden diese drei Emotionen kaum zugeschrieben. Hinsichtlich der Emotion Schadenfreude zeigte sich, dass einem Protagonisten signifikant mehr Schadenfreude zugeschrieben wurde, wenn dessen unmoralischer Wunsch erfüllt wurde, als wenn dessen neutraler Wunsch erfüllt wurde und als wenn dessen unmoralischer Wunsch nicht erfüllt wurde. Keine signifikanten Unterschiede ergaben sich dahingehend, ob ein neutraler Wunsch erfüllt wurde oder nicht und ob ein neutraler oder unmoralischer Wunsch nicht erfüllt wurde. Eine Darstellung dieser Interaktionen findet sich in Abbildung 3.2. Die diesbezüglichen Mittelwerte und Standardabweichungen sind in Tabelle 3.2, die Prüfgrößen und Signifikanzwerte in Tabelle 3.3 aufgeführt.

Tabelle 3.2: Mittelwerte (*M*) und Standardabweichungen (*SD*) der auf der Ratingskala mit Werten von 1 (*gar nicht*) bis 5 (*sehr stark*) eingeschätzten Intensität der acht einzelnen Emotionen in den vier Emotionsattributionsbedingungen bzw. Faktorenstufenkombinationen (*neutral erfüllt*, *neutral unerfüllt*, *unmoralisch erfüllt*, *unmoralisch unerfüllt*).

Emotion	<i>neutral</i>				<i>unmoralisch</i>			
	<i>erfüllt</i>		<i>unerfüllt</i>		<i>erfüllt</i>		<i>unerfüllt</i>	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Stolz	4.58	0.53	1.23	0.46	3.50	1.15	1.11	0.30
Freude	4.44	0.59	1.80	0.98	2.73	1.05	1.18	0.42
Zufriedenheit	4.69	0.50	1.17	0.36	3.97	1.19	1.13	0.37
Schadenfreude	1.22	0.50	1.00	0.00	4.20	1.42	1.53	1.17
Traurigkeit	1.00	0.00	3.07	1.21	1.53	0.77	3.71	1.00
Ärger	1.09	0.34	3.70	1.03	1.63	1.00	3.82	0.72
Verlegenheit	1.20	0.43	3.50	1.09	1.87	0.81	4.33	0.70
Überraschtheit	1.69	0.94	3.67	0.70	1.63	0.90	4.02	0.70

Tabelle 3.3: Signifikanzwerte (*p*-Werte) und *t*-Werte (in Klammern) der für die signifikanten Interaktionseffekte *Wunsch* (*neutral*, *unmoralisch*) x *Outcome* (*erfüllt*, *unerfüllt*) für die Emotionen Stolz, Freude, Zufriedenheit und Schadenfreude berechneten post hoc *t*-Tests (*df* = 14).

	Emotion			
	Stolz	Freude	Zufriedenheit	Schadenfreude
<i>neutral erfüllt versus neutral unerfüllt</i>	.000 (24.671)	.000 (9.825)	.000 (24.385)	.106 (1.726)
<i>unmoralisch erfüllt versus unmoralisch unerfüllt</i>	.000 (8.630)	.000 (6.152)	.000 (9.447)	.000 (6.269)
<i>neutral erfüllt versus unmoralisch erfüllt</i>	.008 (3.121)	.000 (7.150)	.038 (2.294)	.000 (6.668)
<i>neutral unerfüllt versus unmoralisch unerfüllt</i>	.440 (0.794)	.062 (2.029)	.822 (0.229)	.098 (1.770)

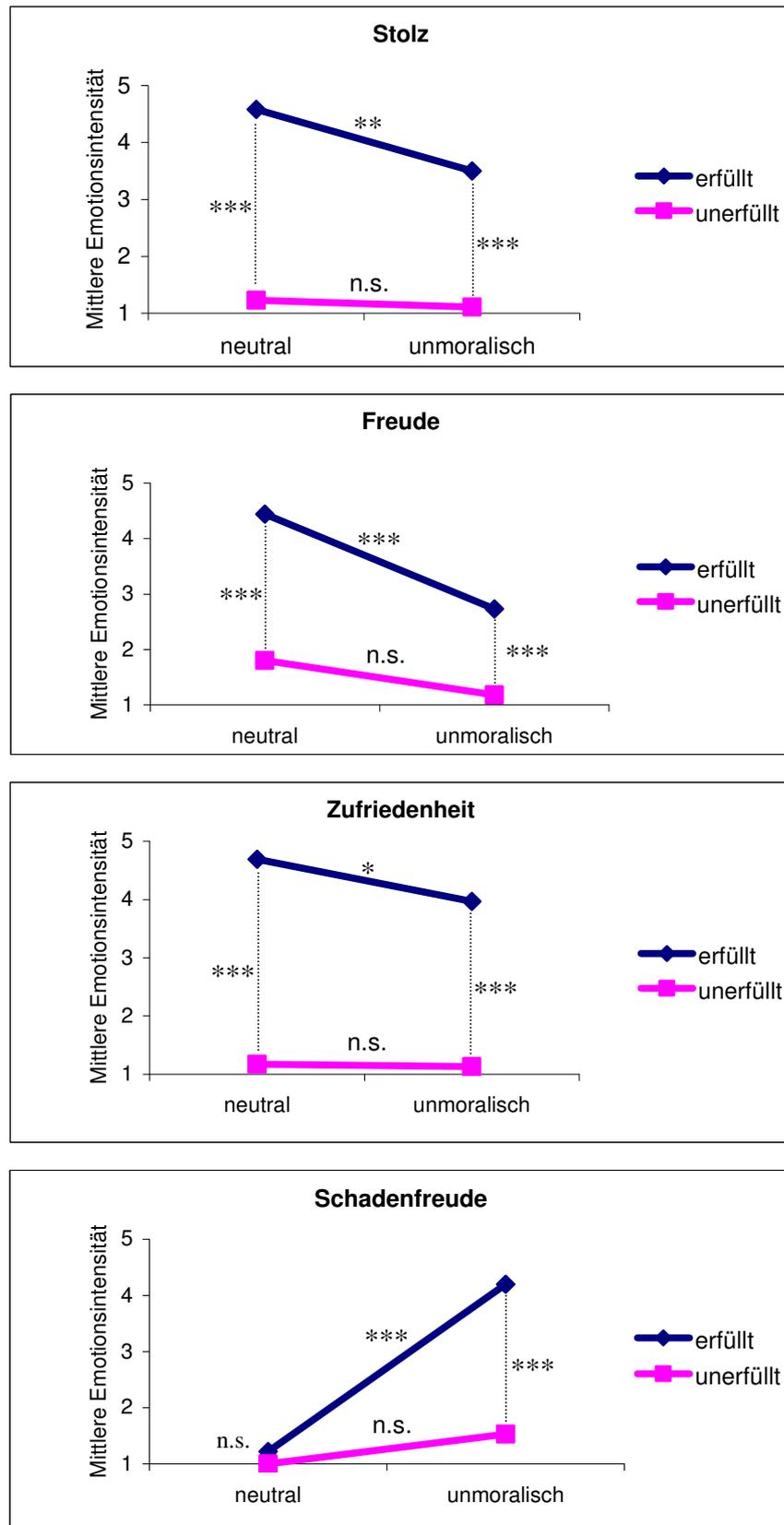


Abbildung 3.2: Grafische Darstellung der signifikanten Interaktionen *Wunsch* (neutral, unmoralisch) x *Outcome* (erfüllt, unerfüllt) für die Emotionen Stolz, Freude, Zufriedenheit und Schadenfreude hinsichtlich der durchschnittlichen im Rating eingeschätzten Intensität in den vier Experimentalbedingungen bzw. Faktorstufenkombinationen.

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

3.2 fMRT-Daten

Beim Vergleich aller Emotionsattributionsbedingungen (*EmoAtt*) mit der Kontrollbedingung (*Realität*) zeigten sich Aktivierungen im dorsalen ACC (dACC) im Übergang zum prä-SMA (BA 32/6), im linken dorsolateralen und ventrolateralen präfrontalen Kortex (dlPFC, BA 9/10; vlPFC, BA 45/47) und in der rechten Insula im Übergang zum vlPFC (BA 13/45) (vgl. Tabelle 3.4).

Tabelle 3.4: Areale mit signifikanter Mehraktivierung in den vier Emotionsattributionsbedingungen (*EmoAtt*) im Vergleich zur Kontrollbedingung (*Realität*).

Areal	BA ^{a)}	Clustergröße ^{b)}	Z ^{c)}	MNI-Koordinaten ^{d)}		
				x	y	z
<i>EmoAtt > Realität</i>						
dorsaler anteriorer cingulärer Kortex/ präsupplementär-motorisches Areal	32/6	837	4.11***	6	24	38
dorsolateraler präfrontaler Kortex links	9/10	281	4.25**	-30	50	34
ventrolateraler präfrontaler Kortex links	45/47	351	4.56***	-52	28	10
Insula / ventrolateraler präfrontaler Kortex rechts	13/45	248	4.66**	38	12	6

Anmerkungen: ^{a)} BA = Brodmann-Areal; ^{b)} Clustergröße = Anzahl der aktivierten Voxel je Cluster, ^{c)} Z = Prüfgröße für die Hauptkoordinate des jeweiligen aktivierten Clusters, *df* = 14; ^{d)} MNI-Koordinaten: Hauptkoordinaten des aktivierten Clusters entsprechend dem Montreal Neurological Institute (MNI) – Atlas.

** $p < .01$, *** $p < .001$

Beim Vergleich der einzelnen Experimentalbedingungen mit der Kontrollbedingung zeigte sich Folgendes (vgl. Tabelle 3.5): die Emotionsattribution bei einem zugrunde liegenden neutralen erfüllten Wunsch ergab keine Mehraktivierung im Vergleich zur Kontrollbedingung. In allen anderen drei Experimentalbedingungen zeigten sich im Vergleich zur Kontrollbedingung Aktivierungen im medialen Frontalkortex. Während sich bei der Zuschreibung von Emotionen auf der Basis eines neutralen unerfüllten Wunsches eine Aktivierung im prä-SMA (BA 6) zeigte, erstreckte sich die Aktivierung in den Bedingungen *unmoralisch erfüllt* und *unmoralisch unerfüllt* zusätzlich auf den dACC (BA 32). Des Weiteren wurden in allen drei Bedingungen Areale des lateralen Präfrontalkortex aktiviert. Zum einen ergab sich ein Cluster im linken dlPFC, wobei sich die Aktivierung in der Bedingung *neutral unerfüllt* in BA 9 befand und in den beiden unmoralischen Bedingungen zusätzlich BA 10 beinhaltete. Zum anderen zeigten sich sowohl bei der Zuschreibung einer Emotion auf der Basis eines neutralen unerfüllten als

auch eines unmoralischen erfüllten Wunsches signifikante Signalveränderungen im linken vIPFC (BA 47 bzw. 45/47). Auf einem niedrigeren Signifikanzniveau ergab sich in der Bedingung *unmoralisch unerfüllt* ebenfalls eine Mehraktivierung im linken vIPFC (BA 47) gegenüber der Realitätsbedingung. Sowohl in der Bedingung *unmoralisch erfüllt* als auch in der Bedingung *unmoralisch unerfüllt* zeigten sich außerdem Mehraktivierungen in der rechten Insula im Übergang zum vIPFC (BA 13/45/47 bzw. BA 13/47).

Tabelle 3.5: Areale mit signifikanter Mehraktivierung in den einzelnen Emotionsattributionsbedingungen (*neutral unerfüllt*, *unmoralisch erfüllt*, *unmoralisch unerfüllt*) im Vergleich zur Kontrollbedingung (*Realität*).

Areal	BA ^{a)}	Clustergröße ^{b)}	Z ^{c)}	MNI-Koordinaten ^{d)}		
				x	y	z
<i>neutral unerfüllt > Realität</i>						
präsupplementär-motorisches Areal	6	152	4.11*	8	12	66
dorsolateraler präfrontaler Kortex links	9	324	4.50***	-28	48	38
ventrolateraler präfrontaler Kortex links	47	179	4.04**	-52	18	0
<i>unmoralisch erfüllt > Realität</i>						
präsupplementär-motorisches Areal/ dorsaler anteriorer cingulärer Kortex	6/32	1193	4.99***	-6	18	66
dorsolateraler präfrontaler Kortex links	9/10	267	3.91**	-30	52	32
ventrolateraler präfrontaler Kortex links	45/47	505	4.08***	-54	26	8
Insula / ventrolateraler präfrontaler Kortex rechts	13/45/ 47	397	4.46***	38	14	6
<i>unmoralisch unerfüllt > Realität</i>						
dorsaler anteriorer cingulärer Kortex/ präsupplementär-motorisches Areal	32/6	951	4.20***	6	22	38
dorsolateraler präfrontaler Kortex links	9/10	135	3.90*	-28	44	28
ventrolateraler präfrontaler Kortex links	47	120	3.87 ^{e)}	-52	18	-4
Insula / ventrolateraler präfrontaler Kortex rechts	13/47	211	4.93**	36	12	4

Anmerkungen: ^{a)} BA = Brodmann-Areal; ^{b)} Clustergröße = Anzahl der aktivierten Voxel je Cluster, ^{c)} Z = Prüfgröße für die Hauptkoordinate des jeweiligen aktivierten Clusters, $df = 14$; ^{d)} MNI-Koordinaten: Hauptkoordinaten des aktivierten Clusters entsprechend dem Montreal Neurological Institute (MNI) - Atlas; ^{e)} $p = .068$.

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

Zur Verdeutlichung von Aktivierungen in benachbarten oder ähnlichen Arealen in den verschiedenen Experimentalbedingungen findet sich in Abbildung 3.3 eine grafische Darstellung der in den Bedingungen *unmoralisch erfüllt* und *unmoralisch unerfüllt* im Vergleich zur Realitätsbedingung mehraktivierten Areale. Abbildung 3.4 zeigt Areale, die in den Bedingungen *neutral unerfüllt* und *unmoralisch unerfüllt* gegenüber der Realitätsbedingung Mehraktivierungen aufwiesen.

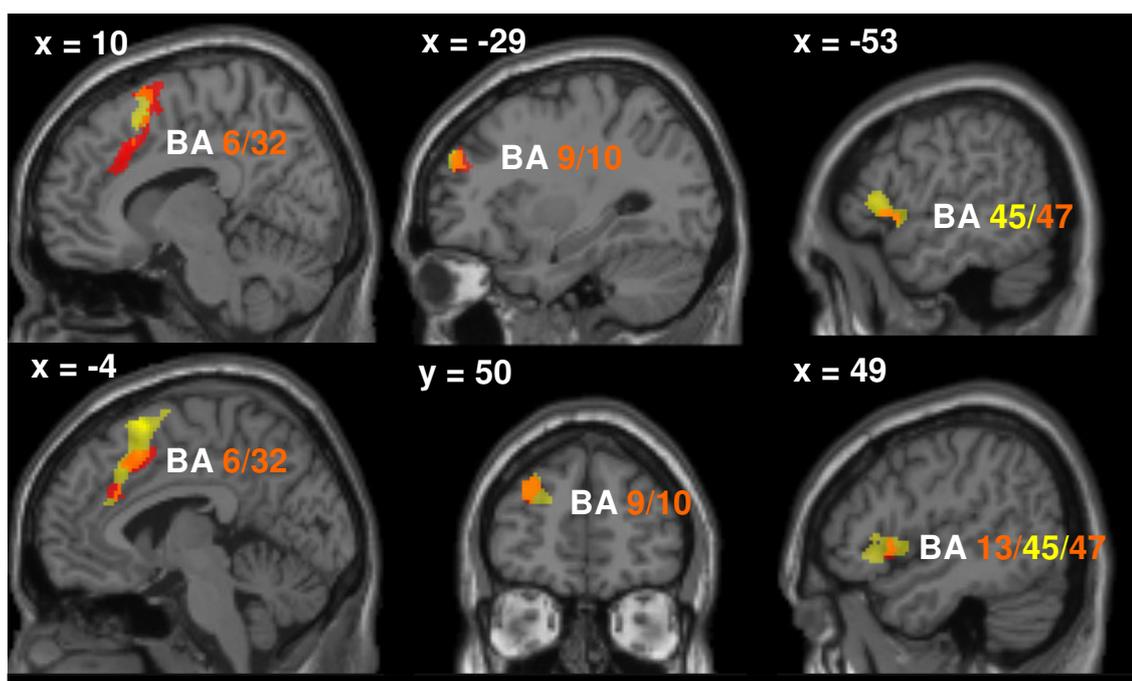


Abbildung 3.3: Grafische Darstellung der in den Bedingungen *unmoralisch erfüllt* und *unmoralisch unerfüllt* gegenüber der Realitätsbedingung mehraktivierten Areale. Kontrast *unmoralisch erfüllt* > *Realität* in gelb, Kontrast *unmoralisch unerfüllt* > *Realität* in rot, Überschneidungsbereich der Aktivierungen in orange.

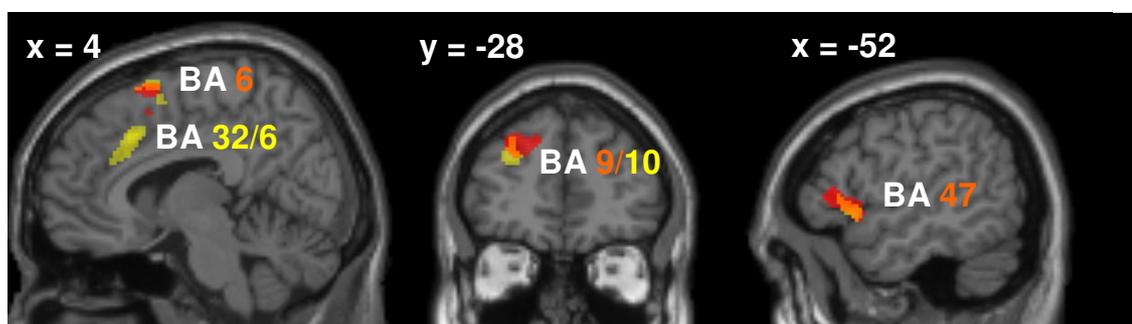


Abbildung 3.4: Grafische Darstellung von Arealen, die in den Bedingungen *neutral unerfüllt* und *unmoralisch unerfüllt* gegenüber der Realitätsbedingung mehraktiviert wurden. Kontrast *neutral unerfüllt* > *Realität* in rot, Kontrast *unmoralisch unerfüllt* > *Realität* in gelb, Überschneidungsbereich der Aktivierungen in orange.

Des Weiteren zeigte sich bei der Emotionsattribution auf der Basis unmoralischer Wünsche im Vergleich zur Emotionsattribution auf der Basis neutraler Wünsche eine Mehraktivierung im dACC (BA 32). Während sich keine signifikanten Aktivierungsunterschiede beim Vergleich der Zuschreibung von Emotionen bei einem neutralen unerfüllten und unmoralischen unerfüllten Wunsch ergaben, zeigte sich im prä-SMA (BA 6) eine Mehraktivierung bei der Zuschreibung von Emotionen auf der Basis eines unmoralischen erfüllten Wunsches im Vergleich zur Attribution von Emotionen auf der Basis eines neutralen unerfüllten Wunsches (vgl. Tabelle 3.6 und Abbildungen 3.5 und 3.6).

Tabelle 3.6: Areale mit signifikanter Mehraktivierung bei der Emotionsattribution auf der Basis unmoralischer Wünsche (*unmoralisch erfüllt + unmoralisch unerfüllt*) im Vergleich zur Emotionsattribution auf der Basis neutraler Wünsche (*neutral erfüllt + neutral unerfüllt*) und auf der Basis eines unmoralischen erfüllten Wunsches im Vergleich zur Emotionsattribution auf der Basis eines neutralen erfüllten Wunsches.

Areal	BA ^{a)}	Clustergröße ^{b)}	Z ^{c)}	MNI-Koordinaten ^{d)}		
				x	y	z
<i>unmoralisch > neutral</i>						
dorsaler anteriorer cingulärer Kortex	32	138	4.15*	12	40	22
<i>unmoralisch erfüllt > neutral erfüllt</i>						
präsupplementär-motorisches Areal	6	129	3.59*	-4	22	66

Anmerkungen: ^{a)} BA = Brodmann-Areal; ^{b)} Clustergröße = Anzahl der aktivierten Voxel je Cluster, ^{c)} Z = Prüfgröße für die Hauptkoordinate des jeweiligen aktivierten Clusters, $df = 14$; ^{d)} MNI-Koordinaten: Hauptkoordinaten des aktivierten Clusters entsprechend dem Montreal Neurological Institute (MNI) – Atlas.

* $p < .05$

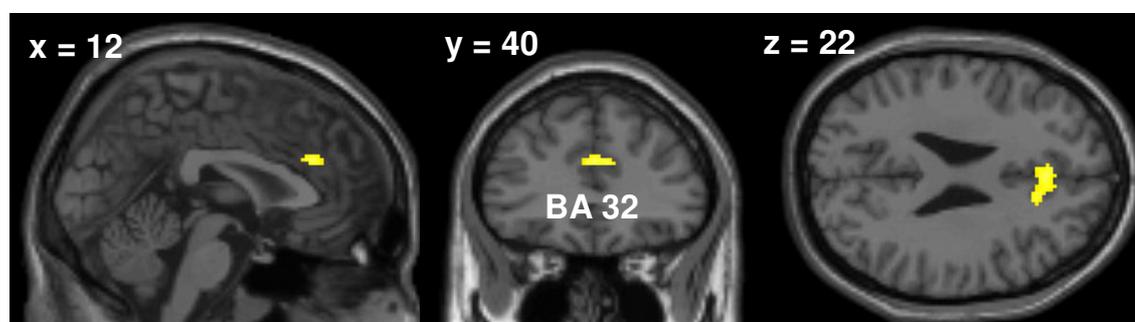


Abbildung 3.5: Grafische Darstellung des bei der Emotionsattribution auf der Basis unmoralischer Wünsche (*unmoralisch erfüllt + unmoralisch unerfüllt*) im Vergleich zur Emotionsattribution auf der Basis neutraler Wünsche (*neutral erfüllt + neutral unerfüllt*) mehraktivierten Areals.

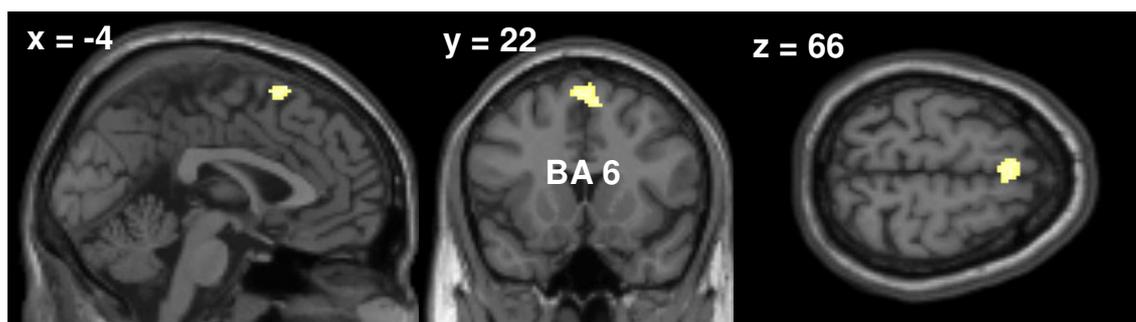


Abbildung 3.6: Grafische Darstellung des in der Bedingung *unmoralisch erfüllt* gegenüber der Bedingung *neutral erfüllt* mehraktivierten Areals.

Keinerlei signifikante Signalveränderungen zeigten sich hingegen beim Vergleich der Emotionsattribution auf der Basis erfüllter versus unerfüllter Wünsche (Kontraste 9, 10, 11).

4 DISKUSSION STUDIE I – WUNSCHBASIERTE EMOTIONSATTRIBUTION BEI ERWACHSENEN

Im ersten Teil der vorliegenden Untersuchung wurden die neuronalen Korrelate der Zuschreibung von Emotionen nach der Erfüllung bzw. Nicht-Erfüllung neutraler und unmoralischer Wünsche bei Erwachsenen im Alter von 18 bis 20 Jahren untersucht. Diese Studie stellt somit eine der wenigen Studien dar, die nicht die Dekodierung oder das Erkennen von Emotionen anhand physikalischer Cues bei gesunden erwachsenen Probanden untersuchten, sondern die Zuschreibung von Emotionen im engeren Sinn. Den Probanden standen nur Informationen hinsichtlich des mentalen Zustandes des Protagonisten – dem Wunsch, einen Gegenstand zu einem bestimmten Rezipienten zu spielen oder eine bestimmte Person mit diesem Gegenstand zu verletzen – und dem Outcome – der Gegenstand landet wie gewollt bei dem richtigen oder aber entgegen dem Wunsch bei dem falschen Rezipienten bzw. die gewünschte Person wird durch den Gegenstand verletzt oder aber eine andere Person wird stattdessen verletzt – zur Verfügung, um die Emotionen des Protagonisten zu erschließen oder vorherzusagen. Nach Wissen der Autorin ist die vorliegende Studie außerdem die erste, in der die neuronalen Netzwerke wunschbasierter Emotionsattribution sowohl in einem neutralen, als auch in einem moralisch relevanten Kontext mit einem aus der Entwicklungspsychologie entlehnten Paradigma bei erwachsenen Probanden erforscht wurden. Dieser erste Teil der vorliegenden Untersuchung stellt somit auch die Grundlage für den später erfolgenden deskriptiven und statistischen Vergleich der bei dieser Aufgabe von erwachsenen Probanden und Kindern gemeinsamen bzw. unterschiedlichen rekrutierten neuronalen Netze dar.

Neben den neuronalen Aktivierungen während des Prozesses der Zuschreibung von Emotionen wurden außerdem Verhaltensdaten erhoben. Hierfür wurden zum einen die Entscheidungen für die positive bzw. negative Emotion für jede Bildergeschichte während der fMRT-Messung aufgezeichnet. Zum anderen wurde in Ergänzung dazu im Anschluss an die Kernspinuntersuchung ein Emotionsrating, bei dem die Intensität acht vorgegebener Emotionen bei erfüllten bzw. unerfüllten neutralen und unmoralischen Wünschen anhand einer Auswahl der Bildergeschichten beurteilt werden sollte, durchgeführt. Die Ergebnisse dieser behavioralen Erhebungen werden in den beiden nächsten Abschnitten diskutiert, bevor dann auf die Befunde zu den neuronalen Aktivierungen der erwachsenen Probanden bei der Zuschreibung von Emotionen eingegangen wird.

4.1 Verhaltensdaten

4.1.1 Während der fMRT-Messung aufgezeichnete Reaktionen

Hinsichtlich der während der fMRT-Messung erhobenen Entscheidungen für das eine positive versus negative Emotion ausdrückende Clipartgesicht zeigte sich wie erwartet, dass die erwachsenen Probanden in beiden Bedingungen, in denen der Wunsch des Protagonisten erfüllt wurde, mehrheitlich positive Emotionen zuschrieben, während sie in den beiden anderen Bedingungen, in denen der Wunsch nicht erfüllt wurde, mehrheitlich negative Emotionen zuschrieben. Diese Ergebnisse stehen in Einklang mit entwicklungspsychologischen Befunden zur wunschbasierten Emotionsattribution und zum Happy-Victimizer-Phänomen. In dahingehenden Studien zeigte sich konsistent, dass Kinder bereits ab einem Alter von zweieinhalb bis drei Jahren den kausalen Zusammenhang zwischen der Erfüllung bzw. Nicht-Erfüllung eines neutralen Wunsches und den damit einhergehenden Emotionen verstehen, und daher einem Protagonisten bzw. sich selbst positive Emotionen zuschreiben, wenn ein Ereignis wie erwünscht oder beabsichtigt eintritt und negative, wenn dies nicht der Fall ist. Dementsprechend war ein solches Antwortmuster auch bei den erwachsenen Probanden in dieser Studie zu erwarten. Die mehrheitliche Zuschreibung von negativen Emotionen bei unerfüllten neutralen und von positiven Emotionen bei erfüllten neutralen Wünschen zu 89 bzw. 97 % und damit zu einem im Vergleich zur Kontrollbedingung (93 % korrekte Antworten) ähnlich hohen bzw. sogar signifikant höheren Prozentsatz „korrekter“ Antworten lässt auch den Schluss zu, dass die erwachsenen Probanden neben der Kontrollbedingung auch die Experimentalbedingungen aufmerksam und mit der nötigen Sorgfalt bearbeiteten. Bei genauerer Betrachtung der Daten der einzelnen Vpn zeigte sich jedoch auch, dass zwar alle Probanden bei der Erfüllung eines neutralen Wunsches und die meisten Probanden bei der Nicht-Erfüllung eines neutralen Wunsches mit Ausnahme einiger Fehlreaktionen konsistent positive bzw. negative Emotionen zuschrieben, aber auch, dass sich zwei Probanden bei der Bewertung neutraler unerfüllter Wünsche zum Teil wie erwartet für die negative, zum Teil jedoch auch in 37 bzw. sogar 50 % für die positive Emotion entschieden. Da dieselben Probanden jedoch bei der Erfüllung neutraler Wünsche konsistent positive Emotionen wie die restlichen Vpn angaben, die Aufgabe an sich also verstanden und gewissenhaft bearbeitet hatten, könnte hier eine bewusste Entscheidung für die positive Emotion bei einigen Geschichten, in denen der neutrale Wunsch nicht erfüllt wurde, vorliegen. Ein möglicher Grund hierfür könnte sein, dass diese Untergruppe der erwachsenen Probanden aufgrund der gewählten Formulierung (z. B. „Tim will den Ball zu Lena werfen.“ „Tim wirft den Ball zu Anna.“) Wunsch und Outcome nicht eindeutig als Mismatch in dem Zusammenhang, dass der Wunsch des Protagonisten nicht erfüllt

wurde, da er es nicht schafft, den Gegenstand zum Zielrezipienten zu werfen, interpretierten und damit auch nicht absolut mit dem Empfinden negativer Emotionen assoziierten. Stattdessen könnten sie die Situationen eventuell dahingehend interpretiert haben, dass der Protagonist sich z. B. einfach anders entschieden hat als ursprünglich geplant und sich deswegen auch nicht unbedingt schlecht fühlt. Oder sie könnten in dieser Bedingung auch positive Emotionen erwartet haben, da anders als in den Bedingungen mit unmoralischen Wünschen keine Person zu Schaden kommt, sondern eine andere Person quasi in das Spiel involviert wird, was auch zu positiven Emotionen beim Protagonisten führen könnte, auch wenn er den Gegenstand nicht wie beabsichtigt zu einem bestimmten Kind spielt. In ähnlicher Weise zeigte sich auch in der Studie von Yuill und Kollegen (1996), dass ein Teil der Kinder dem Protagonisten zwar negative Emotionen zuschrieb, wenn dieser es nicht schaffte, einen Ball zur beabsichtigten Person zu spielen, aber nicht, wenn er anstelle der Zielperson einer anderen Person einen nett gemeinten „fun bump“ mit dem Fahrrad gab. Die Autoren vermuteten, dass diese Kinder sich hier in ihrer Emotionsattribution mehr von der positiven Valenz der Handlung an sich, als vom Match zwischen Wunsch und Outcome, der auf eine bestimmte Person bezogen ist, leiten ließen. Anders als die Kinder in der Studie von Yuill und Kollegen (1996) schienen die erwachsenen Probanden der vorliegenden Studie jedoch den Aspekt des dennoch unerfüllten Wunsches nicht komplett außen vor zu lassen, was sich in der mehrheitlichen Wahl der negativen Emotion (bzw. in zumindest 50 % der Fälle) zeigte. Da sich außerdem bei deskriptiver Betrachtung der Ergebnisse des Emotionsratings (vgl. Abschnitt 4.1.2) der einzelnen Vpn bei diesen beiden Probanden keine augenscheinlichen Abweichungen von den Intensitätseinschätzungen der restlichen Probanden ergaben, kann davon ausgegangen werden, dass diese Vpn die dargebotene Situation nicht in den grundsätzlichen Aspekten von der Mehrheit der Probanden unterschiedlich interpretierten, auch wenn natürlich von den Bewertungen im Rating nach der fMRT-Messung nur unter Vorbehalt auf ähnliche Bewertungsprozesse während der funktionellen Messung geschlossen werden kann. Außerdem bestand das Ziel der vorliegenden Studie auch nicht darin, die Zuschreibung ganz bestimmter Emotionen, wie z. B. Freude oder Schuld durch diese unterschiedlichen Situationen hervorzurufen, auch wenn beispielsweise Schuld insbesondere mit der Übertretung moralischer Standards assoziiert ist, sondern darin, durch die beiden Faktoren und deren Kombination unterschiedliche, situationsspezifische, aber offene emotionale Bewertungsprozesse in Gang zu setzen. Dementsprechend wurden die Probanden auch nicht gebeten, im Scanner die Intensität bestimmter vorgegebener Emotionen zu bewerten, sondern instruiert, darüber nachzudenken, wie sich der Protagonist in der

dargestellten Situation ihrer Meinung nach fühlt. Die grundlegenden, diese Situationen unterscheidenden Aspekte, also ob es sich um einen neutralen oder unmoralischen Wunsch handelte und ob dieser erfüllt oder nicht erfüllt wurde, und deren Konsequenzen für mögliche Emotionen beim Protagonisten, dürften in ähnlicher Weise von allen Probanden wahrgenommen worden sein, auch wenn einige Probanden möglicherweise zusätzliche Aspekte in die dargebotenen Situationen interpretierten und daher unterschiedliche Reaktionen zeigten. Um einen möglichen Einfluss dieser eventuell bei zwei Personen vorhandenen weitergehenden Interpretationen bei der Nicht-Erfüllung neutraler Wünsche dennoch zu überprüfen, wurde unter Ausschluss der Daten dieser beiden Vpn eine Gruppenanalyse der funktionellen Daten der verbleibenden Vpn berechnet. Dabei zeigten sich jedoch lediglich aufgrund der Fallzahlen in der Intensität verminderte, jedoch keine Aktivierungen unterschiedlicher Areale, was eine grundlegend ähnliche Prozessierung der bedeutenden Aspekte der Situationen auch bei unterschiedlichen Reaktionen stützt. Aus diesen Gründen wurden diese beiden Vpn nicht aus der Studie ausgeschlossen.

Weiterhin zeigte sich in Studien zum Happy-Victimizer-Phänomen auch, dass Kinder ab drei Jahren einem Protagonisten, der den unmoralischen Wunsch hat, ein bestimmtes Kind zu verletzen, stattdessen aber einem anderen Kind Schaden zufügt, negative Emotionen zuschreiben (z. B. Nunner-Winkler & Sodian, 1988; Yuill et al., 1996). Ein solches Antwortmuster zeigte sich wie erwartet auch bei den erwachsenen Probanden der vorliegenden Studie. Aus welcher Perspektive die Probanden hier negative Emotionen zuschrieben, kann aus den Daten der vorliegenden Studie nicht abgeleitet werden, da die Probanden nicht nach einer Begründung für ihre Emotionsattribution gefragt wurden. Aufgrund der Befunde der Untersuchung von Nunner-Winkler und Sodian (1988) bei fünfjährigen Kindern kann jedoch vermutet werden, dass die erwachsenen Probanden dem Protagonisten negative Emotionen zuschrieben, da dieser dem verletzten Kind keinen Schaden zufügen wollte bzw. da dem Kind Schaden zugefügt wurde (dies gab auch jeweils die Hälfte der fünfjährigen Kinder in der Studie der beiden Autorinnen an), und nicht, da er es nicht wie geplant schaffte, einem bestimmten Kind Schaden zuzufügen.

Wurde hingegen ein unmoralischer Wunsch erfüllt, wählten die erwachsenen Probanden der vorliegenden Studie wie erwartet in der Mehrheit der Fälle (82 %) die positive Emotion. Die Vpn hatten bei der Bearbeitung der Aufgaben im Scanner nur die Möglichkeit, eine der beiden alternativen Emotionen zu wählen. Auch in entwicklungspsychologischen Untersuchungen zum Happy-Victimizer-Phänomen zeigte sich, dass nicht nur Kinder, sondern auch Jugendliche und sogar Erwachsene einem Protagonisten, dessen unmoralischer Wunsch erfüllt wurde, bei nur einer Frage bzw. bei der

ersten Frage nach den Emotionen des Protagonisten mehrheitlich positive Emotionen zugeschrieben (z. B. Murgatroyd & Robinson, 1997; Sokol, 2004), so dass die Ergebnisse der vorliegenden Studie in Einklang mit vorherigen Befunden stehen. Auch in dieser Bedingung zeigte sich jedoch, dass zwar die meisten Probanden nie bzw. in nur wenigen, wohl eher als Fehlreaktionen zu klassifizierenden Fällen die negative Emotion wählten, dass aber auch eine kleine Subgruppe der Probanden im Gegensatz zum Rest der Probanden in bis zu 45 % der Fälle negative Emotionen zuschrieb. Während die letztendliche Entscheidung per Tastendruck bei einem Großteil der Probanden auf dem Ergebnis ihres Primary Appraisals, bei dem der Match zwischen Wunsch und Outcome bewertet wird, zu basieren schien, könnte die Entscheidung für die positive Emotion in manchen Trials und für die negative in anderen eventuell die miteinander konfligierenden Emotionen, die sich durch die Erfüllung eines unmoralischen Wunsches ergeben, reflektieren. Bei einer Person zeigte sich hingegen ein Attributionsmuster, wie es bei einer konstant moralischen Orientierung, aber auch bei einer sozial erwünschten Beantwortung der Frage nach den Emotionen eines unmoralisch motivierten bzw. handelnden Protagonisten zu erwarten wäre. Dieser Proband schrieb dem Protagonisten sowohl in 100 % der Fälle, in denen ein unmoralischer Wunsch nicht erfüllt wurde, als auch in 100 % der Fälle, in denen ein unmoralischer Wunsch erfüllt wurde, negative Emotionen zu. Insgesamt sprechen die Daten der vorliegenden Studie aufgrund der durchschnittlich mehrheitlichen Wahl der positiven Emotion bei erfüllten unmoralischen Wünschen jedoch gegen eine allgemeine, von einigen Autoren postulierte sozial erwünschte Beantwortung dieser Frage (z. B. Blasi, 1999; Nunner-Winkler, 1999). So argumentiert Nunner-Winkler (1999) beispielsweise, dass nur Kinder unter acht Jahren noch naiv die Emotionen, die sie bei sich in einer solchen Situation tatsächlich erwarten würden, auf einen unmoralisch motivierten Protagonisten projizieren, während Probanden über acht Jahren, die bereits wüssten, dass sie über ihr Verhalten und ihre Aussagen von anderen Personen beurteilt werden, negative Emotionen anstatt der tatsächlich erwarteten attribuieren würden, um sich selbst in einem besseren Licht darzustellen. Ein solches Antwortverhalten konnte bei den meisten 18- bis 20-jährigen Probanden dieser Studie, die sich dieser sozialen Bewertungsprozesse sicherlich ebenfalls bewusst sind, in Übereinstimmung mit den Ergebnissen von Murgatroyd und Robinson (1993, 1997), in der erwachsene Personen einem hypothetischen Protagonisten ebenfalls mehrheitlich positive Emotionen zuschrieben, jedoch nicht beobachtet werden. Eine mögliche Erklärung hierfür könnte darin bestehen, dass die Probanden wie in den meisten Studien zum Happy-Victimizer-Phänomen die Emotionen eines hypothetischen Protagonisten beurteilen und nicht über ihre eigenen Emotionen in dieser Situation Auskunft geben sollten. In einer Studie

von Krettenauer und Eichler (2006), in der 13-, 15-, 17- und 19-jährige Probanden sich selbst als Täter vorstellen und beantworten sollten, wie sie sich nach der Tat fühlen würden, zeigte sich hingegen, dass von allen Altersgruppen mehrheitlich negative Emotionen berichtet wurden, was laut den Autoren auf soziale Erwünschtheit zurückzuführen sei. Allerdings ist zu dieser Studie auch anzumerken, dass durch die verwendeten Fragen („War das richtig oder nicht, was X getan hat?“ „Wie sicher bist du dir in deiner Einschätzung?“ „Stell dir vor, du hast getan, was X getan hat. Wie würdest du dich danach fühlen?“) der Fokus auch sehr stark auf die moralische Komponente gelenkt wurde und dadurch unabhängig von der Selbst- oder Fremdperspektive die moralische Perspektive getriggert worden sein könnte. Allerdings ergab sich auch in der Studie von Keller und Kollegen (2003), dass insbesondere die älteren Kinder (acht bis neun Jahre) einem Protagonisten mehr negative Emotionen zuschrieben, wenn sie aus der Eigenperspektive urteilen sollten, als wenn sie die Fremdperspektive eines hypothetischen Protagonisten einnehmen sollten, während dieser Effekt zwar auch bei den jüngeren Kindern zu beobachten, allerdings nicht so stark ausgeprägt war. Keller und Kollegen (2003) schlossen aus ihren Ergebnissen, dass zwar bereits jüngere Kinder zwischen „deskriptiv-psychologisch“ – wie sich ein unmoralisch motivierter, erfolgreicher Protagonist fühlen kann – und „präskriptiv-moralisch“ – wie sich ein unmoralisch motivierter, erfolgreicher Protagonist fühlen sollte – unterscheiden können, ältere Kinder aber möglicherweise deshalb, da sie sich eher über soziale Bewertungsprozesse bewusst sind, häufiger als jüngere letztgenannten Standpunkt einnehmen, wenn sie über ihre eigenen Gefühle Auskunft geben sollen. Sollen sie hingegen die Emotionen eines hypothetischen Protagonisten beurteilen, so würden auch ältere Kinder häufig erstgenannte Perspektive einnehmen, insbesondere dann, wenn sie sich mit dem Protagonisten nicht spontan identifizieren würden. Dementsprechend könnte es auch bei den erwachsenen Probanden der vorliegenden Studie eher weniger zu einer solchen spontanen Identifikation gekommen sein. Die Protagonisten der präsentierten Geschichten wurden als in ein Spiel eingebundene Kinder dargestellt, die beispielsweise einem anderen Kind einen Ball gegen den Kopf werfen wollten – Situationen, die für erwachsene Probanden sicherlich nur noch wenig Alltagsrelevanz besitzen und daher auch wenig Identifikationsprozesse auslösen dürften. In Übereinstimmung damit schrieben die meisten erwachsenen Probanden den hypothetischen Protagonisten, deren unmoralische Wünsche erfüllt wurden, wie bereits dargestellt im Durchschnitt auch mehrheitlich positive Emotionen zu.

Insgesamt ergab sich also entsprechend der Erwartungen eine durchschnittlich mehrheitliche Zuschreibung von positiven Emotionen bei der Erfüllung neutraler und unmoralischer Wünsche, sowie eine durchschnittlich mehrheitliche Zuschreibung von

negativen Emotionen bei der Nicht-Erfüllung neutraler und unmoralischer Wünsche. Im Rahmen der statistischen Analyse zeigte sich des Weiteren ein signifikanter Haupteffekt für den Faktor *Outcome* und nur ein tendenzieller für den Faktor *Wunsch*. Während bei der Nicht-Erfüllung eines Wunsches signifikant öfter die negative Emotion gewählt wurde als bei der Erfüllung, unabhängig davon, ob es sich um einen neutralen oder unmoralischen Wunsch handelte, wurde die negative Emotion nur tendenziell häufiger bei unmoralischen als bei neutralen Wünschen gewählt. Zusätzlich ergab sich jedoch auch ein Interaktionseffekt der beiden Faktoren dahingehend, dass sich die beiden Bedingungen, in denen der Wunsch nicht erfüllt wurde, hinsichtlich der Häufigkeit der Zuschreibung der negativen Emotion nicht signifikant voneinander unterscheiden, während bei einem neutralen erfüllten Wunsch signifikant häufiger die positive Emotion gewählt wurde, als bei einem unmoralischen erfüllten Wunsch. Unter Berücksichtigung obiger deskriptiver Befunde dürften sich diese Ergebnisse dadurch ergeben haben, dass ein Teil der Probanden die moralische Komponente zusätzlich zum vordergründigen Aspekt der subjektiven Wunscherfüllung bzw. nur den moralischen Aspekt bei erfüllten unmoralischen Wünschen in ihre Beantwortung per Tastendruck miteinbezog. Dies resultierte darin, dass einem unmoralisch motivierten, erfolgreichen Protagonisten im Durchschnitt signifikant weniger positive Emotionen zugeschrieben wurden als einem neutral motivierten, erfolgreichen Protagonisten, jedoch immer noch signifikant mehr als einem Protagonisten, der genauso unmoralisch motiviert war, jedoch anstatt der Zielperson ein anderes Kind verletzte.

In ähnlicher Weise wie bei der Nicht-Erfüllung neutraler Wünsche ergaben sich wie bereits beschrieben auch bei der Erfüllung unmoralischer Wünsche interindividuelle Unterschiede. Diese Unterschiede in der letztendlichen Entscheidung für eine der beiden dargebotenen Alternativen impliziert jedoch wieder nicht automatisch, dass dieser forcierten Entscheidung auch vollkommen unterschiedliche gedankliche Prozesse oder Wahrnehmungen der dargebotenen Situationen vorausgegangen sein müssen. In entwicklungspsychologischen Untersuchungen zeigte sich, dass Kinder bereits ab fünf Jahren neben der subjektiven auch die moralische Perspektive einnehmen (Sokol, 2004) und ab sechs Jahren unter gewissen experimentellen Bedingungen auch gemischte Emotionen zuschreiben können (Arsenio & Kramer, 1992). Demnach ist zumindest bei gesunden Probanden ab einem Alter von ca. sechs Jahren, in dem also die relevanten Aspekte solcher Situationen ausreichend verstanden werden, nicht von einer grundsätzlich unterschiedlichen Wahrnehmung solcher Situationen bzw. der vollkommenen Ausblendung des jeweiligen anderen Aspekts auszugehen, auch wenn bei der ersten oder wie in der vorliegenden Studie einzigen Frage nach den Emotionen des Protagonisten unterschiedliche Antworten gewählt werden. Die notwendige Wahl

einer der beiden Alternativen erlaubt nicht automatisch den Schluss, dass bei der Bewertung der Emotionen des Protagonisten auch nur der mit der gewählten Alternative assoziierte Aspekt der Situation berücksichtigt wurde. Auch aufgrund der Homogenität der Erwachsenenstichprobe hinsichtlich Bildung, IQ und ethnischer Herkunft und einer einheitlichen Instruktion aller Probanden ist nicht von einer generell unterschiedlichen Wahrnehmung und Bewertung der präsentierten Geschichten auszugehen. Demnach lassen sich trotz leichter interindividueller Unterschiede in den Reaktionen, die lediglich das Produkt des Bewertungsprozesses sind, welcher das Target für die funktionelle Auswertung darstellte, mit den unterschiedlichen Bedingungen spezifisch assoziierte Bewertungen und neuronale Aktivierungen erwarten.

4.1.2 Emotionsrating

Bei der Bewertung der Intensität der acht einzelnen vorgegebenen Emotionen für die vier Emotionsattributionsbedingungen nach der fMRT-Messung ergab sich zunächst für alle acht Emotionen ein Haupteffekt *Outcome*. Wurde ein Wunsch erfüllt, so erwarteten die Probanden signifikant mehr Stolz, Freude und Zufriedenheit, aber auch Schadenfreude. Wurde ein Wunsch hingegen nicht erfüllt, wurde signifikant mehr Traurigkeit, Ärger, Verlegenheit und Überraschtheit zugeschrieben. Ähnlich wie bei den während der fMRT-Messung aufgezeichneten Reaktionen wurden also die positiven Emotionen und die Emotion Schadenfreude mit der Erfüllung und die negativen Emotionen sowie die Emotion Überraschtheit (welche sowohl eine positive als auch negative Komponente haben kann, hier jedoch eher mit der negativen in Verbindung stehen dürfte) mit der Nicht-Erfüllung eines Wunsches stärker assoziiert. Während die Emotionen Ärger und Überraschtheit nur mit der Erfüllung bzw. Nicht-Erfüllung des Wunsches, aber nicht mit der Valenz des Wunsches in Zusammenhang gebracht wurden, wurden die Emotionen Stolz, Freude, Schadenfreude, Traurigkeit und Verlegenheit auch in Abhängigkeit von der Valenz des Wunsches in ihrer Intensität unterschiedlich bewertet. So wurde die Intensität der positiven Emotionen bei neutralen, die Intensität der negativen Emotionen sowie der Emotion Schadenfreude hingegen bei unmoralischen Wünschen signifikant höher eingestuft. Für die Emotionen Stolz und Freude ergab sich außerdem ein Interaktionseffekt dahingehend, dass diese beiden Emotionen stärker bei neutral erfüllten als bei unmoralischen erfüllten, jedoch nicht signifikant unterschiedlich bei neutral unerfüllten und unmoralisch unerfüllten Wünschen zugeschrieben wurden. Auch für die Emotion Zufriedenheit, die zwar in Abhängigkeit von der Erfüllung bzw. Nicht-Erfüllung, aber nicht in Abhängigkeit von der Valenz des Wunsches unterschiedlich intensiv bewertet wurde, zeigte sich ein Interaktionseffekt in derselben Richtung wie bei den Emotionen Stolz und Freude. In

der Einschätzung der Intensität dieser drei positiven Emotionen zeigt sich also, dass die Probanden bei der Erfüllung eines unmoralischen Wunsches signifikant weniger intensive positive Emotionen als bei der Erfüllung eines neutralen Wunsches erwarten. Scheinbar bezogen die Probanden also den moralischen Aspekt dieser Situation in ihre Bewertung mit ein, anstatt nur auf der Basis der Erfüllung eines subjektiven Wunsches, egal ob neutral oder unmoralisch, ähnlich intensive positive Emotionen zuzuschreiben. Für diese Annahme spricht auch, dass die Probanden nicht nur generell bei der Nicht-Erfüllung eines Wunsches, sondern auch insgesamt bei unmoralischen Wünschen signifikant mehr Traurigkeit und Verlegenheit erwarteten. Andererseits erwarteten die Probanden auch bei unmoralischen erfüllten Wünschen positive Emotionen immerhin in einem mittleren und damit deskriptiv auch in einem stärkeren Ausmaß als negative Emotionen, sowie in signifikant stärkerem Ausmaß als bei unmoralischen unerfüllten Wünschen. Zudem zeigte sich hinsichtlich der Emotion Schadenfreude eine Interaktion dahingehend, dass bei neutralen erfüllten sowie unerfüllten Wünschen und unmoralischen unerfüllten Wünschen keine bzw. kaum Schadenfreude zugeschrieben wurde, während bei unmoralischen erfüllten Wünschen ein sehr hohes Ausmaß an Schadenfreude erwartet wurde.

Insgesamt ergaben sich also durchaus mit den Ergebnissen der während der fMRT-Messung aufgezeichneten Reaktionen vergleichbare Befunde (wobei sich natürlich auch beim Rating hinsichtlich der Bewertung einzelner Emotionen interindividuelle Unterschiede zeigten). Zusammengefasst zeigte sich beim Rating bei neutralen erfüllten Wünschen die Zuschreibung intensiver positiver, jedoch kaum negativer Emotionen und die Zuschreibung intensiver negativer und kaum positiver Emotionen bei der Nicht-Erfüllung neutraler und unmoralischer Emotionen. Des Weiteren wurden im Rating bei unmoralischen erfüllten Wünschen vornehmlich positive Emotionen, die jedoch weniger intensiv ausgeprägt waren als bei der Erfüllung neutraler Wünsche, sowie die Emotion Schadenfreude in hoher Intensität, als auch negative Emotionen zumindest in leichter Intensität zugeschrieben. Dieser Befund könnte im Sinne einer zumindest tendenziellen Zuschreibung gemischter Emotionen interpretiert werden. Obwohl ein Rating wie in der vorliegenden Studie nach Wissen der Autorin bisher in der Literatur nicht verwendet wurde, wäre aufgrund entwicklungspsychologischer Studien hier jedoch eine deutlichere Zuschreibung gemischter Emotionen zu erwarten gewesen. Wie bereits beschrieben, ergab sich in den Studien von Sokol (2004) und Arsenio und Kramer (1992), dass Kinder im Alter von fünf bzw. sechs Jahren sowohl die subjektive als auch die moralische Perspektive einnehmen und gemischte Emotionen zuschreiben können, wenn sie entsprechende Hinweisreize, wie hinreichend konkrete Fragen nach alternativen Emotionen beim Protagonisten erhalten. In ähnlicher Weise hätten die gleichzeitig

präsentierten, zum Teil mehr mit dem subjektiven, zum Teil mehr mit dem moralischen Aspekt der Situation assoziierten Emotionen (z. B. Freude versus Verlegenheit) als Cues für die Zuschreibung intensiverer sowohl positiver als auch negativer Emotionen wirken können. Der Befund, dass die Probanden auch bei Vorgabe negativer Emotionen diese nur als leicht, aber nicht sehr intensiv ausgeprägt bei der Erfüllung unmoralischer Wünsche bewerteten, sowie die Beobachtung, dass die meisten Vpn in dieser Bedingung offen eine hohe Intensität der Emotion Schadenfreude erwarteten, spricht außerdem gegen eine sozial erwünschte Beantwortung des Ratings.

4.2 fMRT-Daten

Wie im theoretischen Teil der vorliegenden Arbeit beschrieben wurde, stellt die vorliegende Studie nach Wissen der Autorin die erste Studie dar, in der mithilfe eines aus der Entwicklungspsychologie entlehnten Paradigmas die neuronalen Korrelate des Prozesses der Zuschreibung von Emotionen nach der Erfüllung bzw. Nicht-Erfüllung neutraler bzw. unmoralischer Wünsche untersucht wurde. Es existieren zwar bereits etliche Studien mit funktioneller Bildgebung an erwachsenen Personen zur Verarbeitung und Zuschreibung von Wünschen und Emotionen und der Prozessierung von moralisch relevanten Inhalten, Bereichen also, die das Thema der vorliegenden Studie tangieren. Diese Untersuchungen unterscheiden sich von der vorliegenden jedoch in einigen Punkten: in den Studien, in denen Wünsche, Intentionen oder zumindest dahingehende Vorläuferfunktionen untersucht wurden, lag der Fokus logischerweise auf den neuronalen Korrelaten dieser ToM-Komponente, wohingegen in der vorliegenden Studie zwar auch der Wunsch des Protagonisten im Hinblick auf die später erforderliche Vorhersage der Emotion verarbeitet werden musste, der Fokus jedoch auf dem Prozess der Zuschreibung der Emotion in Abhängigkeit vom Wunsch des Protagonisten und dem Outcome der Handlung lag. Auch in der nach Wissen der Autorin bis dato einzigen vorhandenen fMRT-Studie zur wunschbasierten Emotionsattribution (Abraham et al., 2010) wurde nicht speziell der Prozess der Emotionsattribution, sondern die Verarbeitung des präsentierten Wunsches des Protagonisten bzw. die Prozessierung der Information, ob der gewünschte Outcome eintrat oder nicht zusammen mit der Frage nach dem Vorhandensein einer bestimmten Emotion erhoben. Zudem enthielt diese Studie keine unmoralischen Wünsche. In den Studien wiederum, in denen moralisch relevante Szenarien untersucht wurden, wurden häufig keine (explizit) intentionalen Überschreitungen moralischer Standards untersucht (z. B. Kédia et al., 2008), bzw. deren Verarbeitung nicht mit der Prozessierung intentionaler, aber nicht moralisch bedeutsamer Handlungen verglichen (z. B. Finger et al., 2006). In der Studie von

Young et al. (2007) wurde zwar eine Bedingung realisiert, in der der Protagonist in dem Glauben und somit auch mit der Intention eine „neutrale“ Handlung auszuführen handelt, allerdings sollten die Probanden hier wie in vielen anderen Studien auch, die sich mit moralisch relevanten Kontexten befassten (z. B. Schaich et al., 2006) keine Emotionszuschreibung vornehmen, sondern die Handlung aus moralischer Sicht bewerten. In den wenigen Untersuchungen, in denen schließlich die Zuschreibung von Emotionen erfasst wurde, wurden zwar sowohl neutrale (z. B. Völlm et al., 2006) als auch moralisch relevante (z. B. Burnett et al., 2009) Kontexte verwendet, allerdings nicht im Zusammenhang mit der Erfüllung bzw. Nicht-Erfüllung neutraler bzw. unmoralischer Wünsche. Dementsprechend wurde in der vorliegenden Studie erstmals konkret der Prozess der Zuschreibung von Emotionen in Abhängigkeit davon, ob ein vorhergehender neutraler oder unmoralischer Wunsch eines Protagonisten in einem entsprechenden Handlungsausgang resultierte oder nicht, bei erwachsenen Probanden untersucht.

Dabei wurde zunächst der Frage nachgegangen, welche Gehirnregionen bei erwachsenen Probanden generell bei der wunschbasierten Emotionsattribution aktiviert werden, und ob sich dabei ein mit Befunden anderer Studien zur Zuschreibung von Emotionen vergleichbares Netzwerk finden lässt. In der vorliegenden Studie zeigte sich, dass die erwachsenen Probanden bei der Zuschreibung von Emotionen ausschließlich frontale Areale aktivierten. Neben Aktivierungen im dorsalen (BA 9/10) und ventralen lateralen Präfrontalkortex (BA 45/47) ergab sich auch eine Aktivierung im medialen Frontalkortex, die sich vom dorsalen anterioren cingulären Kortex weiter dorsal posterior in das präsupplementär-motorische Areal erstreckte (BA 32/6). Aktivierungen insbesondere im medialen, aber auch im ventrolateralen Präfrontalkortex wurden sehr häufig auch in vorherigen Studien gefunden, die die Dekodierung bzw. Zuschreibung von Emotionen in unterschiedlichen Kontexten sowie die Verarbeitung moralisch relevanter Szenarien untersuchten (vgl. Abschnitte 1.3.1.2 und 1.3.1.3). Im Gegensatz zur vorliegenden Studie ergaben sich in einigen Untersuchungen jedoch auch weiter ventral und anterior gelegene Bereiche des mPFC bis hin zum orbitalen mPFC, sowie Aktivierungen in temporalen und parietalen Arealen, was in der vorliegenden Studie nicht beobachtet werden konnte. Die Befunde der vorliegenden Studie stehen somit in Einklang mit vorherigen Untersuchungen dahingehend, dass dorso-medialen frontalen und ventrolateralen präfrontalen Arealen bei der Zuschreibung von Emotionen in unterschiedlichen Kontexten und auch speziell bei der wunschbasierten Emotionsattribution eine wichtige Rolle zukommt. Eine zusätzliche Rekrutierung ventromedialer präfrontaler sowie posteriorer Areale scheint jedoch bei diesem speziellen Fall der Emotionszuschreibung entgegen der Erwartung bei erwachsenen Personen

nicht notwendig zu sein. In den folgenden Abschnitten werden nun die bei den erwachsenen Probanden aktivierten Gehirnregionen hinsichtlich ihrer möglichen Bedeutung und Funktion bei der Verarbeitung der präsentierten neutralen bzw. unmoralischen erfüllten und unerfüllten Wünsche und der darauf basierenden Zuschreibung von Emotionen diskutiert.

4.2.1 Der laterale präfrontale Kortex

Aktivierungen in ventralen und dorsalen Bereichen des präfrontalen Kortex zeigten sich in der vorliegenden Studie sowohl bei der Nicht-Erfüllung eines neutralen und unmoralischen Wunsches, als auch bei der Erfüllung eines unmoralischen Wunsches im Vergleich zur Realitätsbedingung.

Aktivierungen im vIPFC wurden häufig im Rahmen der Wunsch- / Intensionsattribution (Abraham et al., 2010; Brunet et al., 2000; Gallagher et al., 2002; Völlm et al., 2006; Walter et al., 2004), der Emotionsattribution in neutralen und moralisch relevanten Szenarien (Berthoz et al., 2002; Finger et al., 2006; Hynes et al., 2006; Nakamura et al., 1999; Ochsner et al., 2004; Schulte-Rüther et al., 2007) sowie bei der Verarbeitung oder Beurteilung moralisch relevanter Szenarien (Harenski & Hamann, 2006; Heekeren et al., 2003; Moll et al., 2002a) gefunden. In einigen Studien zeigte sich dabei, dass der vIPFC insbesondere bei der Zuschreibung von Wünschen / Intentionen (Walter et al., 2004) und Emotionen (Schulte-Rüther et al., 2007) in sozialen Interaktionen oder interpersonellen Kontexten aktiviert wurde. Beispielsweise fanden Walter und Kollegen (2004) nur bei der Prozessierung kommunikativer Gesten (z. B. auf eine Flasche deuten, um diese gereicht zu bekommen), nicht aber bei einer nur von einer Person ausgeführten intendierten Handlung (z. B. Lampe reparieren, um ein Buch lesen zu können) oder bei zwei von zwei Personen nicht aufeinander bezogenen ausgeführten intendierten Handlungen Aktivierungen im vIPFC. In der Studie von Schulte-Rüther und Kollegen (2007) zeigte sich in diesem Kortexareal eine Mehraktivierung, wenn die Vpn beurteilen sollten, welche Emotion bei der Betrachtung eines Gegenübers, welches eine bestimmte Emotion zum Ausdruck bringt, bei ihnen selbst ausgelöst wird im Vergleich zur bloßen Dekodierung des gezeigten emotionalen Ausdrucks. Dem vIPFC könnte demnach bei der Prozessierung dieser mentalen Zustände insbesondere dann eine bedeutende Rolle zukommen, wenn diese in gewisser Weise eine oder mehrere weitere Personen betreffen oder involvieren. Für diese Interpretation sprechen auch die Ergebnisse von Finger und Kollegen (2006). In dieser Studie zeigte sich eine Mehraktivierung des vIPFC bei der Zuschreibung von Emotionen nach intentionalen Überschreitungen moralischer Standards (bei welchen eine andere Person Schaden nimmt und automatisch involviert ist). Bei der

versehentlichen Übertretung sozialer Normen zeigte sich eine Aktivierung jedoch nur, wenn diese von anderen Personen beobachtet wurde und damit ebenfalls in einem interpersonellen Kontext stattfand. In Übereinstimmung mit diesen Befunden könnten sich auch in der vorliegenden Studie, in der Wünsche und erwünschte bzw. nicht erwünschte Outcomes in einem interaktionellen Kontext dargestellt wurden und insbesondere im Falle unmoralischer Wünsche andere Personen involvierten, Aktivierungen in diesem Kortexareal ergeben haben.

Allerdings ergab sich bei der Zuschreibung von Emotionen nach neutralen erfüllten Wünschen keine Aktivierung im vIPFC. Eine mögliche Erklärung hierfür könnte darin bestehen, dass der vIPFC v. a. mit der Repräsentation negativer oder aversiver emotionaler Reaktionen in Verbindung gebracht wird. Blair und Cipolotti (2000) konnten z. B. zeigen, dass Läsionen in diesem Bereich v. a. zu Schwierigkeiten bei der Erkennung von Wut und bei der Zuschreibung von Wut und Verlegenheit, nicht aber von anderen Emotionen führen. Die Aktivierung im vIPFC bei der Nicht-Erfüllung neutraler und unmoralischer Wünsche und der Erfüllung eines unmoralischen Wunsches könnte sich demnach dadurch ergeben haben, dass diese drei Situationen im Gegensatz zur Erfüllung neutraler Wünsche vornehmlich bzw. auch mit negativen Emotionen assoziiert sind, während die Erfüllung eines neutralen Wunsches nur mit positiven Emotionen einhergeht. In Übereinstimmung damit zeigte sich in der vorliegenden Studie auch, dass bei der Erfüllung eines neutralen Wunsches positive Emotionen zugeschrieben wurden, wohingegen bei der Nicht-Erfüllung neutraler und unmoralischer Wünsche durchgehend negative Emotionen zugeschrieben wurden und sich Hinweise darauf ergaben, dass die Verletzung eines moralischen Standards auch bei der Erfüllung eines unmoralischen Wunsches nicht gänzlich vernachlässigt wurde.

Dem anterioren Teil des vIPFC (BA 47; pars orbitalis), der in der vorliegenden Studie bei der Erfüllung eines unmoralischen Wunsches und bei der Nicht-Erfüllung eines neutralen und unmoralischen Wunsches aktiviert wurde, wird jedoch auch für den kontrollierten Top-Down-Abruf relevanter semantischer und episodischer Wissensinhalte aus dem Langzeitgedächtnis eine Bedeutung beigemessen, sowie für den aktiven Abgleich dieser Wissensinhalte mit in der phonologischen Schleife des Arbeitsgedächtnisses gehaltenen und überwachten aktuellen Informationen, und somit für die Interpretation sozialer Stimuli (Badre & Wagner, 2007; Bunge, Ochsner, Desmond, Glover & Gabrieli, 2001; Owen, Evans & Petrides, 1996; Paulesu, Frith & Frackowiak, 1993; Petrides, 2005). Diese Funktion des anterioren vIPFC lässt sich in Einklang bringen mit der Beobachtung, dass dieses Areal nicht nur bei der Dekodierung und Zuschreibung von Wünschen / Intentionen und Emotionen sowie bei der Bewertung moralischer Verstöße gefunden wurde, sondern auch bei der Zuschreibung von Über-

zeugungen (z. B. Sommer et al., 2007). Bei allen diesen Aufgaben könnte je nach Komplexität ein Abruf von ursprünglich episodisch enkodiertem, mit zunehmender Erfahrung generalisiertem semantischem Wissen über die Welt (Fink, Markowitsch, Reinkemeier, Bruckbauer, Kessler & Heiss, 1996) und / oder von konkreterem episodischem Wissen über ähnliche Situationen (z. B. Wissen darüber, was kommunikative Gesten bedeuten, welcher Gesichtsausdruck Freude signalisiert, wie sich eine Person in einer bestimmten Situation normalerweise fühlt bzw. wie man sich selbst in einer ähnlichen Situation gefühlt hat, dass eine Person nur das wissen kann, worüber sie die nötigen Informationen hat, was moralisch richtig ist und was nicht, usw.) und ein Abgleich dieses Wissens mit den aktuellen Aufgabenanforderungen nötig sein, um beispielsweise Handlungen, Reaktionen oder Emotionen vorherzusagen, verstehen oder beurteilen zu können. Dementsprechend könnte auch bei der wunschbasierten Zuschreibung von Emotionen ein kontrollierter Abruf eines semantischen Skripts und / oder episodischer Gedächtnisinhalte hinsichtlich des kausalen Zusammenhangs zwischen der Erfüllung bzw. Nicht-Erfüllung von Wünschen und damit einhergehenden Emotionen und eigenen Erfahrungen in solchen Situationen sowie ein Abgleich mit aktuellen, durch die Aufgabe dargebotenen Informationen erfolgen, um die Frage nach der Emotion des Protagonisten beantworten zu können. Wurde ein neutraler Wunsch erfüllt, konnte jedoch gegenüber der Beantwortung der Frage, mit welchem Gegenstand die Kinder spielen, keine Mehraktivierung in diesem Areal gefunden werden. Diese Beobachtung könnte wieder mit dem oben angeführten Befund, wonach der vIPFC v. a. im Zusammenhang mit negativen Emotionen eine wichtige Rolle spielt, in Verbindung stehen. Zum anderen könnte dieses Ergebnis darauf beruhen, dass die Erfüllung eines neutralen Wunsches das im Vergleich mit den anderen Bedingungen am wenigsten komplexe Konzept darstellt und daher möglicherweise keinen kontrollierten Abgleich der durch die Aufgabe dargebotenen Informationen mit Langzeitgedächtnisinhalten erfordert. Die Zuschreibung von Emotionen bei der Erfüllung bzw. Nicht-Erfüllung neutraler Wünsche stellt allgemein eine weniger komplexe Situation dar als bei der Erfüllung bzw. Nicht-Erfüllung unmoralischer Wünsche, da nur der Match bzw. Mismatch zwischen dem Wunsch und dem Outcome berücksichtigt werden muss, während bei unmoralischen Wünschen zusätzlich die Verletzung eines moralischen Standards integriert werden muss. Dementsprechend zeigte sich in entwicklungspsychologischen Studien auch, dass Kinder zwar bereits im Alter von zweieinhalb bis drei Jahren Emotionen bei der Erfüllung bzw. Nicht-Erfüllung neutraler Wünsche zuschreiben können, dass sie jedoch erst im Schulalter dazu in der Lage sind, die subjektive und moralische Perspektive und die unterschiedlichen emotionalen Konsequenzen insbesondere bei der Erfüllung unmoralischer Wünsche zu integrieren. Die Erfüllung eines

neutralen Wunsches könnte nun auf neuronaler Ebene im Vergleich zur Nicht-Erfüllung eines neutralen Wunsches für erwachsene Probanden eine noch weniger komplexe Situation darstellen, möglicherweise deshalb, da das Eintreten des intendierten Outcomes – einen Gegenstand in einem einfachen Spiel zur richtigen Person zu spielen – der Erwartung der erwachsenen Vpn entsprach und im Vergleich zur Nicht-Erfüllung eines neutralen Wunsches kein Mismatch und keine Erwartungsverletzung prozessiert werden mussten. Ähnlich wie bei der Beurteilung der Frage, mit welchem Gegenstand die Kinder spielen, könnte also die Information „der Gegenstand landet bei der richtigen Person“ für die Beantwortung der Frage ausgereicht haben, ohne dass ein kontrollierter Abruf von Informationen aus dem Langzeitgedächtnis und ein aktiver Abgleich mit der aktuellen Situation, mit der der Protagonist konfrontiert ist (der Wunsch wird entgegen der Erwartung nicht erfüllt), erfolgen musste.

In Übereinstimmung mit der Annahme unterschiedlicher Komplexitätsgrade hinsichtlich der Zuschreibung von Emotionen in den einzelnen Bedingungen könnte auch der Befund der vorliegenden Studie hinsichtlich der Aktivierung des dorsolateralen präfrontalen Kortex gesehen werden (BA 9 bzw. BA 9/10). Auch für dieses Areal ergaben sich nur bei der Emotionsattribution nach unerfüllten neutralen und unmoralischen sowie nach erfüllten unmoralischen Wünschen Mehraktivierungen gegenüber der Realitätsbedingung, nicht jedoch bei der Emotionsattribution nach erfüllten neutralen Wünschen. Dem dlPFC wird u. a. beim Halten, Überwachen und Manipulieren und dem aktiven Abruf von aktuellen Repräsentationen im Arbeitsgedächtnis eine wichtige Rolle zugeschrieben (Cabeza & St Jacques, 2007; D’Esposito, 2007; Owen, McMillan, Laird & Bullmore, 2005). Die Aktivierungen des dlPFC in der vorliegenden Studie könnten also mit einem aktiven Abrufen und Halten der für die Zuschreibung der Emotionen relevanten Informationen, dem Wunsch des Protagonisten und dem Outcome, im Arbeitsgedächtnis assoziiert sein. Eine mögliche Erklärung für die auch hier fehlende Aktivierung bei der Erfüllung neutraler Wünsche im Vergleich zur Realitätsbedingung könnte darin begründet sein, dass bei der Erfüllung eines neutralen Wunsches im Vergleich zu den anderen Bedingungen weniger Informationen verarbeitet und im Arbeitsgedächtnis gehalten werden müssen. Wird ein neutraler Wunsch erfüllt, muss lediglich der Match zwischen einem neutralen Wunsch und einem neutralem Outcome, die beide die gleiche Person betreffen, prozessiert werden. Wird ein Wunsch hingegen nicht erfüllt, muss der Mismatch zwischen dem Wunsch, der auf eine bestimmte Person gerichtet ist, und dem Outcome, der sich auf eine andere Person bezieht, verarbeitet werden. Handelt es sich dabei um einen unmoralischen Wunsch, wird nicht nur der Mismatch zwischen Wunsch und Outcome, sondern auch die Übertretung eines unmoralischen Standards an sich und die nicht intendierte Verletzung eines

anderen Kindes verarbeitet. In ähnlicher Weise dürfte bei der Erfüllung eines unmoralischen Wunsches nicht nur der Match zwischen Wunsch und Outcome wie bei der Erfüllung eines neutralen Wunsches prozessiert werden, sondern zusätzlich auch die Information, dass ein Kind willentlich verletzt wurde. Auch wenn sich beim direkten Vergleich dieser Emotionsattributionsbedingungen mit der Bedingung, in der ein neutraler Wunsch erfüllt wurde, keine Mehraktivierungen im vIPFC und dIPFC ergaben, so lassen die Ergebnisse der jeweils mit der Realitätsbedingung kontrastierten einzelnen Emotionsattributionsbedingungen dennoch vermuten, dass die Zuschreibung von Emotionen bei erfüllten neutralen Wünschen aufgrund ihrer geringeren Komplexität im Gegensatz zur Zuschreibung von Emotionen bei erfüllten unmoralischen und unerfüllten neutralen und unmoralischen Wünschen im Vergleich mit der Realitätsbedingung keine zusätzlichen Gedächtnisprozesse erfordert, wohingegen dies in den drei anderen Bedingungen der Fall zu sein scheint.

In ähnlicher Weise könnten auch die in den anderen drei Bedingungen gegenüber der Realitätsbedingung gefundenen Mehraktivierungen im dIPFC und vIPFC auf einen variierenden Komplexitätsgrad hinweisen, auch wenn sich hier ebenfalls keine signifikanten Mehraktivierungen in diesen Regionen beim direkten Vergleich dieser Emotionsattributionsbedingungen untereinander ergaben. So zeigte sich in Studien zur kognitiven Kontrolle zum einen, dass Aufgaben mit zunehmendem Abstraktheits- und Komplexitätsgrad von zunehmend weiter rostral (ventral) gelegenen Arealen des präfrontalen Kortex prozessiert werden (Badre & D'Esposito, 2007). In Übereinstimmung mit diesem Befund könnte das Ergebnis der vorliegenden Studie hinsichtlich der Aktivierung des dIPFC gesehen werden. Während bei der Nicht-Erfüllung eines neutralen Wunsches nur BA 9 aktiviert wurde, zeigte sich in den beiden Bedingungen mit unmoralischem Wunsch eine Aktivierung, die sich von BA 9 auch über das weiter rostral ventral gelegene, mit abstrakteren Verarbeitungsprozessen assoziierte Brodmann-Areal 10 erstreckte. Dieses Ergebnis könnte in Einklang damit stehen, dass die Zuschreibung von Emotionen bei erfüllten und unerfüllten unmoralischen Wünschen einen höheren Komplexitätsgrad besitzt, da nicht nur die subjektive Zielerreichung, sondern auch die Verletzung eines moralischen Standards berücksichtigt werden musste. Da sich in der Studie von Badre und D'Esposito (2007) jedoch mit dem Abstraktheits- bzw. Komplexitätsgrad variierende distinkte Areale im präfrontalen Kortex ergaben und das in jener Studie mit komplexen Verarbeitungsprozessen assoziierte Brodmann-Areal 10 mehr den frontopolen Kortex umfasste, ist diese Annahme aber als spekulativ zu sehen. Zum anderen ergab sich in Studien zur kognitiven Kontrolle auch, dass bei einem höheren Abstraktheits- und Komplexitätsgrad mehr der rechte PFC, bei einem niedrigeren Abstraktheits- und Komplexitäts-

grad hingegen der linke PFC aktiviert wurde (Aziz-Zadeh, Kaplan & Iacoboni, 2009). In Übereinstimmung damit zeigte sich in der vorliegenden Studie bei der Zuschreibung von Emotionen nach neutralen unerfüllten Wünschen eine Aktivierung im linken vIPFC, während sich bei der Zuschreibung von Emotionen nach erfüllten und unerfüllten unmoralischen Wünschen eine bilaterale Aktivierung zeigte, was ebenfalls auf einen zunehmenden Komplexitätsgrad hindeuten könnte. Ein weiterer Hinweis auf einen höheren Komplexitätsgrad könnte sich aus Befunden zu Lateralisierungseffekten hinsichtlich mit dem Abruf von semantischen und episodischen Gedächtnisinhalten assoziierter Areale im vIPFC ergeben. Nach Badre und Wagner (2007) und Cabeza und Nyberg (2000) lasse sich eine klare Tendenz dahingehend feststellen, dass der linke anteriore vIPFC mit dem Abruf semantischen Wissens, der rechte anteriore vIPFC hingegen mit dem Abruf episodischen Wissens assoziiert sei. In der vorliegenden Studie zeigte sich bei der Nicht-Erfüllung eines neutralen Wunsches nur eine linkshemisphärische Aktivierung im anterioren vIPFC, während sich bei der Erfüllung und Nicht-Erfüllung eines unmoralischen Wunsches sowohl links- als auch rechtshemisphärische Aktivierungen ergaben. Dies könnte bedeuten, dass bei der Zuschreibung einer Emotion bei der Nicht-Erfüllung eines neutralen Wunsches ein kontrollierter Abruf eines semantischen Konzepts ausreicht, während im Kontext unmoralischer Wünsche und Handlungen möglicherweise zusätzlich der Abruf konkreteren, weniger schematisierten episodischen Wissens notwendig ist.

Nur bei der Zuschreibung von Emotionen nach einem unmoralischen erfüllten Wunsch ergab sich neben den in diesem Kapitel beschriebenen Aktivierungen im anterioren Teil des vIPFC, dem pars orbitalis, außerdem eine zusätzliche Aktivierung in BA 45, dem etwas weiter posterior gelegenen Bereich des vIPFC (pars triangularis). Dieses Areal wird insbesondere mit der Verarbeitung von konkurrierenden Assoziationen oder simultan aktiven Repräsentationen im Arbeitsgedächtnis assoziiert, sowie mit dem Lösen der Interferenz zwischen diesen Aspekten, insbesondere zwischen abgerufenen zielrelevanten und -irrelevanten Informationen (Badre & Wagner, 2007; Bunge, Ochsner, Desmond, Glover & Gabrieli, 2001; Paulesu et al., 1993; Petrides, 2005). In Übereinstimmung mit dieser Funktion könnte die Aktivierung dieses Bereichs des vIPFC nur bei der Erfüllung eines unmoralischen Wunsches darauf beruhen, dass nur in dieser Bedingung die konkurrierenden Aspekte der mit positiven Emotionen einhergehenden subjektiven Zielerreichung und der mit negativen Emotionen einhergehenden Übertretung eines moralischen Standards und Verletzung einer Person verarbeitet werden müssen und die Interferenz zwischen diesen beiden Aspekten gelöst werden muss, um eine Entscheidung hinsichtlich der hauptsächlich erwarteten Emotion beim Protagonisten treffen zu können. Bestätigung findet diese Interpretation auch durch die

von Badre und Wagner (2007) formulierte Annahme eines Informationsverarbeitungsprozesses vom anterioren (BA 47) zum mittleren vIPFC (BA 45): treten bei einem Abruf und Abgleich von Informationen, womit der anteriore vIPFC assoziiert wird, konkurrierende Repräsentationen auf, wird zusätzlich der mittlere vIPFC rekrutiert, um die Interferenz aufzulösen.

BA 45 als Teilbereich des vIPFC bzw. inferioren frontalen Gyrus wird jedoch auch als Teil des menschlichen Spiegelneuronensystems diskutiert (für Übersichten siehe z. B. Gallese, 2007; Iacoboni & Mazziotta, 2007; Molenberghs, Cunnington & Mattingley, 2009). Spiegelneurone stellen eine bestimmte Klasse von Neuronen dar, die ursprünglich in der Area F5 des prämotorischen Kortex bei Makaken entdeckt wurden und sich dadurch auszeichnen, dass sie sowohl Aktivität aufzeigen, wenn der Affe eine bestimmte Handlung selbst ausführt als auch wenn er ein anderes Individuum beim Ausführen dieser Handlung beobachtet. Beim Menschen konnten Spiegelneurone bisher im rostralen Teil des inferioren Parietallappens, im ventralen und dorsalen prämotorischen Kortex (inklusive BA 6) und im inferioren frontalen Gyrus (BA 44/45) gefunden werden, beispielsweise bei der Beobachtung von Greifbewegungen (z. B. Iacoboni, Molnar-Szakacs, Gallese, Buccino, Mazziotta & Rizzolatti, 2005). Rizzolatti und Sinigaglia (2007) nehmen an, dass erst durch die Aktivierung der Spiegelneurone die intentionale Bedeutung einer beobachteten Handlung und nicht nur die einzelnen sensorischen Aspekte wahrgenommen werden können, da durch die Spiegelneurone die visuelle Repräsentation der beobachteten Handlung auf eine motorische abgebildet werde. Dem Spiegelneuronensystem wurde daher zunächst v. a. beim Verstehen von Handlungen und Intentionen eine wichtige Bedeutung beigemessen. Nach neuerem Ansatz scheinen Spiegelneurone jedoch auch eine wichtige Rolle bei anderen mentalen Prozessen, wie dem Erkennen oder Zuschreiben von emotionalen Zuständen (Carr, Iacoboni, Dubeau, Mazziotta & Lenzi, 2003; Gallese, 2003) zu spielen. Aktivierungen in diesen Arealen zeigten sich nämlich u. a. auch bei der Beobachtung und Imitation emotionaler Gesichtsausdrücke (Dapretto, Davies, Pfeifer, Scott, Sigman, Bookheimer et al., 2006), so dass Spiegelneurone auch die neuronale Basis der Resonanz des Beobachters auf emotional relevante Situationen darstellen könnten, was wiederum ein Verständnis der emotionalen Zustände anderer Personen ermöglichen oder unterstützen könnte. Dementsprechend könnten in der vorliegenden Studie der unmoralische Wunsch des Protagonisten, die intendierte unmoralische Handlung sowie die in Anbetracht der subjektiven Zielerreichung und der Verletzung einer Person möglichen Emotionen des Protagonisten auf neuronaler Ebene gespiegelt worden sein. Zusätzlich zu einem Abruf semantischer und / oder episodischer Gedächtnisinhalte sowie aktueller Arbeitsgedächtnisrepräsentationen und dem Abgleich dieser könnte

also insbesondere in dieser Bedingung, in der mehrere Perspektiven und die damit einhergehenden konkurrierenden Emotionen integriert werden müssen, mit BA 45 ein Bereich des Spiegelneuronensystems rekrutiert worden sein, um alle Aspekte der Situation verarbeiten und zu einem umfassenden Verständnis der emotionalen Konsequenzen für den Protagonisten gelangen zu können. In Übereinstimmung mit der Annahme, dass BA 45 eine wichtige Funktion bei der Übernahme der emotionalen Perspektive einer anderen Person haben könnte, zeigte sich in der Studie von Schulte-Rüther et al. (2007) interessanterweise eine signifikante Korrelation zwischen der Aktivierung in BA 45 und der Empathiefähigkeit der Probanden.

4.2.2 Der mediale frontale Kortex

Wie bereits erwähnt fanden sich in der vorliegenden Studie bei der Zuschreibung von Emotionen wie auch in vorherigen vergleichbaren Studien Aktivierungen im medialen frontalen Kortex. Bei Betrachtung der Aktivierungen in den einzelnen Bedingungen zeigte sich, dass ein weit dorsal posterior gelegener Bereich des medialen Frontalkortex, das präsupplementär-motorische Areal (BA 6), zusätzlich zum vIPFC und dIPFC bei der Zuschreibung von Emotionen nach unerfüllten neutralen und unmoralischen sowie erfüllten unmoralischen Wünschen im Vergleich mit der Realitätsbedingung eine Mehraktivierung aufwies. Des Weiteren zeigte dieses Areal bei der Erfüllung eines unmoralischen Wunsches nicht nur eine Mehraktivierung gegenüber der Realitätsbedingung, sondern auch im Vergleich zur Erfüllung eines neutralen Wunsches. Diese Befunde könnten darauf hinweisen, dass diese Region zwar auch bei der Zuschreibung von Emotionen nach unerfüllten neutralen und unmoralischen Wünschen, insbesondere aber nach erfüllten unmoralischen Wünschen eine wichtige Rolle spielt. Des Weiteren zeigte sich, dass sich die Aktivierung bei der Emotionsattribution nach erfüllten und unerfüllten unmoralischen Wünschen im Gegensatz zur Emotionsattribution nach unerfüllten neutralen Wünschen nicht nur auf den dorsalen medialen Teil von BA 6, sondern auch auf einen weiter ventral gelegenen Bereich sowie das dACC (BA 32) erstreckte. Im dACC ergab sich außerdem auch beim Vergleich beider Bedingungen mit unmoralischen Wünschen mit den beiden Bedingungen mit neutralen Wünschen eine Mehraktivierung. Dem dACC könnte demnach eine wichtige Funktion bei der wunschbasierten Emotionsattribution insbesondere in moralisch relevanten Kontexten zukommen.

Beide Areale, BA 6 und BA 32, wurden sowohl in einigen vorherigen Studien zur Verarbeitung bzw. Zuschreibung von Intentionen / Wünschen (z. B. Abraham et al., 2010; Brunet et al., 2000; Lau, Rogers, Haggard & Passingham, 2004) als auch von Emotionen in nicht moralisch relevanten (Harenski & Hamann, 2006; Schulte-Rüther et

al., 2007) und sozial / moralisch relevanten Kontexten (Berthoz et al., 2002; Finger et al., 2006; Harenski & Hamann, 2006; Kédia et al., 2008) gefunden. So fanden beispielsweise Brunet und Kollegen (2000) eine Mehraktivierung im dorsalen prä-SMA, wenn die Probanden anhand von Bildergeschichten die Intention des Protagonisten prozessieren und die nächste Handlung vorhersagen sollten im Vergleich dazu, wenn die Vpn den Ausgang von Geschichten, in denen zwar Personen, aber keine intentionalen Handlungen involviert waren, unter Berücksichtigung physikalischer Kausalitäten vorhersagen sollten. Ähnlich wie in der vorliegenden Studie, in der der Wunsch des Protagonisten sowie der Outcome der Handlung verarbeitet und integriert werden mussten, um den Gefühlszustand des Protagonisten vorherzusagen, musste in der Studie von Brunet und Kollegen (2000) die Intention des Protagonisten prozessiert werden, um die nächste Handlung vorhersagen zu können. Des Weiteren wurden Aktivierungen im dorsalen prä-SMA sowohl bei der Dekodierung von Emotionen aus Augenpartien (Baron-Cohen, Ring, Wheelwright, Bullmore, Brammer, Simmons et al., 1999) und Gesichtern und bei der Zuschreibung eigener emotionaler Zustände bei der Betrachtung emotionaler Gesichtsausdrücke gefunden (Schulte-Rüther et al., 2007), als auch beim Betrachten von Bildern mit emotionalem Inhalt (Harenski & Hamann, 2006). Baron-Cohen et al. (1999) fanden außerdem, dass das dorsale prä-SMA nur von gesunden Probanden, nicht jedoch von autistischen Probanden bei der Dekodierung von Emotionen aus Augenpartien rekrutiert wurde. Insbesondere letzterer Befund, dass autistische Patienten, die häufig nicht nur Beeinträchtigungen in solchen ToM-Vorläuferfunktionen, sondern auch in Higher-Level-ToM-Prozessen zeigen (Abell et al., 2000), bereits bei basaleren Prozessen, wie der Dekodierung von Emotionen, im Gegensatz zu gesunden Probanden Unterschiede in der Rekrutierung dieses Areals aufweisen, könnte darauf hinweisen, dass dem dorsalen prä-SMA eine grundlegende Funktion bei der Zuschreibung mentaler Zustände zukommen könnte. Da BA 6 wie oben beschrieben auch als Teil des menschlichen Spiegelneuronensystem diskutiert wird, könnte die Funktion des prä-SMA darin bestehen, relevante soziale Cues zu spiegeln – im Falle der vorliegenden Studie den Wunsch sowie den intendierten bzw. nicht intendierten Handlungsausgang – was das Verständnis des mentalen Zustands – im Fall der vorliegenden Studie die Emotion des Protagonisten – unterstützen könnte. Hierzu ist jedoch anzumerken, dass in den Studien, die sich explizit mit den Komponenten des Spiegelneuronensystems beschäftigten, vorwiegend laterale Bereiche von BA 6 gefunden wurden (z. B. Iacoboni et al., 2005), während in der vorliegenden Studie der mediale Anteil aktiviert wurde. Iacoboni und Kollegen (2005) fanden lediglich eine Aktivierung des medialen BA 6, wenn sie die Vpn instruierten, explizit die Intention der beobachteten Handlung zu dekodieren im Gegensatz dazu, wenn sie die

Handlung lediglich beobachten sollten. In ähnlicher Weise könnte sich auch in der vorliegenden Studie eine Aktivierung im medialen Teil von BA 6 ergeben haben, da auch hier der Wunsch des Protagonisten explizit durch den Untertitel dargestellt wurde und zusammen mit dem Outcome kontrolliert verarbeitet werden musste, um die Frage nach der Emotion beantworten zu können. Allerdings zeigte sich bei der Emotionsattribution nach der Erfüllung eines neutralen Wunsches, in der wie in den anderen Bedingungen auch der Wunsch des Protagonisten explizit dargestellt wurde, keine Aktivierung im medialen BA 6, was eher gegen die Annahme spricht, dass dieses Areal in der vorliegenden Studie nur mit der expliziten Prozessierung des Wunsches assoziiert ist. Des Weiteren wäre dadurch auch die Mehraktivierung dieses Areals bei der Emotionsattribution nach der Erfüllung unmoralischer Wünsche im Vergleich zur Erfüllung neutraler Wünsche nicht zu erklären, da wiederum in beiden Bedingungen der Wunsch des Protagonisten explizit dargestellt wurde. Der Befund, dass sich eine Aktivierung im medialen BA 6 nur bei der Nicht-Erfüllung eines neutralen Wunsches (wenn also eine nicht intendierte Handlung ausgeführt wurde), nicht jedoch bei der Erfüllung eines neutralen Wunsches ergab (wenn die Handlung wie gewünscht ausgeführt wurde), könnte in Einklang mit dem Befund einer Studie von Buccino, Baumgaertner, Colle, Buechel, Rizzolatti und Binkofski (2007) gesehen werden, bei der sich eine Mehraktivierung im medialen Anteil von BA 6 bei der Beobachtung von nicht intendierten im Vergleich zu intendierten Handlungen zeigte. Allerdings hätte sich bei Zutreffen dieser Interpretation dann auch keine Aktivierung bei der Erfüllung unmoralischer Wünsche, bei der der Outcome bzw. die ausgeführte Handlung dem Wunsch des Protagonisten entspricht und somit als intendiert gesehen werden kann, ergeben dürfen. Des Weiteren zeigte sich auch beim Vergleich der beiden Bedingungen, in denen der Wunsch nicht erfüllt wurde, also nicht intendierte Handlungen ausgeführt wurden, keine Mehraktivierung in BA 6 medial gegenüber den Bedingungen, in denen der Wunsch erfüllt und somit intendierte Handlungen ausgeführt wurden. Die in der vorliegenden Studie gefundenen Aktivierungen im medialen Anteil von BA 6 bei der wunschbasierten Emotionsattribution scheinen also weniger mit den im Rahmen von Studien zum Spiegelneuronensystem gefundenen möglichen basaleren Funktionen dieses Areals (explizite Verarbeitung von Intentionen oder Wünschen, Verarbeitung nicht intendierter Handlungen) assoziiert zu sein. Widersprüchliche Befunde dazu ergaben sich auch in den Studien von Berthoz und Kollegen (2002) und Finger und Kollegen (2006). In diesen Untersuchungen ergaben sich zum einen Aktivierungen im medialen BA 6, obwohl die Intention des Protagonisten nicht explizit dargestellt wurde bzw. von den Probanden keine explizite Fokussierung und Ableitung der Intention gefordert wurde. Zum anderen fanden die Autoren in diesem Areal eine Mehrakti-

vierung bei der Prozessierung intentionaler Übertretungen sozialer und moralischer Standards im Vergleich zur versehentlichen (nicht intendierten) Übertretung sozialer Standards.

Einige Autoren gehen davon aus, dass der mediale Anteil von BA 6 mit höheren kognitiven Funktionen in Verbindung steht (Picard & Strick, 2001; vgl. auch Schulte-Rüther et al., 2007). In Einklang mit dieser Annahme zeigte sich, dass der mediale Anteil von BA 6 aktiviert wurde, wenn konfligierende Aspekte überwacht und integriert werden mussten, wenn zwischen miteinander konkurrierenden Aspekten eine Entscheidung getroffen oder zwischen diesen gewechselt werden musste, wenn eine automatische Antwort unterdrückt oder zwischen einer automatischen und kontrollierten Handlung gewechselt werden musste und wenn eine Erwartung verletzt wurde (z. B. Donohue, Wendelken & Bunge, 2008; Forstmann, Dutilh, Brown, Neumann, von Cramon, Ridderinkhof et al., 2008; Grèzes et al., 2004; Mars, Piekema, Coles, Hulsijn & Toni, 2007; Mostofsky & Simmonds, 2008; Tremblay & Gracco, 2009). Die in der vorliegenden Studie gefundenen Aktivierungen im prä-SMA lassen sich in Übereinstimmung mit diesen Befunden interpretieren. Das Eintreten des intendierten Handlungsausgangs – der Protagonist ist erfolgreich bei der Ausführung einer leichten Handlung, z. B. einen Ball zur richtigen Person zu werfen oder diese damit zu verletzen – könnte von den erwachsenen Probanden generell erwartet worden sein. Wurde ein neutraler Wunsch erfüllt, wurde also zum einen die Erwartung erfüllt und zum anderen mussten keinerlei konfligierende Aspekte der Situation integriert, sondern nur der Match zwischen Wunsch und Outcome verarbeitet werden, wodurch die fehlende Aktivierung bei der Zuschreibung von Emotionen nach erfüllten neutralen Wünschen im Vergleich mit der Realitätsbedingung zu erklären sein könnte. Wurde ein neutraler Wunsch hingegen nicht erfüllt, wurde die Erwartung, dass der Protagonist es schafft, den Gegenstand zur richtigen Person zu spielen, verletzt, so dass möglicherweise die Erwartung des intendierten Outcomes und der damit assoziierten positiven Emotion unterdrückt und ein kontrollierteres Updating der aktuellen, nicht mehr zum Wunsch passenden Situation durchgeführt werden musste, was in der Aktivierung von BA 6 resultiert haben könnte. Mit diesen Prozessen könnte in ähnlicher Weise auch die Aktivierung von BA 6 bei der Nicht-Erfüllung eines unmoralischen Wunsches assoziiert sein. BA 6 wurde jedoch auch bei der Erfüllung eines unmoralischen Wunsches aktiviert, einer Situation, in der keine Erwartungsverletzung auftrat. In diesem Kontext könnte BA 6 jedoch die Prozessierung konfligierender Aspekte der Situation – der persönliche Wunsch wurde erfüllt, allerdings wurde gegen einen moralischen Standard verstoßen und ein Kind verletzt – sowie das Wechseln zwischen den beiden Aspekten und den damit einhergehenden Emotionen und die Entscheidung für eine der beiden

Alternativen widerspiegeln. Wenngleich die Probanden sich auch bei der Zuschreibung von Emotionen bei der Erfüllung eines unmoralischen Wunsches ähnlich wie bei der Erfüllung eines neutralen Wunsches hauptsächlich am Outcome orientierten und positive Emotionen zuschrieben, so zeigte sich dennoch, dass die Vpn bei der Erfüllung eines unmoralischen Wunsches signifikant weniger häufig die positive und signifikant häufiger die negative Emotion wählten, als bei der Erfüllung eines neutralen Wunsches. Auch im Rating zeigte sich zumindest eine Tendenz zur Attribution gemischter Emotionen bei der Erfüllung eines unmoralischen Wunsches. Dementsprechend könnte die Aktivierung des prä-SMA bei der Zuschreibung von Emotionen nach erfüllten unmoralischen Wünschen insbesondere im Vergleich zur Zuschreibung von Emotionen nach erfüllten neutralen Wünschen mit der Verarbeitung dieser Ambivalenz assoziiert sein.

Wie bereits erwähnt erstreckte sich die bei der Zuschreibung von Emotionen nach unmoralischen erfüllten und unerfüllten Wünschen gegenüber der Realitätsbedingung gefundene Aktivierung in BA 6 auch auf den ventraler gelegenen Bereich des medialen Anteils von BA 6 und den dorsalen Bereich des anterioren cingulären Kortex (BA 32). Diese Region befindet sich in dem am weitesten dorsal posterior gelegenen Bereich des medialen frontalen Kortex, der nach Amodio und Frith (2006) eine funktionelle Subregion darstellt, die v. a. mit kognitiven Prozessen, wie Aufmerksamkeit, Handlungs- und Outcomemonitoring assoziiert ist und daher in Zusammenhang mit einer kontrollierteren Verarbeitung steht. Die in der vorliegenden Studie gefundenen Aktivierungen bei der Zuschreibung von Emotionen nach unmoralischen Wünschen, jedoch nicht nach neutralen Wünschen gegenüber der Realitätsbedingung könnten demnach darauf hinweisen, dass nur die Zuschreibung von Emotionen bei unmoralischen Handlungen bzw. moralisch relevanten Outcomes (ein Kind wird verletzt) im Gegensatz zur Beantwortung der Frage, mit welchem Gegenstand die Kinder spielen, mehr Aufmerksamkeitsprozesse und eine kontrolliertere Verarbeitung erfordert, nicht jedoch die Zuschreibung von Emotionen bei neutralen Wünschen und moralisch nicht relevanten Outcomes (die Zielperson oder eine andere Person erhält den Gegenstand).

Eine weitere mögliche Interpretation dieser Aktivierung könnte sich aus einer Studie von Gilbert, Simons, Frith und Burgess (2006a) zur stimulusabhängigen und stimulusunabhängigen Verarbeitung ergeben. In dieser Studie zeigte sich bei stimulusunabhängiger Verarbeitung eine Aktivierung in einem Bereich, der ähnlich wie in der vorliegenden Studie das dorsale ACC und einen ventralen medialen Teil des Brodmann-Areals 6 umfasste. Im Gegensatz zu einer stimulusabhängigen Verarbeitung der Realitätsbedingung und einem ähnlich stimulusabhängigen Prozess beim einfachen Matching zwischen dargestelltem neutralem Wunsch und Outcome hinsichtlich der

emotionalen Konsequenzen für den Protagonisten könnte bei der Verarbeitung unmoralischer Wünsche zusätzlich ein stimulusunabhängiger Prozess nötig sein. Während der dargestellte Match oder Mismatch zwischen unmoralischem Wunsch und Outcome und der damit einhergehenden Emotion ähnlich wie in den anderen Bedingungen stimulusorientiert verarbeitet worden sein könnte, könnte in den Bedingungen mit unmoralischen Wünschen, in denen eine Person verletzt wird, auch der mentale Zustand des Opfers, der jedoch nicht explizit dargestellt wurde, stimulusunabhängig im Hinblick auf die erwarteten Emotionen beim Protagonisten prozessiert worden sein. Wie bereits erwähnt ergaben sich aus dem Antwortverhalten der Vpn Hinweise darauf, dass auch bei der Erfüllung eines unmoralischen Wunsches nicht nur die subjektive Zielerreichung, sondern auch die unmoralische Handlung, das Verletzen eines anderen Kindes, und damit möglicherweise auch dessen mentaler Zustand mitberücksichtigt worden sein könnten.

Ein Teil des dACC wies des Weiteren bei der Zuschreibung von Emotionen nach unmoralischen erfüllten und unerfüllten Wünschen eine Mehraktivierung gegenüber der Zuschreibung von Emotionen nach neutralen erfüllten und unerfüllten Wünschen auf. Dieser Teil des dACC liegt im anterodorsalen Teil des medialen Frontalkortex, welcher nach Amodio und Frith (2006) die Brodmann-Areale 9 und 10 sowie anteriore Anteile von BA 32 und 24 beinhaltet. In diesem Bereich zeigten sich insbesondere in Mentalisierungsaufgaben, die die Zuschreibung von Intentionen oder Überzeugungen (Brunet et al., 2000; Fletcher et al., 1995; Gallagher et al., 2000, 2002; Saxe & Kanwisher, 2003; Walter et al., 2004) erforderten, konsistent Aktivierungen (für eine Übersicht vgl. Amodio & Frith, 2006; Frith & Frith, 2003). Des Weiteren ergab sich in Metaanalysen von Phan und Kollegen (2002) und Ochsner und Kollegen (2004), dass auch bei verschiedenen Aufgaben, die emotional und moralisch relevante Stimuli beinhalteten und beispielsweise eine Zuschreibung von Emotionen oder moralische Bewertungen erforderten, Areale dieser „ToM-Region“ aktiviert wurden (vgl. auch Olsson & Ochsner, 2008). Nach Blakemore (2008) beinhaltet diese „ToM-Region“ Areale, die zwischen MNI-y-Koordinaten von 30 bis 60 und MNI-z-Koordinaten von 0 bis 40 liegen. Demnach liegt auch das in der vorliegenden Studie bei der Zuschreibung von Emotionen nach unmoralischen Wünschen gegenüber der Zuschreibung von Emotionen nach neutralen Wünschen gefundene Areal in dieser „ToM-Region“. Zwar ergaben sich in den meisten Studien zur Zuschreibung von Intentionen und Überzeugungen Aktivierungen, die im Vergleich zu dem in der vorliegenden Studie gefundenen Areal weiter anterior und ventral lokalisiert waren (z. B. Saxe & Kanwisher, 2003; Walter et al., 2004), jedoch zeigten sich in Untersuchungen, in denen emotionales bzw. sozial / moralisch relevantes Stimulusmaterial verwendet wurde in Übereinstimmung mit dem Ergebnis der vor-

liegenden Studie auch weiter posterior und / oder dorsal gelegene Aktivierungen innerhalb der „ToM-Region“ (z. B. Berthoz et al., 2002; Burnett et al., 2009; Cunningham, Johnson, Gatenby, Gore & Banaji, 2003; Kédia et al., 2008; Ruby & Decety, 2004). Auch die bei der Erfüllung und Nicht-Erfüllung unmoralischer Wünsche gegenüber der Realitätsbedingung gefundenen Aktivierungen erstrecken sich bis in diesen Bereich. Die Aktivierung des dACC in der vorliegenden Studie könnte demnach bedeuten, dass nur die Zuschreibung von Emotionen nach unmoralischen erfüllten und unerfüllten Wünschen zusätzlich zu den anderen beschriebenen Prozessen einen Mentalisierungsprozess erfordert. In Übereinstimmung mit dieser Annahme fanden Burnett und Kollegen (2009) bei der Zuschreibung von Emotionen nach sozialen und moralischen Überschreitungen im Vergleich zur Zuschreibung von Basisemotionen Aktivierungen in Arealen des mPFC, die der gefundenen Aktivierung in der vorliegenden Studie sehr ähnlich sind. Burnett und Kollegen (2009) gehen davon aus, dass nur bei der Zuschreibung von sozialen / moralischen Emotionen, wie Verlegenheit oder Schuld, mentalisiert werden müsse, da diese Emotionen nur zugeschrieben werden könnten, wenn die mentalen Zustände anderer Personen, wie z. B. was diese über die Verletzung des moralischen Standards denken könnten, inferiert werden (vgl. auch Takahashi et al., 2004). Eine Zuschreibung von Basisemotionen erfordere hingegen nur die Attribution dieser Emotion auf eine Person. In ähnlicher Weise könnte die Zuschreibung von Emotionen bei neutralen erfüllten und unerfüllten Wünschen nur die Zuschreibung einer positiven Emotion oder negativen Emotion auf den Protagonisten erfordern, die sich allein aus der Erfüllung oder Nicht-Erfüllung seines neutralen subjektiven Wunsches ergeben haben könnte. Die mentalen Zustände anderer Personen, also ob sich das Kind, das den Ball fängt, z. B. freut oder nicht, dürften hier kaum eine Rolle für die Vorhersage der Emotion des Protagonisten gespielt haben. Im Gegensatz dazu könnte bei der Zuschreibung von Emotionen bei der Erfüllung und Nicht-Erfüllung eines unmoralischen Wunsches ähnlich wie in den Szenarien von Burnett und Kollegen (2009) nicht nur die Erfüllung oder Nicht-Erfüllung des subjektiven Wunsches, sondern auch der mentale Zustand des verletzten Kindes (ist traurig oder wütend, möchte mit dem Protagonisten nicht mehr befreundet sein oder sich rächen, etc.) prozessiert worden sein. Auch wenn eher nicht von einer bewussten Zuschreibung von negativen Emotionen aufgrund des bewusst inferierten mentalen Zustandes des Opfers oder auch des Beobachters auszugehen ist, so könnte ein solcher Prozess dennoch implizit mit der Überschreitung moralischer Standards und den damit einhergehenden Emotionen verknüpft sein. Dieser Befund könnte also darauf hinweisen, dass eine Zuschreibung von Emotionen im Sinne eines Mentalisierungsprozesses, der „Verrechnung“ verschiedener mentaler Zustände und Integra-

tion mehrerer Perspektiven, nur bei der Erfüllung und Nicht-Erfüllung unmoralischer Wünsche zusätzlich stattgefunden haben könnte, während die Vorhersage der Emotion nach neutralen erfüllten und unerfüllten Wünschen lediglich einen automatischen bzw. kontrollierten Abruf von Informationen aus Langzeit- und / oder Arbeitsgedächtnis und ein Matching von Wunsch und Outcome erfordern könnte.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass sich bei einer wunschbasierten Zuschreibung von Emotionen – insofern nicht nur ein Match zwischen neutralem Wunsch und Outcome für die Vorhersage einer Emotion prozessiert werden muss – bei erwachsenen Probanden Aktivierungen in Gehirnregionen zeigen, die mit einem Abruf und Abgleich von Langzeit- und Arbeitsgedächtnisinhalten und einem kontrollierten Updating unerwarteter Handlungsausgänge bzw. im Fall der Erfüllung eines unmoralischen Wunsches einem Wechsel zwischen konfligierenden Aspekten einer Situation sowie dem Lösen der Interferenz zwischen diesen Aspekten in Verbindung stehen könnten. Des Weiteren scheint insbesondere die Emotionsattribution nach unmoralischen Wünschen kontrollierte Aufmerksamkeitsprozesse bzw. eine stimulusunabhängige Verarbeitung des mentalen Zustandes des Opfers der unmoralischen Handlung, eine „Verrechnung“ der mentalen Zustände und verschiedenen Perspektiven und einen Abruf episodischer Gedächtnisinhalte zu erfordern. Insbesondere bei der Erfüllung eines unmoralischen Wunsches könnte außerdem eine zusätzliche Rekrutierung von Spiegelneuronen notwendig sein, um alle Aspekte der Situation verarbeiten und zu einem umfassenden Verständnis der emotionalen Konsequenzen für den Protagonisten gelangen zu können. Die Annahme, dass bei der Zuschreibung von Emotionen nach unmoralischen Wünschen im Vergleich zur Zuschreibung von Emotionen nach neutralen Wünschen zusätzliche Areale rekrutiert bzw. insbesondere Regionen des mPFC mehraktiviert werden, konnte bestätigt werden. Wie erwartet zeigte sich, dass auch bei der Nicht-Erfüllung neutraler Wünsche ähnlich wie bei der Erfüllung und Nicht-Erfüllung unmoralischer Wünsche ventrolaterale präfrontale Aktivierungen auftraten. Entgegen der Erwartung zeigten sich jedoch bei der Zuschreibung von Emotionen nach neutralen erfüllten Wünschen keinerlei Mehraktivierungen gegenüber der Realitätsbedingung und auch bei der Zuschreibung von Emotionen nach unerfüllten Wünschen keine Aktivierungen in anterioren, mit Mentalisierungsprozessen assoziierten Bereichen des medialen präfrontalen Kortex. Diese Ergebnisse weisen darauf hin, dass nur bei der Zuschreibung von Emotionen nach unmoralischen Wünschen ein Mentalisierungsprozess abläuft, während bei der Vorhersage der Emotionen nach neutralen Wünschen ein einfacher, stimulusabhängiger Matching-Prozess auszureichen scheint. Des Weiteren konnten in der vorliegenden Studie auch keine Aktivierungen in posterioren Bereichen, wie der TPJ oder dem Präcuneus / posterioren Cingulum bei der

wunschbasierten Emotionsattribution gefunden werden. Speziell für die Zuschreibung von Emotionen in den Mismatch-Bedingungen, also bei der Nicht-Erfüllung eines neutralen und unmoralischen Wunsches wurden gegenüber der Erfüllung von neutralen und unmoralischen Wünschen Aktivierungen in diesen beiden Arealen erwartet. In der vorliegenden Studie zeigten sich jedoch beim Vergleich der Mismatch- mit den Match-Bedingungen keinerlei Aktivierungsunterschiede. Dieser Befund steht jedoch in Einklang mit den Ergebnissen von Abraham und Kollegen (2010), die beim Vergleich neutraler erfüllter Wünsche und neutraler unerfüllter Wünsche ebenfalls keine unterschiedlichen Aktivierungen fanden. Die Befunde einer Mehraktivierung bestimmter Areale bei unmoralischen Wünschen im Vergleich zu neutralen, sowie der fehlende Aktivierungsunterschied zwischen erfüllten und unerfüllten Wünschen könnten darauf hindeuten, dass im Gegensatz zu den Reaktionen der Probanden, die mehr durch den Outcome als durch die Valenz des Wunsches bestimmt waren, auf neuronaler Ebene der Valenz des Wunsches mehr Bedeutung zukommt als dem Outcome. Dies könnte wieder in Übereinstimmung mit der Annahme gesehen werden, dass auch bei der Erfüllung eines unmoralischen Wunsches die Verletzung des moralischen Standards nicht vollkommen vernachlässigt wurde, auch wenn die Probanden letztendlich mehrheitlich die Outcome-orientierte positive Emotion wählten.

5 METHODEN STUDIE II – WUNSCHBASIERTE EMOTIONSATTRIBUTION BEI KINDERN

5.1 Stichprobe

An dieser zweiten Studie nahmen insgesamt 24 rechtshändige Schüler der fünften und sechsten Klasse Gymnasium im Alter von zehn bis zwölf Jahren teil. Aus ähnlichen wie unter 2.1 dargestellten Gründen (z. B. Platzangst) konnten von neun Vpn keine vollständigen oder verwertbaren Daten erhoben werden, so dass in die Auswertung die Daten von 15 Kindern eingingen. Die sieben Mädchen und acht Jungen waren zum Zeitpunkt der Erhebung im Mittel 10.93 Jahre alt ($SD = 0.70$ Jahre) und hatten eine durchschnittliche Ausbildungszeit (hier äquivalent zur durchschnittlichen Schulzeit) von 4.40 Jahren ($SD = 0.51$). Der mittlere Intelligenzquotient der Kinder im CFT 20 betrug 117.20 IQ-Punkte ($SD = 9.85$) mit einem Minimum von 101 und einem Maximum von 138 IQ-Punkten.

Die Kinder wurden an mehreren Gymnasien und einer Chorgemeinschaft in Regensburg rekrutiert, nachdem das Einverständnis der Rektoren und des Chorleiters eingeholt worden war. Ähnlich zum Vorgehen bei den erwachsenen Probanden wurden vorab telefonisch und ergänzend nach Einbestellung zur Messung mögliche Kontraindikationen mit den Sorgeberechtigten der Kinder abgeklärt. Alle Kinder und auch jeweils eine sorgeberechtigte Person unterzeichneten die Einverständniserklärung gemäß den Richtlinien der Ethikkommission (s. Anhang A 5). Als Entlohnung erhielten die Kinder einen Ausdruck einer Aufnahme ihres Gehirns und wahlweise einen Gutschein für einen Drogeriemarkt oder einen Kinobesuch im Wert von 20 Euro.

5.2 Material

Für die Untersuchung der Kinderstichprobe wurde sowohl für das Emotionsrating als auch das fMRT-Experiment exakt das gleiche Stimulusmaterial (s. Abschnitt 2.2) verwendet und analog dargeboten. Die Datenerhebung erfolgte in dieser Studie ebenfalls mit den unter Abschnitt 2.3 beschriebenen technischen Vorrichtungen unter Verwendung derselben Scannerparameter.

5.3 Versuchsablauf

Die Versuchspersonen und mindestens ein Sorgeberechtigter wurden an den vereinbarten Terminen zur MRT-Anlage am Bezirksklinikum Regensburg einbestellt. Nach der Begrüßung erhielten die Kinder und Sorgeberechtigten separat ein Informationsblatt mit Erklärungen zur Funktionsweise einer Kernspin-Messung und dem Vorgehen bei diesem Experiment (s. Anhang A 6 und A 7). Die Sorgeberechtigten sollten dabei außerdem über möglicherweise bei ihrem Kind vorliegende Kontraindikationen Auskunft geben. Des Weiteren musste sowohl von den Kindern als auch von den Sorgeberechtigten die Einverständniserklärung zur Teilnahme an der Studie unterzeichnet werden. Bevor mit der Datenerhebung begonnen wurde, wurde den Kindern angeboten, sich den Scanner und die weiteren technischen Apparaturen anzusehen und probeweise mit der Liege in den Magnetresonanztomographen hinein gefahren zu werden. Äußerten die Kinder keine Bedenken, füllten sie zusammen mit der Versuchsleiterin das auch für die erwachsenen Probanden in Studie I verwendete Stammdatenblatt (s. Anhang A 3) aus. Dann erfolgte analog zu Studie I, lediglich etwas ausführlicher und in kindgerechter Weise, die Instruktion der im Scanner zu bearbeitenden Aufgabe. Um das diesbezügliche Verständnis der Kinder zu überprüfen, wurden sie außerdem gefragt, für welche Antwortalternative und warum sie sich dafür entschieden hätten. Es zeigten sich bei keinem Probanden Verständnisprobleme. Ebenso waren sie in der Lage, innerhalb der vorgesehenen Zeit per Tastendruck zu reagieren. Der weitere Ablauf entsprach dem aus Studie I, die Erklärungen und Informationen erfolgten wiederum nur etwas ausführlicher und in kindgerechtem Wortlaut. Die Sorgeberechtigten konnten auf Wunsch während der Messung ihres Kindes im MRT-Raum oder im Vorraum anwesend sein. Nach der fMRT-Messung erfolgte das Emotionsrating wie in Studie I dargestellt. Die Durchführung in Studie II unterschied sich nur dahingehend, dass durch entsprechende Nachfragen sichergestellt wurde, dass die Kinder alle acht Emotionsbegriffe kannten. Außerdem sollten die Kinder bei der Bearbeitung der ersten Geschichte ihre Einschätzung der Intensität der Emotionen begründen, um ihr Verständnis der Aufgabe und der Ratingskala zu überprüfen. Falls nötig wurden ergänzende Erklärungen angebracht. Auch hier zeigten sich bei keinem Probanden nicht auszuräumende Verständnisprobleme. Analog zur Erwachsenenstudie erfolgte anschließend die Durchführung des CFT 20. Ein DIN A4-Ausdruck ihres Gehirns wurde den Kindern zusammen mit einer kurzen Beschreibung der Ergebnisse der Studie in den darauf folgenden Wochen zugeschickt. Auch die Leiter der teilnehmenden Institutionen erhielten einen Brief mit den wichtigsten Befunden der Untersuchung, in dem sich die Versuchsleiter außerdem nochmals für die Kooperation bedankten.

5.4 Versuchsdesign und Auswertung

Für Studie II wurde dasselbe experimentelle Design wie für Studie I gewählt. Die gesamte Auswertung der Verhaltensdaten und Analyse der funktionellen Daten erfolgte exakt gleich. Für diese Stichprobe wurden ebenfalls die unter Kapitel 2.6.2 beschriebenen Kontraste berechnet.

6 ERGEBNISSE STUDIE II – WUNSCHBASIERTE EMOTIONSATTRIBUTION BEI KINDERN

6.1 Verhaltensdaten

6.1.1 Während der fMRT-Messung aufgezeichnete Reaktionen

Auch bei der Kinderstichprobe zeigte sich eine sehr hohe Trefferquote in der Realitätsbedingung (96.27 % \pm 4.91 %). Mit 90.27 % ($SD = 5.51$ %) als korrekt klassifizierten positiven Reaktionen in der Bedingung *neutral erfüllt* und 89.13 % ($SD = 7.57$ %) als korrekt klassifizierten negativen Antworten in der Bedingung *neutral unerfüllt* zeigten sich allerdings signifikante Unterschiede in der Bearbeitungsgenauigkeit zwischen diesen beiden Experimentalbedingungen und der Kontrollbedingung (*Realität* versus *neutral erfüllt*: $t = 3.051$, $df = 14$, $p = .009$; *Realität* versus *neutral unerfüllt*: $t = 2.828$, $df = 14$, $p = .013$). Die Trefferquote in den beiden neutralen Bedingungen war jedoch ausreichend hoch, dass auch bei den Kindern davon ausgegangen werden konnte, dass sie in der Lage waren, die gesamte Aufgabe im Scanner gut und konzentriert zu bearbeiten. Bei den unmoralischen Bedingungen ergab sich, dass die Vpn bei der Erfüllung eines unmoralischen Wunsches mehrheitlich positive Emotionen erwarteten (64.20 % \pm 35.37 %) und bei der Nicht-Erfüllung mehrheitlich negative Emotionen (92.60 % \pm 7.27 %). Eine Übersicht bietet Tabelle 6.1.

Die 2 x 2-Varianzanalyse ergab außerdem signifikante Haupteffekte für den Faktor *Wunsch* ($F = 10.771$, $df = 14$, $p = .005$) und den Faktor *Outcome* ($F = 179.749$, $df = 14$, $p < .001$). Dem Protagonisten wurde signifikant häufiger die negative und signifikant weniger häufig die positive Emotion zugeschrieben, wenn der Protagonist unmoralisch motiviert war, als wenn er neutral motiviert war und wenn der Wunsch nicht erfüllt wurde, als wenn der Wunsch erfüllt wurde (für Mittelwerte und Standardabweichungen s. Anhang C, Tabelle C 1). Außerdem ergab sich ein signifikanter Interaktionseffekt für die beiden Faktoren ($F = 5.205$, $df = 14$, $p = .039$). Post hoc t -Tests ergaben, dass sowohl einem unmoralisch als auch einem neutral motivierten Protagonisten signifikant häufiger die negative und signifikant weniger oft die positive Emotion zugeschrieben wurde, wenn dessen Wunsch nicht erfüllt wurde, als wenn dessen Wunsch erfüllt wurde (*unmoralisch unerfüllt* versus *unmoralisch erfüllt*: $t = 5.827$, $df = 14$, $p < .001$; *neutral unerfüllt* versus *neutral erfüllt*: $t = 33.445$, $df = 14$, $p < .001$). Während auch einem unmoralisch motivierten Protagonisten, dessen Wunsch erfüllt wurde, signifikant häufiger die negative Emotion attribuiert wurde als einem neutral motivierten, dessen Wunsch erfüllt wurde ($t = 2.831$, $df = 14$, $p = .013$), zeigte sich kein signifikanter Unterschied hinsichtlich der Häufigkeit der Zuschreibung der negativen bzw. positiven Emo-

tion, wenn ein unmoralischer Wunsch nicht erfüllt wurde im Vergleich dazu, wenn ein neutraler nicht erfüllt wurde ($t = 1.586$, $df = 14$, $n.s.$). In beiden Bedingungen wurde sehr häufig die negative Antwort gewählt (für Mittelwerte und Standardabweichungen s. Tabelle 6.1). In Abbildung 6.1 findet sich eine grafische Darstellung der Interaktion.

Tabelle 6.1: Mittelwerte (M) und Standardabweichungen (SD) des prozentualen Anteils der während der fMRT-Messung per Tastendruck gewählten dichotomen Antwortalternativen (fröhlich blickendes Clipartgesicht, entspricht positiv; traurig blickendes Clipartgesicht, entspricht negativ) in den vier Experimentalbedingungen bzw. Faktorstufenkombinationen (*neutral erfüllt*, *neutral unerfüllt*, *unmoralisch erfüllt*, *unmoralisch unerfüllt*).

Emotion	<i>neutral</i>				<i>unmoralisch</i>			
	<i>erfüllt</i>		<i>unerfüllt</i>		<i>erfüllt</i>		<i>unerfüllt</i>	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
positiv	90.27	5.51	10.87	7.57	64.20	35.37	7.40	7.27
negativ	9.73	5.51	89.13	7.57	35.80	35.37	92.60	7.27

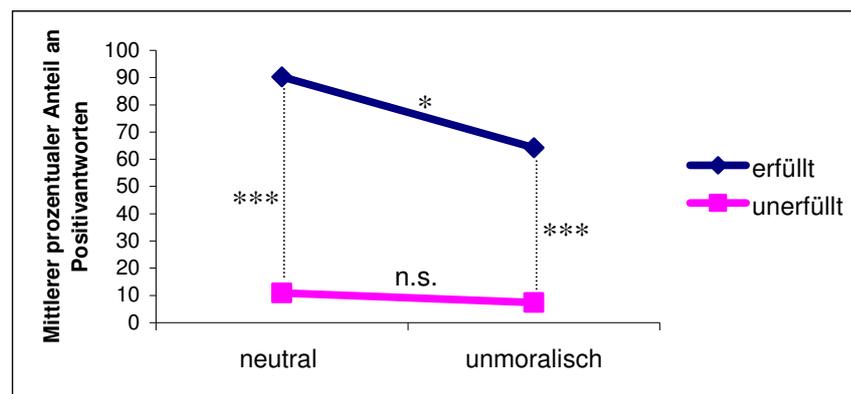


Abbildung 6.1: Grafische Darstellung der signifikanten Interaktion *Wunsch* (*neutral*, *unmoralisch*) \times *Outcome* (*erfüllt*, *unerfüllt*) anhand des durchschnittlichen prozentualen Anteils der während der fMRT-Messung per Tastendruck gewählten positiven Antwortalternativen (fröhlich blickendes Clipartgesicht) in den vier Experimentalbedingungen bzw. Faktorstufenkombinationen (*neutral erfüllt*, *neutral unerfüllt*, *unmoralisch erfüllt*, *unmoralisch unerfüllt*).
* $p < .05$, *** $p < .001$

6.1.2 Emotionsrating

Aus den 2×2 -Varianzanalysen für jede einzelne der acht Emotionen ergab sich bei dieser Stichprobe bei fünf Emotionen ein signifikanter Haupteffekt für den Faktor *Wunsch*. Während Stolz, Freude und Zufriedenheit bei neutralen Wünschen in ihrer Intensität signifikant höher bewertet wurden als bei unmoralischen, wurden Schadenfreude und Verlegenheit bei unmoralischen signifikant stärker zugeschrieben als bei

neutralen Wünschen. Ein signifikanter Haupteffekt *Outcome* zeigte sich für jede Emotion. Wie bei den erwachsenen Probanden wurden die Emotionen Stolz, Freude, Zufriedenheit und Schadenfreude bei der Erfüllung eines Wunsches als signifikant stärker zutreffend bewertet als bei der Nicht-Erfüllung, die Emotionen Traurigkeit, Ärger, Verlegenheit und Überraschtheit hingegen als signifikant stärker bei der Nicht-Erfüllung eines Wunsches als bei der Erfüllung eingeschätzt (für Mittelwerte und Standardabweichungen s. Anhang C, Tabelle C 2, für Prüfgrößen und Signifikanzwerte Tabelle C 3). Des Weiteren ergab sich ein signifikanter Interaktionseffekt *Wunsch x Outcome* für die Emotionen Freude, Zufriedenheit, Schadenfreude und Traurigkeit (s. ebenfalls Anhang C, Tabelle C 3 für Prüfgrößen und Signifikanzwerte). Post hoc *t*-Tests ergaben, dass die Kinder beim Protagonisten mehr Freude und Zufriedenheit erwarteten, wenn dessen neutraler Wunsch erfüllt wurde, als wenn dieser nicht erfüllt wurde und als wenn dessen unmoralischer Wunsch erfüllt wurde. Außerdem gaben sie mehr Freude und Zufriedenheit bei der Erfüllung eines unmoralischen Wunsches als bei der Nicht-Erfüllung eines unmoralischen Wunsches an. Zwischen den Bedingungen *neutral unerfüllt* und *unmoralisch unerfüllt* unterschied sich die Intensität dieser beiden Emotionen nicht signifikant voneinander. Für die Emotion Schadenfreude zeigte sich, dass einem Protagonisten mehr Schadenfreude attribuiert wurde, wenn dieser unmoralisch motiviert war und sein Ziel erreichte im Vergleich dazu, wenn dieser neutral motiviert war und sein Ziel erreichte, und wenn dieser unmoralisch motiviert war und eine andere als die Zielperson verletzte. Auch einem unmoralisch motivierten Protagonisten, der sein Ziel nicht erreichte, anstelle der Zielperson aber eine andere Person verletzte, wurde mehr Schadenfreude zugeschrieben, als einem neutral motivierten Protagonisten, der sein Ziel nicht erreichte. Die Bedingungen *neutral erfüllt* und *neutral unerfüllt* unterschieden sich nicht hinsichtlich der Intensität der Emotion Schadenfreude. Bezüglich der Emotion Traurigkeit zeigte sich, dass bei einem neutralen unerfüllten Wunsch mehr Traurigkeit erwartet wurde als bei einem neutralen erfüllten, und bei einem unmoralischen unerfüllten mehr als bei einem unmoralischen erfüllten. Außerdem wurde bei einem unmoralischen erfüllten Wunsch mehr Traurigkeit erwartet als bei einem neutralen erfüllten. Der Vergleich eines neutralen und unmoralischen unerfüllten Wunsches ergab keinen signifikanten Unterschied (für Mittelwerte und Standardabweichungen vgl. Tabelle 6.2, für Prüfgrößen und Signifikanzwerte Tabelle 6.3). Grafische Darstellungen der Interaktionen finden sich in Abbildung 6.2.

Tabelle 6.2: Mittelwerte (*M*) und Standardabweichungen (*SD*) der auf der Ratingskala mit Werten von 1 (*gar nicht*) bis 5 (*sehr stark*) eingeschätzten Intensität der acht einzelnen Emotionen in den vier Emotionsattributionsbedingungen bzw. Faktorstufenkombinationen (*neutral erfüllt*, *neutral unerfüllt*, *unmoralisch erfüllt*, *unmoralisch unerfüllt*).

Emotion	<i>neutral</i>				<i>unmoralisch</i>			
	<i>erfüllt</i>		<i>unerfüllt</i>		<i>erfüllt</i>		<i>unerfüllt</i>	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Stolz	4.07	0.88	1.17	0.36	3.43	1.18	1.02	0.09
Freude	4.29	0.62	1.07	0.18	3.27	1.53	1.04	0.12
Zufriedenheit	4.58	0.44	1.10	0.28	3.73	1.02	1.02	0.09
Schadenfreude	1.00	0.00	1.00	0.00	3.73	1.43	1.29	0.45
Traurigkeit	1.02	0.09	3.73	1.05	1.50	0.73	3.44	1.01
Ärger	1.00	0.00	3.93	0.96	1.30	0.59	3.87	1.03
Verlegenheit	1.16	0.52	2.93	1.28	1.80	0.82	3.69	1.05
Überraschtheit	1.84	0.83	2.57	0.96	1.63	0.74	3.02	1.12

Tabelle 6.3: Signifikanzwerte (*p*-Werte) und *t*-Werte (in Klammern) der für die signifikanten Interaktionseffekte *Wunsch* (*neutral*, *unmoralisch*) x *Outcome* (*erfüllt*, *unerfüllt*) für die Emotionen *Stolz*, *Freude*, *Zufriedenheit* und *Schadenfreude* berechneten post hoc *t*-Tests (*df* = 14).

	Emotion			
	Freude	Zufriedenheit	Schadenfreude	Traurigkeit
<i>neutral erfüllt versus</i>	.000	.000	n.s. ^{a)}	.000
<i>neutral unerfüllt</i>	(20.254)	(25.400)	(-)	(10.135)
<i>unmoralisch erfüllt versus</i>	.000	.000	.000	.000
<i>unmoralisch unerfüllt</i>	(5.650)	(10.490)	(5.905)	(5.935)
<i>neutral erfüllt versus</i>	.011	.006	.000	.028
<i>unmoralisch erfüllt</i>	(2.931)	(3.242)	(7.428)	(2.458)
<i>neutral unerfüllt versus</i>	.610	.169	.027	.116
<i>unmoralisch unerfüllt</i>	(0.521)	(1.451)	(2.476)	(1.675)

Anmerkung: ^{a)} Für den Vergleich **Schadenfreude**: *neutraler Wunsch erfüllt versus neutraler Wunsch unerfüllt* konnten keine Prüfgröße und kein Signifikanzwert berechnet werden, da Mittelwert und Standardabweichung bei beiden Werten identisch sind.

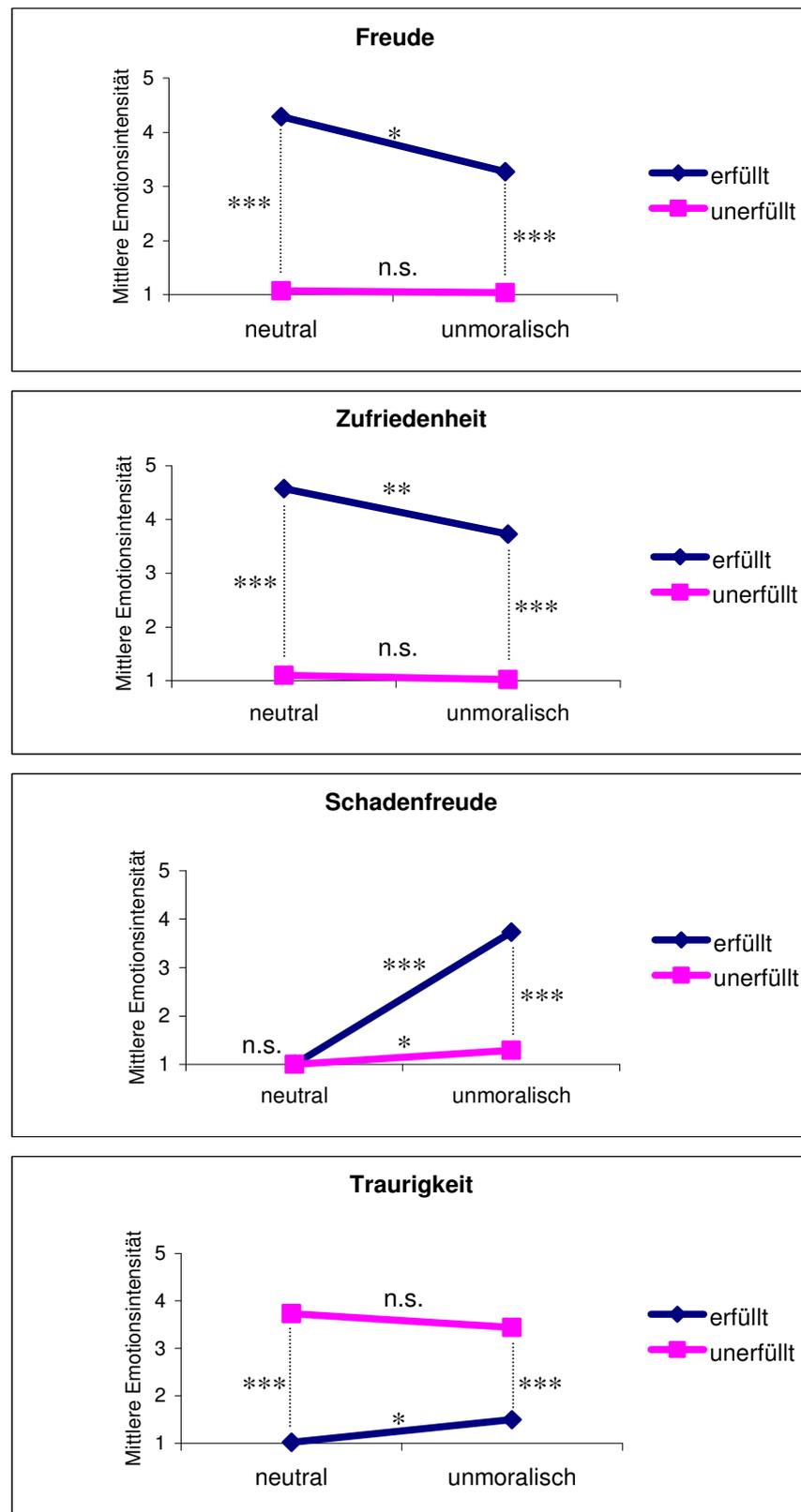


Abbildung 6.2: Grafische Darstellung der signifikanten Interaktionen *Wunsch* (neutral, unmoralisch) x *Outcome* (erfüllt, unerfüllt) für die Emotionen Freude, Zufriedenheit, Schadenfreude und Traurigkeit hinsichtlich der durchschnittlichen im Rating eingeschätzten Intensität in den vier Experimentalbedingungen bzw. Faktorenstufenkombinationen.

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

6.2 fMRT-Daten

Beim Prozess der Emotionsattribution im Vergleich zur Realitätsbedingung zeigten sich bei der Kinderstichprobe signifikante Mehraktivierungen im prä-SMA (BA 6), im ACC im Übergang zum dorsalen mPFC (dmPFC, BA 32/24/10), bilateral im vIPFC, wobei sich die Aktivierung in der linken Hemisphäre auch auf die Insula erstreckte (BA 47/13 bzw. BA 47), und in Bereichen des rechten anterioren und posterioren superioren / mittleren Temporalgyrus (anteriorer STG / MTG, BA 21/38; posteriorer STG / MTG, BA 22) (vgl. Tabelle 6.4).

Tabelle 6.4: Areale mit signifikanter Mehraktivierung in den vier Emotionsattributionsbedingungen (*EmoAtt*) insgesamt im Vergleich zur Kontrollbedingung (*Realität*).

Areal	BA ^{a)}	Clustergröße ^{b)}	Z ^{c)}	MNI-Koordinaten ^{d)}		
				x	y	z
<i>EmoAtt > Realität</i>						
präsupplementär-motorisches Areal	6	215	4.97**	12	26	66
anteriorer cingulärer Kortex / dorsomedialer präfrontaler Kortex	32/24/10	824	4.34***	-10	24	38
ventrolateraler präfrontaler Kortex / Insula links	47/13	449	4.29***	-36	16	-16
ventrolateraler präfrontaler Kortex rechts	47	187	3.89*	40	22	-22
anteriorer superiorer / mittlerer Gyrus temporalis rechts	21/38	256	3.88**	58	2	-21
posteriorer superiorer / mittlerer Gyrus temporalis rechts	22	529	4.60***	48	-36	0

Anmerkungen: ^{a)} BA = Brodmann-Areal; ^{b)} Clustergröße = Anzahl der aktivierten Voxel je Cluster, ^{c)} Z = Prüfgröße für die Hauptkoordinate des jeweiligen aktivierten Clusters, $df = 14$; ^{d)} MNI-Koordinaten: Hauptkoordinaten des aktivierten Clusters entsprechend dem Montreal Neurological Institute (MNI) - Atlas.

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

Beim Vergleich der einzelnen Experimentalbedingungen mit der Kontrollbedingung (vgl. Tabelle 6.5) ergab sich bei der Kinderstichprobe gegenüber der Realitätsbedingung eine signifikante Mehraktivierung im ventralen ACC (vACC, BA 24/32), wenn einem neutral motivierten Protagonisten, dessen Wunsch erfüllt wurde, Emotionen zugeschrieben wurden. Wurden einem Protagonisten, dessen neutraler Wunsch nicht erfüllt wurde, Emotionen attribuiert, so zeigte sich im Vergleich zur Realitätsbedingung eine Mehraktivierung im rechten posterioren STG / MTG (BA 21/22). Signifikante

Signalveränderungen bei der Zuschreibung eines unmoralischen erfüllten Wunsches im Vergleich zur Realitätsbedingung ergaben sich in zwei medialen frontalen Bereichen (prä-SMA / posteriorer dmPFC (BA 6/8), dACC / prä-SMA (BA 32/6)), im rechten dorsolateralen (BA 9) und ventrolateralen Präfrontalkortex im Übergang zum anterioren STG / MTG (BA 47/38) und im rechten posterioren STG / MTG (BA 22/21) und linken anterioren STG / MTG im Übergang zum vIPFC (BA 38/47). Bei der Zuschreibung einer Emotion auf der Basis eines unmoralischen unerfüllten Wunsches zeigten sich gegenüber der Kontrollbedingung Mehraktivierungen im anterioren dmPFC (BA 10/9) und linken vIPFC (BA 47) und in zwei Regionen des rechten Temporalkortex (anteriorer STG / MTG, BA 21/38; posteriorer STG / MTG, BA 22). In den Abbildungen 6.3 bis 6.5 finden sich grafische Darstellungen von in den Bedingungen *unmoralisch erfüllt* und *unmoralisch unerfüllt* bzw. *neutral erfüllt* und *unmoralisch erfüllt* bzw. *neutral unerfüllt* und *unmoralisch unerfüllt* gegenüber der Realitätsbedingung signifikant mehraktivierten Arealen, um Aktivierungen in benachbarten oder gleichen Arealen in diesen verschiedenen Experimentalbedingungen zu veranschaulichen.

Table 6.5: Areale mit signifikanter Mehraktivierung in den einzelnen Emotionsattributionsbedingungen (*neutral erfüllt*, *neutral unerfüllt*, *unmoralisch erfüllt*, *unmoralisch unerfüllt*) im Vergleich zur Kontrollbedingung (*Realität*).

Areal	BA ^{a)}	Clustergröße ^{b)}	Z ^{c)}	MNI-Koordinaten ^{d)}		
				x	y	z
<i>neutral erfüllt > Realität</i>						
ventraler anteriorer cingulärer Kortex	24/32	475	5.12***	4	36	10
<i>neutral unerfüllt > Realität</i>						
posteriorer superiorer / mittlerer Gyrus temporalis rechts	21/22	300	4.31***	46	-40	2
<i>unmoralisch erfüllt > Realität</i>						
präsupplementär-motorisches Areal / posteriorer dorsomedialer Präfrontalkortex	6/8	625	5.08***	12	30	64
dorsaler anteriorer cingulärer Kortex / präsupplementär-motorisches Areal	32/6	545	4.41***	-10	22	40
dorsolateraler präfrontaler Kortex rechts	9	172	4.60*	22	54	40

Anmerkungen: ^{a)} BA = Brodmann-Areal; ^{b)} Clustergröße = Anzahl der aktivierten Voxel je Cluster, ^{c)} Z = Prüfgröße für die Hauptkoordinate des jeweiligen aktivierten Clusters, *df* = 14; ^{d)} MNI-Koordinaten: Hauptkoordinaten des aktivierten Clusters entsprechend dem Montreal Neurological Institute (MNI) – Atlas.

* $p < .05$, *** $p < .001$

Tabelle 6.5 (Fortsetzung): Areale mit signifikanter Mehraktivierung in den einzelnen Emotionsattributionsbedingungen (*neutral erfüllt*, *neutral unerfüllt*, *unmoralisch erfüllt*, *unmoralisch unerfüllt*) im Vergleich zur Kontrollbedingung (*Realität*).

Areal	BA ^{a)}	Clustergröße ^{b)}	Z ^{c)}	MNI-Koordinaten ^{d)}		
				x	y	z
<i>unmoralisch erfüllt</i> > <i>Realität</i>						
ventrolateraler präfrontaler Kortex / anteriorer superiorer / mittlerer Gyrus temporalis rechts	47/38	528	4.20***	44	12	2
anteriorer superiorer / mittlerer Gyrus temporalis / ventrolateraler präfrontaler Kortex links	38/47	477	4.16***	-44	20	-20
posteriorer superiorer / mittlerer Gyrus temporalis rechts	22/21	379	4.58***	48	-38	0
<i>unmoralisch unerfüllt</i> > <i>Realität</i>						
anteriorer dorsomedialer präfrontaler Kortex	10/9	202	3.76*	-6	58	22
ventrolateraler präfrontaler Kortex links	47	358	4.00**	-44	24	-10
anteriorer superiorer / mittlerer Gyrus temporalis rechts	21/38	212	3.96*	58	2	-10
posteriorer superiorer / mittlerer Gyrus temporalis rechts	22	503	4.40***	50	-34	0

Anmerkungen: ^{a)} BA = Brodmann-Areal; ^{b)} Clustergröße = Anzahl der aktivierten Voxel je Cluster, ^{c)} Z = Prüfgröße für die Hauptkoordinate des jeweiligen aktivierten Clusters, $df = 14$; ^{d)} MNI-Koordinaten: Hauptkoordinaten des aktivierten Clusters entsprechend dem Montreal Neurological Institute (MNI) – Atlas.

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

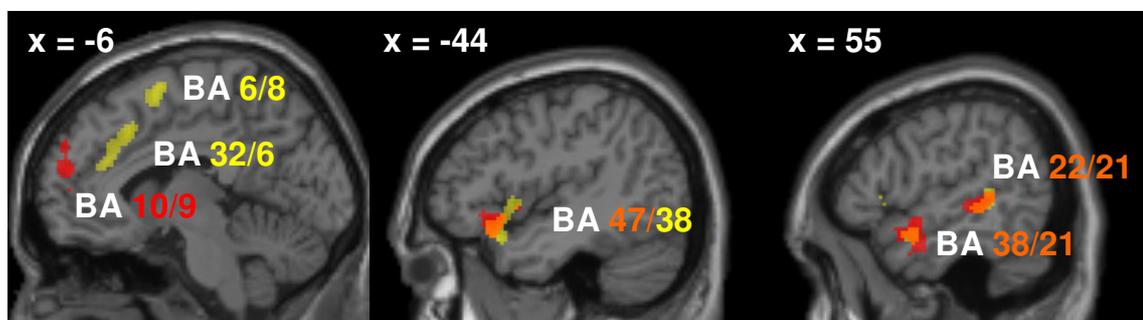


Abbildung 6.3: Grafische Darstellung von Arealen, die in den Bedingungen *unmoralisch erfüllt* und *unmoralisch unerfüllt* gegenüber der Realitätsbedingung mehraktiviert wurden. Kontrast *unmoralisch erfüllt* > *Realität* in gelb, Kontrast *unmoralisch unerfüllt* > *Realität* in rot, Überschneidungsbereich der Aktivierungen in orange.

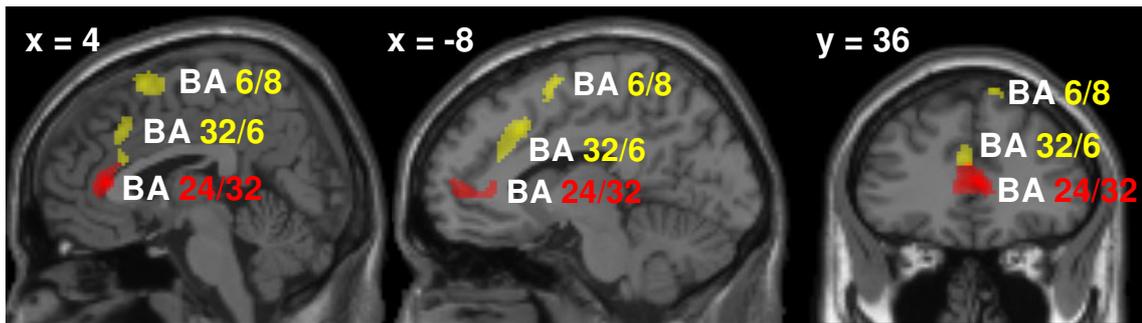


Abbildung 6.4: Grafische Darstellung von Arealen, die in den Bedingungen *neutral erfüllt* und *unmoralisch erfüllt* gegenüber der Realitätsbedingung mehraktiviert wurden. Kontrast *neutral erfüllt* > *Realität* in rot, Kontrast *unmoralisch erfüllt* > *Realität* in gelb.

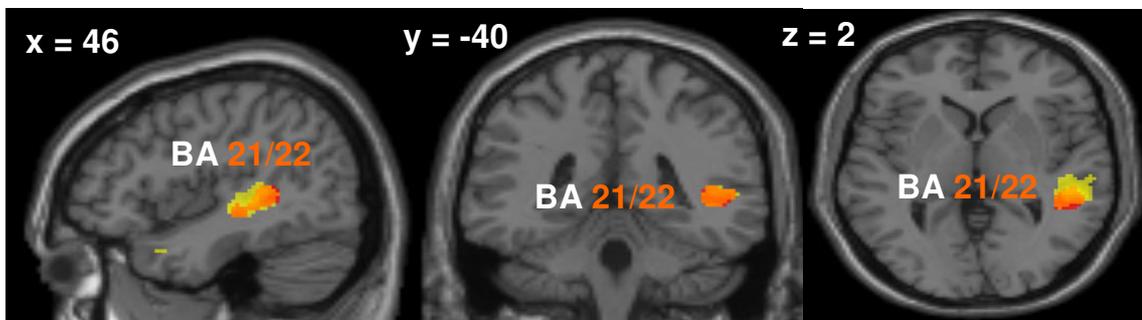


Abbildung 6.5: Grafische Darstellung des in den Bedingungen *neutral unerfüllt* und *unmoralisch unerfüllt* gegenüber der Realitätsbedingung mehraktivierten Areals. Kontrast *neutral unerfüllt* > *Realität* in rot, Kontrast *unmoralisch unerfüllt* > *Realität* in gelb, Überschneidungsbereich der Aktivierungen in orange.

Wurden Emotionen auf der Basis unmoralischer Wünsche zugeschrieben, so zeigten sich gegenüber der Emotionsattribution auf der Basis neutraler Wünsche bei der Kinderstichprobe signifikante Mehraktivierungen im linken dorso- und ventrolateralen Präfrontalkortex (BA 9/8 und BA 47) und in der rechten TPJ (BA 39/40). Der linke dlPFC (BA 9/8) wies auch eine Mehraktivierung bei der Emotionsattribution bei einem unmoralischen erfüllten Wunsch im Vergleich zur Emotionsattribution bei einem neutralen erfüllten Wunsch auf. Auch der posteriore dmPFC (BA 8) zeigte hier eine Mehraktivierung. Bei der Emotionszuschreibung auf der Basis eines unmoralischen unerfüllten Wunsches ergab sich im Vergleich zur Emotionszuschreibung auf der Basis eines neutralen unerfüllten Wunsches eine Mehraktivierung im Präcuneus (BA 7) (vgl. Tabelle 6.6, Abbildung 6.6).

Beim Vergleich der Emotionsattribution auf der Basis erfüllter versus unerfüllter Wünsche (Kontraste 9, 10, 11) zeigten sich auch bei der Kinderstichprobe keinerlei signifikante Mehraktivierungen.

Tabelle 6.6: Areale mit signifikanter Mehraktivierung bei der Emotionsattribution auf der Basis unmoralischer Wünsche (*unmoralisch erfüllt* + *unmoralisch unerfüllt*) im Vergleich zur Emotionsattribution auf der Basis neutraler Wünsche (*neutral erfüllt* + *neutral unerfüllt*) und bei der Emotionsattribution auf der Basis eines unmoralischen erfüllten versus neutralen erfüllten bzw. unmoralischen unerfüllten versus neutralen unerfüllten Wunsches.

Areal	BA ^{a)}	Clustergröße ^{b)}	Z ^{c)}	MNI-Koordinaten ^{d)}		
				x	y	z
<i>unmoralisch > neutral</i>						
dorsolateraler präfrontaler Kortex links	9/8	338	4.33***	-42	12	42
ventrolateraler präfrontaler Kortex links	47	135	4.22*	-48	24	-8
temporoparietale Junction rechts	39/40	137	4.23*	56	-64	38
<i>unmoralisch erfüllt > neutral erfüllt</i>						
posteriorer dorsomedialer präfrontaler Kortex	8	598	4.81***	-8	32	44
dorsolateraler präfrontaler Kortex links	9/8	185	4.47*	-46	16	44
<i>unmoralisch unerfüllt > neutral unerfüllt</i>						
Präcuneus	7	139	3.62*	-12	-62	44

Anmerkungen: ^{a)} BA = Brodmann-Areal; ^{b)} Clustergröße = Anzahl der aktivierten Voxel je Cluster, ^{c)} Z = Prüfgröße für die Hauptkoordinate des jeweiligen aktivierten Clusters, $df = 14$; ^{d)} MNI-Koordinaten: Hauptkoordinaten des aktivierten Clusters entsprechend dem Montreal Neurological Institute (MNI) – Atlas.

* $p < .05$, *** $p < .001$

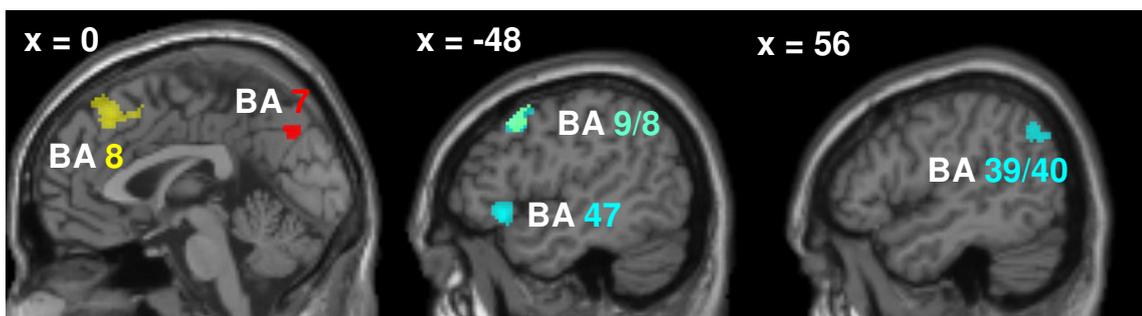


Abbildung 6.6: Grafische Darstellung der Areale mit signifikanter Mehraktivierung bei der Emotionsattribution auf der Basis unmoralischer Wünsche (*unmoralisch erfüllt* + *unmoralisch unerfüllt*) im Vergleich zur Emotionsattribution auf der Basis neutraler Wünsche (*neutral erfüllt* + *neutral unerfüllt*) in dunkel- und hellblau, auf der Basis eines unmoralischen erfüllten Wunsches im Vergleich zur Emotionsattribution auf der Basis eines neutralen erfüllten Wunsches in gelb und hellblau, und auf der Basis eines unmoralischen unerfüllten Wunsches im Vergleich zur Emotionsattribution auf der Basis einer neutralen unerfüllten Wunsch in rot.

7 DISKUSSION STUDIE II - WUNSCHBASIERTE EMOTIONSATTRIBUTION BEI KINDERN

7.1 Verhaltensdaten

7.1.1 Während der fMRT-Messung aufgezeichnete Reaktionen

Ähnlich wie bei den erwachsenen Probanden zeigte sich auch bei den Kindern der vorliegenden Studie wie aufgrund von entwicklungspsychologischen Befunden (z. B. Yuill et al., 1996) erwartet die mehrheitliche Wahl der positiven Emotion (90 %) bei der Erfüllung eines neutralen Wunsches und die mehrheitliche Wahl der negativen Emotion (89 %), wenn ein neutraler Wunsch nicht erfüllt wurde. Sowohl die Wahl der positiven Emotion bei einem neutralen unerfüllten Wunsch, wie auch die Wahl der negativen Emotion bei einem neutralen erfüllten Wunsch trat bei fast allen Probanden in einigen Trials auf, so dass hier eher von einer versehentlichen Wahl bzw. von Fehlreaktionen auszugehen ist, als von einer bewussten Entscheidung für die jeweils andere Emotion.

Des Weiteren zeigte sich wie bei den erwachsenen Vpn auch bei den Kindern eine mehrheitliche Zuschreibung negativer Emotionen, wenn ein Protagonist anstelle der Zielperson ein anderes Kind verletzte (93 %) und eine durchschnittlich mehrheitliche Zuschreibung positiver Emotionen, wenn der Protagonist wie gewünscht die Zielperson verletzte (64 %). Während sich bei der Nicht-Erfüllung eines unmoralischen Wunsches bei Betrachtung der Reaktionen der einzelnen Vpn über alle Trials wie bei den erwachsenen Probanden in Studie I konsistent bei allen Probanden mehrheitlich die Wahl der negativen Emotion ergab, zeigten sich bei unmoralischen erfüllten Wünschen wieder interindividuell unterschiedliche Bewertungen. Während zehn Kinder in mindestens 75 % der Fälle positive Emotionen angaben, erwarteten die anderen fünf Kinder in mindestens 67 % negative Emotionen. Bei letzterer Subgruppe käme als Erklärung für dieses Antwortverhalten zum einen eine wie z. B. von Nunner-Winkler (1999) bei diesem Paradigma für ältere Kinder erwartete, sozial erwünschte Beantwortung der Fragen in Betracht. Zum anderen wäre auch möglich, dass diese Kinder sich mehr mit dem Protagonisten identifizierten und diesem daher mehr negative Emotionen, die sie möglicherweise auch bei sich selbst in einer solchen Situation tatsächlich erwarten würden, zuschrieben, während die anderen Kinder eher eine distanzierte, deskriptiv-psychologische Perspektive eingenommen haben könnten (vgl. Keller et al., 2003). Weiterhin ergab sich wie bei den erwachsenen Probanden auch bei den Kindern eine Subgruppe, die im Gegensatz zum Rest der Probanden und im Gegensatz zu ihrem Antwortverhalten in den übrigen Bedingungen nicht überwiegend konsistent die positive oder negative, sondern in manchen Trials die positive, in anderen die negative

Antwort wählte. Dieses Antwortmuster könnte wieder den Versuch darstellen, beide möglichen Emotionen nach der Erfüllung eines unmoralischen Wunsches zum Ausdruck zu bringen. Insgesamt ergab sich jedoch auch bei den Kindern die mehrheitliche Zuschreibung der positiven Emotion bei neutralen und unmoralischen erfüllten Wünschen und die mehrheitliche Zuschreibung der negativen Emotion bei neutralen und unmoralischen unerfüllten Wünschen.

Im Rahmen der statistischen Analyse zeigte sich des Weiteren sowohl ein signifikanter Haupteffekt für den Faktor *Outcome*, als auch für den Faktor *Wunsch*. Die Kinder schrieben den Protagonisten sowohl unabhängig von der Valenz des Wunsches bei erfüllten Wünschen mehr positive Emotionen zu als bei unerfüllten, als auch unabhängig vom Outcome bei unmoralischen Wünschen mehr negative Emotionen zu als bei neutralen. Es ergab sich jedoch auch zusätzlich ein diese Haupteffekte qualifizierender Interaktionseffekt. Während bei einem neutralen erfüllten Wunsch signifikant häufiger die positive Emotion gewählt wurde, als bei einem unmoralischen erfüllten Wunsch, wurde von den Kindern in beiden Bedingungen, in denen der Wunsch nicht erfüllt wurde, vergleichbar häufig die negative Emotion gewählt. Wie in der Erwachsenenstichprobe wurden einem unmoralisch motivierten, erfolgreichen Protagonisten durchschnittlich weniger positive Emotionen zugeschrieben als einem neutral motivierten, erfolgreichen Protagonisten, aber mehr positive Emotionen als einem Protagonisten, der ebenfalls unmoralisch motiviert war, jedoch anstatt der Zielperson ein anderes Kind verletzte. Aufgrund der oben diskutierten interindividuellen Unterschiede bei der Bewertung unmoralischer erfüllter Wünsche dürfte sich dieser Befund durch die gelegentliche oder aber auch mehrheitliche Wahl der negativen Emotion bei einem Teil der Kinder ergeben haben. Wie bereits unter Abschnitt 4.1.1 diskutiert, ist aufgrund dieser interindividuell unterschiedlichen letztendlich gewählten Antworten auch bei der Stichprobe der untersuchten Kinder im Alter zwischen zehn und zwölf Jahren, die zudem eine ähnliche Homogenität wie die der erwachsenen Probanden hinsichtlich IQ, Bildung und ethnischer Herkunft aufwies, nicht von grundlegend unterschiedlichen vorher stattfindenden Wahrnehmungs- und Bewertungsprozessen auszugehen. Kinder in diesem Alter dürften genauso wie Erwachsene dazu in der Lage sein, die relevanten und für die einzelnen Situationen spezifischen Aspekte (simultan) zu erfassen (vgl. Arsenio & Kramer, 1992; Sokol, 2004).

7.1.2 Emotionsrating

Auch bei der Bewertung der Intensität der acht vorgegebenen Emotionen ergaben sich bei den Kindern ähnliche Ergebnisse wie bei den Erwachsenen. So erwarteten auch die Kinder signifikant mehr Stolz, Freude, Zufriedenheit und auch Schadenfreude,

wenn ein Wunsch erfüllt wurde, sowie signifikant mehr Traurigkeit, Ärger, Verlegenheit und Überraschtheit, wenn ein Wunsch nicht erfüllt wurde. Ähnlich wie die erwachsenen Probanden aus Studie I schrieben aber auch die Kinder nur die Emotionen Ärger und Überraschtheit allein in Abhängigkeit davon zu, ob der Wunsch erfüllt wurde oder nicht, während sie die Intensität der restlichen Emotionen auch mit der Valenz des Wunsches in Zusammenhang sahen. Sie erwarteten signifikant mehr Stolz, Freude und Zufriedenheit, wenn der Protagonist einen neutralen Wunsch hatte, und signifikant mehr Schadenfreude und Verlegenheit, wenn es sich um einen unmoralischen Wunsch handelte. Für die Emotionen Freude, Zufriedenheit, Schadenfreude und Traurigkeit ergaben sich außerdem Interaktionseffekte. Wurde ein neutraler Wunsch erfüllt, schrieben die Kinder wie auch die Erwachsenen in Studie I signifikant mehr Freude und Zufriedenheit zu, als wenn ein unmoralischer Wunsch erfüllt wurde. Dennoch erwarteten sie auch bei der Erfüllung eines unmoralischen Wunsches diese positiven Emotionen immer noch in mittlerer Intensität und damit signifikant mehr, als wenn ein unmoralischer Wunsch nicht erfüllt wurde. In dieser Bedingung wurden wie auch bei der Nicht-Erfüllung eines neutralen Wunsches kaum positive Emotionen erwartet. Für die dritte positive Emotion, die Emotion Stolz, zeigte sich hingegen keine zusätzliche Wechselwirkung. Diese Emotion erwarteten die Kinder generell bei der Erfüllung eines Wunsches und bei neutralen Wünschen in stärkerer Intensität. Die Bewertung der positiven Emotionen Freude und Zufriedenheit weist also auch bei den Kindern darauf hin, dass bei der Erfüllung unmoralischer Wünsche nicht nur das Erreichen eines subjektiven Ziels wie bei der Erfüllung eines neutralen Wunsches berücksichtigt wird, sondern dass die moralische Komponente auch in die Bewertung miteinbezogen wird. Dies zeigte sich bei den Kindern des Weiteren auch darin, dass sie einem Protagonisten, dessen neutraler Wunsch nicht erfüllt wurde, als auch einem Protagonisten, dessen unmoralischer Wunsch nicht erfüllt wurde, in vergleichbarer Intensität Traurigkeit zuschrieben, während sie signifikant mehr Traurigkeit attribuierten, wenn ein unmoralischer Wunsch erfüllt wurde, als wenn ein neutraler Wunsch erfüllt wurde. Trotzdem erwarteten die Kinder auch bei der Erfüllung eines unmoralischen Wunsches diese negative Emotion nur in geringer Ausprägung und signifikant weniger stark als bei der Nicht-Erfüllung eines unmoralischen Wunsches. Zudem zeigte sich ähnlich wie bei den erwachsenen Probanden aus Studie I, dass die Kinder bei neutralen erfüllten und unerfüllten Wünschen keinerlei Schadenfreude erwarteten, während sie bei der Erfüllung eines unmoralischen Wunsches diese Emotion in hoher Intensität und damit signifikant stärker als bei der Erfüllung eines neutralen und bei der Nicht-Erfüllung eines unmoralischen Wunsches erwarteten. Verletzte der Protagonist anstelle der Zielperson ein anderes Kind, schrieben die Kinder jedoch auch signifikant mehr Schadenfreude zu, als wenn

der Protagonist es nicht schaffte, den Gegenstand zur Zielperson zu spielen. Allerdings schrieben sie diese Emotion bei der Nicht-Erfüllung eines unmoralischen Wunsches ebenfalls nur in sehr geringer Intensität zu, so dass deswegen nicht davon auszugehen ist, dass sie den Protagonisten möglicherweise als Bully wahrgenommen haben könnten, der grundsätzlich positive Emotionen (wozu auch die Emotion Schadenfreude in diesem Sinn gezählt werden kann) empfindet, sobald er nur einer anderen Person Schaden zufügt, egal, ob dies beabsichtigt war oder nicht. Gegen diese Möglichkeit spricht auch, dass die Kinder weitere positive Emotionen bei unmoralischen Wünschen weniger, einige negative Emotionen hingegen mehr erwarteten als bei neutralen Wünschen, den moralischen Aspekt auch bei der Erfüllung unmoralischer Wünsche nicht gänzlich außer Acht ließen, und insbesondere, dass sie signifikant weniger Freude und Zufriedenheit, aber signifikant mehr Traurigkeit erwarteten, wenn der Protagonist anstelle der Zielperson ein anderes Kind verletzte, als wenn er der Zielperson Schaden zufügte. Wäre der Protagonist von den Probanden der Studie II als Bully angesehen worden, wäre insbesondere zu erwarten gewesen, dass die Probanden dem Protagonisten vergleichbar intensive positive Emotionen zuschreiben, wenn dieser wie beabsichtigt die Zielperson oder aber eine beliebige andere Person verletzt, und auch unabhängig davon, ob der Protagonist es schafft, seinen neutralen oder unmoralischen Wunsch zu erfüllen.

Insgesamt ergaben sich also bei den Kindern hinsichtlich der während der fMRT-Messung aufgezeichneten Reaktionen vergleichbare Befunde dahingehend, dass auch beim Rating intensive positive und kaum negative Emotionen zugeschrieben wurden, wenn ein neutraler Wunsch erfüllt wurde, wohingegen intensive negative und kaum positive Emotionen sowohl dann erwartet wurden, wenn ein neutraler Wunsch nicht erfüllt wurde, als auch dann, wenn ein unmoralischer Wunsch nicht erfüllt wurde. In ähnlicher Weise wie bei den erwachsenen Probanden aus Studie I wurden auch dann vornehmlich positive Emotionen sowie die Emotion Schadenfreude in hoher Intensität zugeschrieben, wenn ein Protagonist seinen unmoralischen Wunsch erfüllen konnte, was darauf hinweist, dass auch die Kinder sich hier in erster Linie an der subjektiven Wunscherfüllung orientierten. Andererseits vernachlässigten sie den zusätzlichen moralischen Aspekt dieser Situation wie auch die erwachsenen Probanden nicht völlig, was sich in der zumindest tendenziellen Zuschreibung gemischter Emotionen zeigte. Auch bei den Kindern ergab sich jedoch hinsichtlich der Zuschreibung intensiver ambivalenter Emotionen in Situationen, in denen ein persönlicher Wunsch erfüllt, dafür aber ein moralischer Standard verletzt wurde, kein so starker, wie aus der Literatur zu erwartender Effekt. Dies weist darauf hin, dass die Kinder trotz der Vorgabe dieser acht Emotionen die Situationen im Allgemeinen in ähnlicher Weise wie während der fMRT-

Messung bewerteten und sich durch die Vorgabe negativer Emotionen nicht zu einer „moralischeren“ oder sozial erwünschten Beantwortung der Fragen verleiten ließen.

7.2 fMRT-Daten

Auch auf neuronaler Ebene zeigten sich bei den Kindern zum Teil vergleichbare Aktivierungen wie bei den erwachsenen Probanden von Studie I, zum Teil jedoch auch unterschiedliche. Diese Gemeinsamkeiten und Unterschiede der beiden Stichproben auf deskriptiver Ebene sowie mögliche Implikationen hinsichtlich der Rekrutierung gemeinsamer oder unterschiedlicher neuronaler Netze bei der Zuschreibung von Emotionen nach erfüllten und unerfüllten neutralen und unmoralischen Wünschen werden im dritten Teil der Untersuchung zusammen mit den Befunden, die sich beim statistischen Vergleich der beiden Gruppen ergaben, näher erläutert und diskutiert. An dieser Stelle soll nur eine Einordnung der Ergebnisse der in dieser Studie untersuchten zehn- bis zwölfjährigen Kinder in die bestehende Literatur erfolgen.

In der vorliegenden Studie zeigte sich, dass die zehn- bis zwölfjährigen Kinder bei der wunschbasierten Zuschreibung von Emotionen ein neuronales Netzwerk bestehend aus ACC (BA 24/32) und dmPFC (BA 10), prä-SMA (BA 6), vIPFC im Übergang zur Insula (BA 47/13), sowie anterioren und posterioren temporalen Arealen (BA 21/38 und BA 22) rekrutierten. Sowohl Aktivierungen in lateralen präfrontalen und medialen (prä-)frontalen Regionen sowie temporalen Arealen wurden wie bereits beschrieben auch in ToM-Studien mit erwachsenen Probanden gefunden. Auch in den wenigen Studien, in denen die neuronalen Netzwerke von Kindern und Jugendlichen bei unterschiedlichen ToM-Komponenten und Vorläuferfunktionen untersucht wurden, ergaben sich in Übereinstimmung mit der vorliegenden Studie Aktivierungen in diesen Bereichen (vgl. Abschnitt 1.3.2). Die Befunde der vorliegenden Studie ergänzen somit die Ergebnisse bisheriger Studien dahingehend, dass Kinder zwischen zehn und zwölf Jahren auch bei der wunschbasierten Zuschreibung von Emotionen ähnliche neuronale Netze aktivieren. Im Folgenden werden nun die bei den Kindern aktivierten Gehirnregionen hinsichtlich ihrer möglichen Bedeutung und Funktion bei der Verarbeitung der präsentierten neutralen bzw. unmoralischen erfüllten bzw. unerfüllten Wünsche und der darauf basierenden Zuschreibung von Emotionen diskutiert.

Sowohl wenn ein neutraler und unmoralischer Wunsch nicht erfüllt wurden, als auch wenn ein unmoralischer Wunsch erfüllt wurde, ergaben sich im Vergleich mit der Realitätsbedingung bei den Kindern Aktivierungen im posterioren Bereich des rechten STG / MTG (BA 22/21). Aktivierungen in diesem Bereich des Temporalkortex zeigten sich in zahlreichen Studien mit erwachsenen Probanden, in denen unterschiedliche

ToM-Prozesse, wie die Zuschreibung von Überzeugungen (z. B. Grèzes et al., 2004), Intentionen (Brunet et al., 2000) oder Emotionen (Berthoz et al., 2002; Schulte-Rüther et al., 2007) untersucht wurden, sowie in Untersuchungen, in denen die Probanden moralische Entscheidungen treffen sollten (Moll et al., 2002b). Auch in einigen der wenigen Studien, in denen bisher Higher-Level-ToM-Prozesse, wie die Zuschreibung von Überzeugungen (Kobayashi et al., 2007), Emotionen (Burnett et al., 2009), Intentionen (Moriguchi et al., 2007) bzw. das Verständnis von Ironie (Wang et al., 2006a, b) bei Kindern und Jugendlichen untersucht wurden, zeigten sich Aktivierungen im posterioren STG / MTG. Aktivierungen in diesem Areal wurden jedoch sowohl bei erwachsenen Personen als auch bei Kindern auch bei basaleren Prozessen gefunden, wie z. B. dem Beobachten zielgerichteter oder intentionaler Handlungen (Ohnishi et al., 2004; Saxe, Xiao, Kovacs, Perrett & Kanwisher, 2004), dem Verfolgen von Augenbewegungen (Mosconi et al., 2005; Wicker et al., 2003) und der Wahrnehmung von Biological Motion (Carter & Pelphrey, 2006; Puce & Perrett, 2003; Saxe, Whitfield-Gabrieli, Scholz & Pelphrey, 2009). Aufgrund dieser Befunde wird vermutet, dass dieses Areal mit möglichen Vorläuferfunktionen der ToM assoziiert sein könnte, und allgemein bei der initialen Analyse von Cues mit sozialer Bedeutung, speziell jedoch in einem Bottom-Up Prozess zur Entdeckung und Überwachung von komplexem Verhalten und der Analyse der Ziele und Outcomes dieses Verhaltens eine wichtige Rolle einnehmen könnte. Frith und Frith (1999) und Gallagher und Frith (2003) nehmen dabei an, dass der posteriore STG / MTG durch seine Funktion einen Mentalisierungsprozess zwar unterstützen kann, dass das Areal aber auch mit einer kausalen, nicht-mentalenen Analyse von Verhalten im Allgemeinen assoziiert ist. In Übereinstimmung mit dieser Interpretation könnten die Aktivierungen im posterioren STG / MTG bei der wunschbasierten Zuschreibung von Emotionen nach unerfüllten neutralen und unmoralischen sowie erfüllten unmoralischen Wünschen in der vorliegenden Studie mit der Analyse des Wunsches des Protagonisten und des Outcomes im Hinblick auf die emotionalen Konsequenzen des Protagonisten assoziiert sein. Bei der Zuschreibung einer Emotion nach der Erfüllung eines neutralen Wunsches ergab sich hingegen im Vergleich mit der Kontrollbedingung keine Mehraktivierung im posterioren STG / MTG, obwohl auch hier in Abhängigkeit vom Wunsch des Protagonisten und dem Handlungsausgang der emotionale Zustand des Protagonisten vorhergesagt werden sollte. Dies könnte darauf hinweisen, dass die Zuschreibung von Emotionen bei unerfüllten neutralen und unmoralischen und erfüllten unmoralischen Wünschen aufgrund des Mismatches zwischen Wunsch und Outcome, bzw. da die Verletzung eines moralischen Standards zusätzlich berücksichtigt werden muss, eine komplexere Ziel- und Outcome-Analyse erfordert, während für die Zuschreibung einer Emotion bei einem Match

zwischen einem neutralem Wunsch und einem neutralem Outcome ähnlich wie für die Beantwortung der Realitätsfrage, für die ebenfalls die dargestellte Handlung verfolgt werden muss, eine vergleichbare, einfache Analyse von Handlungen und Outcomes ausreichend sein könnte. Aktivierungen in diesem Bereich des Temporalkortex zeigten sich jedoch auch im Zusammenhang mit einem Bottom-Up gesteuerten, durch präsentierte Cues getriggerten Abruf von semantischem Faktenwissen (Badre & Wagner, 2007; Cabeza & Nyberg, 2000). In Übereinstimmung mit den Befunden der vorliegenden Studie könnte die Aktivierung im rechten posterioren STG / MTG auch einen Bottom-Up gesteuerten Abruf von semantischem Wissen, in diesem Fall über den kausalen Zusammenhang zwischen Wünschen und Emotionen, reflektieren, auch wenn einschränkend angemerkt werden muss, dass sich in den meisten, jedoch auch nicht in allen Studien zum Abruf semantischen Wissens linkshemisphärische Aktivierungen zeigten. In der vorliegenden Studie scheint dieser angenommene Prozess jedoch wiederum nur bei der Zuschreibung von Emotionen in den komplexeren Bedingungen, in denen ein Mismatch und / oder die Verletzung eines moralischen Standards verarbeitet werden müssen, getriggert zu werden, nicht jedoch, wenn nur ein einfacher Match zwischen einem neutralen Wunsch und einem neutralem Outcome verarbeitet und daraus eine Emotion abgeleitet werden muss.

Unabhängig davon, ob die Aktivierung im rechten posterioren STG / MTG in der vorliegenden Studie mehr mit einem Bottom-Up Prozess zur Entdeckung und Überwachung von komplexem Verhalten und der Analyse der Ziele und Outcomes dieses Verhaltens oder einem Bottom-Up gesteuerten Abruf von semantischem Wissen assoziiert ist, lässt sich zum einen festhalten, dass keiner dieser möglichen Prozesse bei der Zuschreibung einer Emotion nach der Erfüllung eines neutralen Wunsches im Vergleich mit der Prozessierung der Realitätsbedingung bei den Kindern eine Rolle zu spielen scheint. Zum anderen ist festzustellen, dass sich der Prozess der Zuschreibung einer Emotion bei unerfüllten neutralen Wünschen und der Beantwortung der Realitätsfrage nach dem Spielzeug in der Kinderstichprobe nur in diesem Prozess zu unterscheiden scheint. Sollten einem Protagonisten jedoch Emotionen zugeschrieben werden, wenn dessen unmoralischer Wunsch erfüllt und die Zielperson verletzt wurde oder dessen unmoralischer Wunsch nicht erfüllt und ein anderes Kind verletzt wurde, ergaben sich neben der Aktivierung im rechten posterioren STG / MTG auch signifikante Signalveränderungen gegenüber der Realitätsbedingung im anterioren vIPFC (BA 47) und anterioren STG / MTG (BA 38/21). Im anterioren vIPFC ergab sich außerdem unabhängig vom Outcome auch eine Mehraktivierung bei der Zuschreibung von Emotionen bei unmoralischen Wünschen gegenüber der Zuschreibung von Emotionen bei neutralen Wünschen. Beide Areale wurden, wie im Rahmen des empirischen

Hintergrundes erläutert wurde, häufig in Studien zur ToM bzw. sozialen Kognition mit erwachsenen Probanden gefunden. Auch in einigen der relativ wenigen bildgebenden Studien, die bisher zu den neuronalen Korrelaten der ToM bei Kindern und Jugendlichen durchgeführt wurden, konnten Aktivierungen in diesen Bereichen beobachtet werden. So fanden beispielsweise Monk et al. (2003) bei neun- bis 17-jährigen und Wang et al. (2004) bei acht- bis 16-jährigen Kindern und Jugendlichen beim Betrachten bzw. Matchen und Labeln von emotionalen Gesichtsausdrücken Aktivierungen im vIPFC. In der Studie von Decety et al. (2008) zeigte sich bei sieben- bis zwölfjährigen Kindern eine Aktivierung in dieser Region, wenn die Kinder eine schmerzhaft Erfahrung bei einer anderen Person beobachteten, und Wang et al. (2006a, b) fanden Aktivierungen im vIPFC, wenn acht- bis 16-jährige Kinder und Jugendliche anhand von kontextuellen oder prosodischen Cues beurteilen sollten, ob die Aussage eines Sprechers wörtlich oder ironisch gemeint war. Ähnlich wie in Studien mit erwachsenen Probanden konnte auch in der Studie zur Überzeugungsattribution von Kobayashi et al. (2007) bei Kindern und Jugendlichen eine Aktivierung im vIPFC gefunden werden. In den drei letztgenannten Studien von Wang und Kollegen (2006a, b) und Kobayashi und Kollegen (2007) zeigten sich des Weiteren auch Aktivierungen in anterioren temporalen Bereichen, wie auch in den Untersuchungen von Moriguchi et al. (2007), Ohnishi et al. (2004) und Blakemore et al. (2007) bei der Zuschreibung von Intentionen. Diese Befunde zusammen mit den Ergebnissen der vorliegenden Studie zur wunschbasierten Emotionsattribution bei Kindern lassen vermuten, dass der anteriore vIPFC und der anteriore STG / MTG nicht nur bei Erwachsenen, sondern auch bei Kindern und Jugendlichen grundlegende Funktionen bei der Verarbeitung solcher Szenarien einnehmen könnten. Wie unter 4.2.1 beschrieben, könnte diese Funktion des anterioren vIPFC darin bestehen, in einem kontrollierten Top-Down-Prozess generalisiertes semantisches Wissen über die Welt und / oder konkreteres episodisches Wissen über ähnliche Situationen abzurufen, und mit aktuellen Repräsentationen im Arbeitsgedächtnis abzugleichen, um die präsentierten sozialen Stimuli zu interpretieren. Eine ganz ähnliche Funktion wie dem anterioren vIPFC wird auch dem anterioren STG / MTG zugeschrieben. Dieser anteriore Bereich des temporalen Kortex wird ebenfalls sowohl mit dem Abruf semantischer als auch episodischer Wissensinhalte in Verbindung gebracht, wobei Badre und Wagner (2007) im Gegensatz zum kontrollierten, Top-Down gesteuerten Abruf im anterioren vIPFC im anterioren Temporalkortex einen Bottom-Up gesteuerten, Cue-getriggerten Abruf annehmen. Ross und Olson (2010) gehen aufgrund von Vorbefunden und eigenen Ergebnissen davon aus, dass der rechte anteriore Temporalkortex eine wichtige Rolle beim Abruf generellen, aber auch spezifischen sozialen konzeptuellen Wissens, wie moralischen Regeln, sozialer

Etikette, sowie den Beziehungen zwischen Sender und Empfänger in sozialen Interaktionen einnimmt, und über diese Funktion zum Verständnis mentaler Zustände und Handlungen anderer Personen beiträgt. Aktivierungen im anterioren, insbesondere rechten Temporalkortex zeigten sich jedoch auch beim Abruf oder der Präsentation persönlicher, episodischer Gedächtnisinhalte (Fink et al., 1996; Maguire, Mummery & Buchel, 2000). Frith und Frith (2003) gehen daher davon aus, dass eine weitere wichtige Funktion des anterioren Temporalkortex darin besteht, einen erfahrungsbasierten Kontext für präsentierte Stimuli zu generieren, was eine nützliche Basis für das Verständnis mentaler Zustände darstelle. In Übereinstimmung mit diesen Annahmen lassen sich auch die bei Kindern und Jugendlichen in verschiedenen ToM-Prozessen gefundenen Aktivierungen im anterioren vIPFC und STG / MTG interpretieren. So müssen beispielsweise generalisierte Konzepte oder eigene Erfahrungen darüber vorhanden sein, dass Schmerz entsteht, wenn ein schwerer Gegenstand auf den Fuß fällt, oder wie sich die Stimme einer Person verändert, wenn sie Ironie zum Ausdruck bringen will, um Schmerz bei einer anderen Person oder Ironie in einer Aussage wahrnehmen und verstehen zu können. In ähnlicher Weise könnten auch die in der vorliegenden Studie gefundenen Aktivierungen in BA 47 und 38/21 bei der Zuschreibung von Emotionen nach erfüllten und unerfüllten Wünschen sowohl mit einem Abruf generellen Wissens über moralische Regeln und den kausalen Zusammenhang zwischen Wünschen und Emotionen, sowie konkreterer eigener emotionaler Erfahrungen in ähnlichen Situationen assoziiert sein. Ausgehend von Befunden zu Lateralisierungstendenzen, nach denen beim Abruf semantischen Wissens der linke, beim Abruf episodischen Wissens auch der rechte anteriore vIPFC aktiviert wurde, könnte auch angenommen werden, dass zusätzlich zu einem Stimulus-getriggerten Abruf semantischer und episodischer Gedächtnisinhalte über BA 38/21 in beiden unmoralischen Bedingungen bei der Nicht-Erfüllung eines unmoralischen Wunsches nur ein kontrollierter Abruf semantischen Wissens über BA 47 links erfolgt, während bei der Erfüllung eines unmoralischen Wunsches zusätzlich ein kontrollierter Abruf episodischer Gedächtnisinhalte über BA 47 rechts erforderlich sein könnte, um dem Protagonisten Emotionen zuschreiben zu können (dementsprechend zeigte sich beim Vergleich der beiden Bedingungen mit unmoralischen Wünschen mit den beiden Bedingungen mit neutralen Wünschen auch nur eine Mehraktivierung in BA 47 links bei der Zuschreibung von Emotionen nach unmoralischen Wünschen). Diese Annahme könnte wiederum in Einklang damit gesehen werden, dass die Erfüllung eines unmoralischen Wunsches die komplexeste Bedingung darstellt, da hier die Erfüllung eines subjektiven Wunsches und die Verletzung eines moralischen Standards und die jeweils damit einhergehenden Emotionen konfliktieren.

Für die höhere Komplexität der Zuschreibung von Emotionen bei unmoralischen Wünschen und insbesondere bei erfüllten unmoralischen Wünschen sprechen auch Aktivierungen in Arealen, die mit Arbeitsgedächtnis- und Aufmerksamkeitsprozessen in Verbindung gebracht werden. So zeigten sich bei der Erfüllung eines unmoralischen Wunsches im Vergleich zur Realitätsbedingung und im Vergleich zur Erfüllung eines neutralen Wunsches, sowie beim Vergleich der beiden Bedingungen mit unmoralischen Wünschen mit den beiden Bedingungen mit neutralen Wünschen Mehraktivierungen im dlPFC (BA 9 bzw. 8/9). Wie unter 4.2.1 erläutert, wird dem dlPFC beim Halten, Überwachen und Manipulieren und dem aktiven Abruf von aktuellen Repräsentationen im Arbeitsgedächtnis eine wichtige Rolle zugeschrieben (Cabeza & Nyberg, 2000; Cabeza & St Jacques, 2007; D'Esposito, 2007). Dementsprechend könnten die Aktivierungen des dlPFC in der vorliegenden Studie mit einem höheren Arbeitsgedächtnisload bei der Zuschreibung von Emotionen nach unmoralischen Wünschen assoziiert sein, da hier nicht nur die Information über die Erfüllung oder Nicht-Erfüllung eines Wunsches, sondern zusätzlich auch der Aspekt der Übertretung eines moralischen Standards und der intendierten bzw. nicht intendierten Verletzung einer anderen Person im Arbeitsgedächtnis repräsentiert und manipuliert werden müssen, um die emotionalen Konsequenzen für den Protagonisten zu erfassen und diesem Emotionen zuzuschreiben. Aktivierungen im mittleren frontalen Gyrus, dem Teil des dlPFC, der in der vorliegenden Studie bei der Zuschreibung von Emotionen nach unmoralischen Wünschen mehr als bei der Zuschreibung von Emotionen nach neutralen Wünschen und bei der Zuschreibung von Emotionen nach unmoralischen erfüllten Wünschen mehr als bei der Zuschreibung von Emotionen nach neutralen erfüllten Wünschen aktiviert wurde, zeigten sich auch im Zusammenhang mit verschiedenen Aufmerksamkeitsprozessen. Allerdings ergaben sich in der vorliegenden Studie linkshemisphärische Aktivierungen, während im Rahmen von Aufmerksamkeitsprozessen in diesem Areal vorwiegend Aktivierungen in der rechten Hemisphäre gefunden wurden (vgl. Cabeza & Nyberg, 2000). Nach Corbetta, Patel und Shulman (2008) stellt nur der rechte, nicht aber der in der vorliegenden Studie gefundene linke mittlere frontale Gyrus einen Teil des ventralen und dorsalen Aufmerksamkeitsnetzwerkes dar. In Verbindung mit Arbeitsgedächtnisprozessen ergaben sich hingegen bilaterale Aktivierungen, weswegen die in der vorliegenden Studie gefundenen Aktivierungen im dlPFC möglicherweise eher mit einem erhöhten Arbeitsgedächtnisload als vermehrten Aufmerksamkeitsprozessen bei der Zuschreibung von Emotionen nach unmoralischen bzw. unmoralischen erfüllten Wünschen assoziiert sein könnten.

Bei der Zuschreibung von Emotionen nach unmoralischen erfüllten und unerfüllten Wünschen zeigte sich im Vergleich mit der Zuschreibung von Emotionen nach

neutralen erfüllten und unerfüllten Wünschen auch eine Mehraktivierung in der rechten TPJ (BA 39/40), einem Areal, das neben dem rechten mittleren frontalen Gyrus und dem rechten inferioren frontalen Gyrus einen Teil des ventralen Aufmerksamkeitsnetzwerkes bildet. Diesem ventralen Aufmerksamkeitsnetzwerk und insbesondere der rechten TPJ wird eine wichtige Funktion beim Entdecken von Stimuli und der Orientierung der Aufmerksamkeit auf Reize zugeschrieben, die als verhaltensrelevant wahrgenommen werden, da sie mit den aktuellen Zielen einer Person übereinstimmen, oder da ihre Bedeutung durch Assoziationen im Langzeitgedächtnis signalisiert wird (Corbetta et al., 2008; Kincade, Abrams, Astafiev, Shulman & Corbetta, 2005). Die rechte TPJ stellt jedoch neben dem mPFC das Areal dar, das bei erwachsenen Probanden am häufigsten in verschiedenen Untersuchungen zur sozialen Kognition und verschiedensten Bereichen der ToM (z. B. Burnett et al., 2009; Kédia et al., 2008; Perner et al., 2006; Saxe & Wexler, 2005; Schaich et al., 2006; Völlm et al., 2006; Walter et al., 2004; Young et al., 2007) gefunden wurde. Aufgrund dieser Befunde gingen bzw. gehen einige Autoren davon aus, dass die rechte TPJ spezifisch ist für die Fähigkeit, mentale Zustände zuzuschreiben (vgl. z. B. Saxe & Kanwisher, 2003). In einer Studie von Mitchell (2008) ergab sich jedoch, dass bei Aufgaben zur Aufmerksamkeitsreorientierung und zur Zuschreibung falscher Überzeugungen keine distinkten, sondern größtenteils überlappende Bereiche der rechten TPJ bei beiden Aufgaben aktiviert wurden (vgl. auch Decety & Lamm, 2007), was eher dafür spricht, dass den Aktivierungen in der rechten TPJ bei Aufmerksamkeits- und Mentalisierungsprozessen ein gemeinsamer, domänenübergreifender Prozess zugrunde liegen könnte. Interessanterweise scheint die rechte TPJ außerdem auch bei der Perspektivenübernahme und der „Selbst-Fremd-Differenzierung“ bzw. der Unterscheidung selbstgenerierter und external produzierter sensorischer Signale eine wichtige Rolle zu spielen (Decety & Lamm, 2007; Decety & Sommerville, 2003; Ruby & Decety, 2001, 2003; Vogeley et al., 2001; Vogeley & Fink, 2003). So zeigten sich in Studien, in denen die Aktivität der TPJ z. B. durch elektrische Stimulation beeinträchtigt wurde, bei den Probanden verzerrte Wahrnehmungen der Umwelt und des eigenen Körpers („out of body experience“; Blanke & Arzy, 2005). Ruby und Decety (2001) fanden des Weiteren stärkere Aktivierungen in der rechten TPJ, wenn die Vpn sich vorstellen sollten, wie eine andere Person eine Handlung ausführt, als wenn sie sich vorstellen sollten, dass sie selbst die Handlung ausführen. Im Widerspruch dazu fanden jedoch Vogeley und Kollegen (2001) eine Mehraktivierung der TPJ, wenn die Vpn sich selbst als Protagonisten der Geschichte vorstellen sollten, als wenn sie dem Protagonisten der Geschichte mentale Zustände zuschreiben sollten. Corbetta et al. (2008) nehmen aufgrund dieser verschiedenen möglichen Funktionen an, dass die Rolle der rechten TPJ bei der

Zuschreibung von mentalen Zuständen, einem Prozess, der die Fähigkeit erfordert, verschiedene Perspektiven in derselben Situation simultan zu repräsentieren und zu differenzieren, darin bestehen könnte, dass dieses Areal über Aufmerksamkeitsprozesse einen Wechsel der Aufmerksamkeit zwischen externalen und internalen Repräsentationen oder verschiedenen Perspektiven ermöglicht. In Einklang mit dieser Interpretation kann auch die Mehraktivierung der rechten TPJ bei der Zuschreibung von Emotionen nach unmoralischen erfüllten und unerfüllten Wünschen gegenüber der Zuschreibung von Emotionen nach neutralen erfüllten und unerfüllten Wünschen in der vorliegenden Studie gesehen werden. Die Probanden wurden zwar in allen vier Bedingungen instruiert, aus der Perspektive des Protagonisten der jeweiligen Geschichte und nicht aus ihrer eigenen Perspektive Emotionen zuzuschreiben. Möglicherweise könnte aber bei der Zuschreibung von Emotionen nach neutralen erfüllten und unerfüllten Wünschen ein Matching zwischen Wunsch und Outcome ohne jegliche Perspektivenübernahme ausgereicht haben, während die Zuschreibung von Emotionen nach unmoralischen erfüllten und unerfüllten Wünschen eventuell einen Wechsel der Aufmerksamkeit von der eigenen auf die Perspektive des Protagonisten erfordert haben könnte, welche insbesondere bei der Erfüllung eines unmoralischen Wunsches auch unterschiedlich zur eigenen Perspektive eingeschätzt worden sein könnte. Eine weitere mögliche Interpretation wäre, dass die Zuschreibung einer Emotion nach erfüllten und unerfüllten unmoralischen Wünschen einen Wechsel der Aufmerksamkeit zwischen dem Aspekt der Wunscherfüllung und dem Aspekt der Verletzung eines moralischen Standards bzw. eine Reorientierung der Aufmerksamkeit auf einen der beiden Aspekte erfordert, während bei der Zuschreibung einer Emotion nach erfüllten und unerfüllten neutralen Wünschen nur ein Stimulus, die Erfüllung oder Nicht-Erfüllung des Wunsches, verarbeitet werden muss. Die vorliegende Studie weist demnach darauf hin, dass die rechte TPJ bei der wunschbasierten Zuschreibung von Emotionen in einem moralisch relevanten Kontext bei Kindern im Alter von zehn bis zwölf Jahren eine wichtige Rolle spielt. In Übereinstimmung mit den Befunden der vorliegenden Studie zeigte sich auch in der Studie von Burnett und Kollegen (2009) bei elf- bis 18-jährigen Kindern und Jugendlichen eine Mehraktivierung in der rechten TPJ bei der Zuschreibung von Emotionen in sozial / moralisch relevanten Kontexten im Vergleich zur Zuschreibung von Basisemotionen. Auch in Studien, die andere ToM-Prozesse, wie die Zuschreibung von falschen Überzeugungen oder eigenen Intentionen oder die Prozessierung verschiedener Gedanken der Protagonisten bei Kindern und Jugendlichen untersuchten, wurden Aktivierungen in der rechten TPJ gefunden (Blakemore et al., 2007; Burnett et al., 2009; Decety et al., 2008; Kobayashi et al., 2007; Ohnishi et al., 2004; Saxe et al., 2009), was die Annahme stützt, dass der rechten TPJ auch bei

Kindern und Jugendlichen bei der Zuschreibung mentaler Zustände eine wichtige Funktion zukommt. Entgegen der Erwartung zeigte sich jedoch in diesem Areal keine mit einem Mismatch assoziierte Mehraktivierung bei der Zuschreibung von Emotionen bei der Nicht-Erfüllung eines neutralen und unmoralischen Wunsches im Vergleich zur Erfüllung eines neutralen und unmoralischen Wunsches, so wie sich in den Studien von Saxe und Wexler (2005) und Young et al. (2007) eine Mehraktivierung in der TPJ bei der Prozessierung von diskrepanten Hintergrundinformationen und Wünschen bzw. Überzeugungen und nicht erwarteten Outcomes ergab. Die rechte TPJ scheint also nicht mit einer Prozessierung der emotionalen Konsequenzen eines Mismatches, sondern in Zusammenhang mit oben angenommener Funktion mehr mit der Prozessierung der emotionalen Konsequenzen unmoralischer Wünsche unabhängig von deren Erfüllung oder Nicht-Erfüllung assoziiert zu sein.

Auch der Präcuneus, für den aufgrund der Studien von Saxe und Wexler (2005) und Young et al. (2007) ebenfalls eine Mehraktivierung in den Mismatch-Bedingungen angenommen wurde, erwies sich nicht als mit den emotionalen Konsequenzen bei der Nicht-Erfüllung neutraler und unmoralischer Wünsche assoziiertes Areal. Stattdessen ergab sich in diesem Areal in der vorliegenden Studie eine Mehraktivierung nur bei der Zuschreibung von Emotionen nach einem unerfüllten unmoralischen Wunsch gegenüber der Zuschreibung von Emotionen nach einem unerfüllten neutralen Wunsch. Aktivierungen in diesem Teil des Parietalkortex konnten bei einer ganzen Reihe von höheren kognitiven Prozessen, wie z. B. dem Abruf episodischer Gedächtnisinhalte, gefunden werden. Dem medialen anterioren Teil des Präcuneus, der in der vorliegenden Studie gefunden wurde, wird jedoch insbesondere bei selbstreferentiellen Prozessen, mentaler Vorstellung und Perspektivenübernahme eine wichtige Rolle zugeschrieben (für eine Übersicht vgl. Cabeza & Nyberg, 2000; Cavanna, 2007; Cavanna & Trimble, 2006). Ähnlich wie bei den Befunden zur rechten TPJ ergaben sich jedoch auch hier widersprüchliche Ergebnisse. Während Voegeley und Kollegen (2001) in diesem Areal eine Mehraktivierung fanden, wenn die Vpn sich selbst als Handelnde sehen und aus ihrer Perspektive urteilen sollten im Vergleich dazu, wenn sie aus der Fremdperspektive mentale Zustände zuschreiben sollten, zeigte sich bei Ruby und Decety (2001) eine Mehraktivierung des Präcuneus bei der Fremd- im Vergleich zur Eigenperspektive. In weiteren ToM-Studien mit erwachsenen Personen ergaben sich Aktivierungen im Präcuneus sowohl bei der Zuschreibung oder Prozessierung mentaler Zustände aus der Fremdperspektive (z. B. Farrow et al., 2001; Ochsner et al., 2004; Sommer et al., 2007; Young et al., 2007) als auch aus der Eigenperspektive (den Ouden et al., 2005; Ochsner et al., 2004). Nach Cavanna (2007) könnte dies entweder bedeuten, dass die mit dem Präcuneus assoziierte Einnahme der Fremd- und Eigen-

perspektive auf einem gemeinsamem Prozess beruht, z. B. einer internalen Repräsentation der mentalen Zustände durch mentale Vorstellung, oder dass die eigene Person in die Situation projiziert wird, um zu verstehen, wie sich eine andere Person in derselben Situation fühlen könnte. Die Befunde weiterer Studien sprechen für die Annahme, dass der Präcuneus auch bei Kindern und Jugendlichen eine ähnliche Funktion einnehmen könnte. So fanden Pfeifer, Lieberman und Dapretto (2007) eine mit selbstreferentiellen Prozessen assoziierte Aktivierung des anterioren Präcuneus bei zehnjährigen Kindern. Des Weiteren konnten in den bisherigen mit Kindern und Jugendlichen durchgeführten ToM-Studien ähnlich wie bei Erwachsenen sowohl bei der Zuschreibung mentaler Zustände aus der Eigenperspektive (z. B. Blakemore et al., 2007) als auch aus der Fremdperspektive (z. B. Moriguchi et al., 2007) Aktivierungen des Präcuneus gefunden werden. Dementsprechend könnte die Mehraktivierung des Präcuneus bei der Zuschreibung von Emotionen nach der Nicht-Erfüllung eines unmoralischen Wunsches im Vergleich zur Zuschreibung von Emotionen nach der Nicht-Erfüllung eines neutralen Wunsches in der vorliegenden Studie die mentale Vorstellung der Situation und der damit einhergehenden Emotion des Protagonisten, oder die über den eigenen, in einer solchen Situation erwarteten mentalen Zustand inferierte Emotion des Protagonisten reflektieren. Wie bereits angemerkt, könnte ein solcher Prozess nur bei der Zuschreibung von Emotionen nach unmoralischen Wünschen, nicht jedoch nach neutralen notwendig sein, da hier ein Matching-Prozess ausreichen könnte. Die Aktivierung des Präcuneus steht in Einklang mit den Befunden der Studie von Burnett und Kollegen (2009), in welcher sich bei den Kindern und Jugendlichen eine Mehraktivierung im anterioren Präcuneus bei der Zuschreibung von Emotionen in sozial / moralisch relevanten Kontexten gegenüber der Zuschreibung von Basisemotionen zeigte. Allerdings stellt sich die Frage, warum sich in der vorliegenden Studie nur bei der Nicht-Erfüllung eines unmoralischen Wunsches, nicht jedoch bei der Erfüllung eines unmoralischen Wunsches eine Mehraktivierung im Präcuneus zeigte. Eine mögliche Erklärung hierfür könnte folgende sein: wie oben beschrieben, könnte der Präcuneus eine Rolle dabei spielen, den mentalen Zustand einer anderen Person über den eigenen mentalen Zustand zu inferieren. Geht man weiterhin von den Annahmen der Simulationstheorie aus, so werden Inferenzen vom eigenen auf den mentalen Zustand anderer Personen nur dann gezogen, wenn die andere Person als ausreichend ähnlich zur eigenen Person wahrgenommen wird. Dementsprechend wäre es möglich, dass die Kinder der vorliegenden Studie die negativen Emotionen des Protagonisten aus ihren eigenen Emotionen, die sie bei sich erwarten würden, wenn sie aus Versehen ein anderes Kind verletzt hätten, inferierten. Im Gegensatz dazu könnten die Kinder bei der mehrheitlichen Zuschreibung positiver Emotionen, wenn der

Protagonist absichtlich die Zielperson verletzte, weniger von sich selbst als Modell für die Emotionen des Protagonisten ausgegangen sein. Während sie dem Protagonisten aufgrund der subjektiven Wunscherfüllung mehrheitlich positive Emotionen zuschrieben, auch wenn sie den moralischen Aspekt der Situation nicht völlig außen vor zu lassen schienen (s. Verhaltensdaten), könnten sie möglicherweise bei sich selbst eher negative, moralische Emotionen erwartet haben. Zwar stellt dies nur eine Vermutung dar, da die Probanden in der vorliegenden Untersuchung nicht zusätzlich nach ihren eigenen Emotionen gefragt wurden. In Studien zur Entwicklung des Selbstkonzepts zeigte sich jedoch, dass der Beginn der Pubertät durch ein zunehmendes Bewusstsein über sich selbst und eine zunehmende Selbstreflexion (Steinberg, 2005) gekennzeichnet ist. In dieser Phase der Entwicklung werden sich die Kinder oder Jugendlichen der Meinung anderer Personen stärker bewusst und messen dieser mehr Bedeutung bei (Davey, Yücel & Allen, 2008; Parker, Rubin, Erath, Wojslawowicz & Buskirk, 2006), was nach Keller et al. (2003; s. auch 4.1.1) darin resultieren könne, dass Kinder und Jugendliche in diesem Alter vornehmlich negative, moralische Emotionen zuschreiben, wenn sie über ihre eigenen Gefühle in solchen Situationen Auskunft geben sollen. Dementsprechend konnten Keller und Kollegen (2003) in ihrer Studie beobachten, dass Kinder ab acht Jahren einem Protagonisten mehr negative Emotionen zuschrieben, wenn sie aus der Eigenperspektive urteilen sollten, als wenn sie die Fremdperspektive eines hypothetischen Protagonisten einnehmen sollten.

Des Weiteren könnten auch die unterschiedlichen Aktivierungen im mPFC bei der Zuschreibung von Emotionen nach erfüllten unmoralischen Wünschen und bei der Zuschreibung von Emotionen nach unerfüllten unmoralischen Wünschen für die Annahme sprechen, dass die Probanden die Emotion des Protagonisten bei der Nicht-Erfüllung eines unmoralischen Wunsches von ihren eigenen, in einer solchen Situation erwarteten negativen Emotionen inferiert haben könnten, während sie dem Protagonisten bei der Erfüllung eines unmoralischen Wunsches einen von den eigenen erwarteten Emotionen abweichenden mentalen Zustand zugeschrieben haben könnten. Während sich bei der Erfüllung eines unmoralischen Wunsches im Vergleich zur Realitätsbedingung und im Vergleich zur Erfüllung eines neutralen Wunsches eine Mehraktivierung im posterioren dmPFC (BA 8) ergab, zeigte sich bei der Nicht-Erfüllung eines unmoralischen Wunsches eine Mehraktivierung im anterioren dmPFC (BA 10/9) gegenüber der Realitätsbedingung. Beide Areale wurden konsistent bei erwachsenen Probanden als auch bei Kindern im Zusammenhang mit verschiedenen Mentalisierungsprozessen, wie der Zuschreibung von Gedanken (z. B. Saxe et al., 2009), falschen Überzeugungen (z. B. Gallagher et al., 2000; Kobayashi et al., 2007), Wünschen / Intentionen (z. B. Blakemore et al., 2007; Brunet et al., 2000; den Ouden

et al., 2007; Moriguchi et al., 2007; Ohnishi et al., 2004; Wang et al., 2006a, b) und Emotionen in verschiedenen Kontexten (Berthoz et al., 2002; Burnett et al., 2009; Finger et al., 2006; Ochsner et al., 2004; Yurgelun-Todd & Killgore, 2006) gefunden, und zwar sowohl bei der Zuschreibung eigener mentaler Zustände als auch bei der Zuschreibung mentaler Zustände auf eine andere Person (z. B. Ochsner et al., 2004). In einer Untersuchung von Mitchell, Macrae und Banaji (2006) zeigte sich jedoch auch, dass ein dorsaler, posteriorer Teil des mPFC eine Mehraktivierung aufwies, wenn die Vpn beurteilen sollten, ob eine Person, mit der sie sich wenig identifizieren konnten, bestimmten Aussagen zustimmen würde oder nicht. In einem ventraler, anterior gelegenen Teil des mPFC zeigte sich hingegen eine Mehraktivierung, wenn die Probanden entscheiden sollten, ob eine Person, mit der sie sich identifizieren konnten oder die sie als sich selbst ähnlich empfanden, diesen Aussagen zustimmen würde. In der Studie von Mitchell, Banaji und Macrae (2005) zeigte sich des Weiteren, dass die Aktivierung in diesem Areal nur in einer Mentalisierungsaufgabe mit der wahrgenommenen Ähnlichkeit zwischen Proband und präsentierter Person korrelierte, nicht jedoch bei der Beurteilung der Symmetrie des Gesichtes der Person. Die Autoren sehen diese Ergebnisse in Einklang mit den Befunden vorheriger Studien, in denen sich zeigte, dass anterior (ventral) gelegene Bereiche des mPFC stärker bei der Zuschreibung eigener mentaler Zustände aktiviert wurden, während posterior gelegene Areale des mPFC eine stärkere Aktivierung bei der Zuschreibung mentaler Zustände auf andere Personen zeigten (Amodio & Frith, 2006; D'Argembeau, Ruby, Collette, Degueldre, Baetens, Luxen et al., 2007; Krueger, Barbey & Grafman, 2009), da wie oben beschrieben Inferenzen vom eigenen auf den mentalen Zustand anderer Personen dann gezogen würden, wenn die andere Person als ausreichend ähnlich zur eigenen Person wahrgenommen werde. In Übereinstimmung mit diesen Befunden könnten die Ergebnisse der vorliegenden Studie dahingehend interpretiert werden, dass sich aufgrund der möglicherweise unterschiedlichen, beim Protagonisten und der eigenen Person erwarteten Emotionen bei der Erfüllung eines unmoralischen Wunsches Aktivierungen im posterioren dmPFC ergeben haben könnten, während sich aufgrund der wahrscheinlich ähnlichen erwarteten Emotionen bei der Nicht-Erfüllung eines unmoralischen Wunsches Aktivierungen in einem weiter ventral gelegenen Bereich des mPFC ergeben haben könnten. Diese Interpretation muss jedoch mit Einschränkungen betrachtet werden. Zum einen ist zwar die Aktivierung im posterioren dmPFC vergleichbar mit der in der Studie von Mitchell et al. (2006) gefundenen. Die Aktivierung im anterioren dmPFC ist jedoch weiter dorsal gelegen als in der Untersuchung von Mitchell und Kollegen (2006). Zum anderen wurden bisher nach Wissen der Autorin keine Studien mit Kindern oder Jugendlichen durchgeführt, in denen untersucht wurde,

ob sich auch bei dieser Probandengruppe ähnliche distinkte Areale im mPFC bei der Zuschreibung mentaler Zustände in Abhängigkeit von der wahrgenommenen Ähnlichkeit ergeben. Befunde, die dieser Annahme widersprechen könnten, ergeben sich zum einen aus der Studie von Burnett et al. (2009), in der sich eine Mehraktivierung in einem dorsalen Bereich des mPFC ähnlich wie in der vorliegenden Studie bei der Erfüllung eines unmoralischen Wunsches bei der Zuschreibung sozialer / moralischer Emotionen auf die eigene Person ergab. Auch in einer Studie von Pfeifer, Lieberman und Dapretto (2007) zeigte sich bei zehnjährigen Kindern zwar in Übereinstimmung mit bei erwachsenen Probanden gefundenen Aktivierungen eine Mehraktivierung in einem ventraler gelegenen Bereich des mPFC bei der Beurteilung, ob eine Eigenschaft auf die eigene Person zutrifft. In der Kinderstichprobe zeigten sich jedoch keine Mehraktivierungen in einem weiter dorsal gelegenen Bereich des mPFC bei der Beurteilung, ob diese Eigenschaft auf „Harry Potter“ zutrifft. Stattdessen schienen die Kinder dieses Areal bei beiden Prozessen ähnlich zu rekrutieren. Aufgrund der Ergebnisse dieser Studien und fehlender weiterer Studien zu diesem Aspekt ist die Annahme, dass sich aus obigen Gründen unterschiedliche Aktivierungen im mPFC ergeben haben könnten, als spekulativ zu betrachten.

Unabhängig davon könnten jedoch die Aktivierungen in BA 8 und 10/9, sowie die Aktivierung im dACC (BA 32) bei der Zuschreibung einer Emotion nach erfüllten unmoralischen Wünschen in Übereinstimmung mit den Ergebnissen und Annahmen von Burnett und Kollegen (2009) darauf hinweisen, dass nur bei der Erfüllung und Nicht-Erfüllung unmoralischer Wünsche bzw. bei der Zuschreibung von Emotionen in sozial / moralisch relevanten Kontexten eine Zuschreibung von Emotionen im Sinne eines Mentalisierungsprozesses erfolgt. Dieser Mentalisierungsprozess könnte, wie unter 4.2.2 beschrieben, darin bestehen, dass bei der Zuschreibung der Emotion die subjektive Perspektive des Protagonisten, die sich aus der Erfüllung oder Nicht-Erfüllung des Wunsches ergibt, und die moralische Perspektive, die sich aus der Verletzung eines moralischen Standards und möglicherweise auch über den implizit prozessierten mentalen Zustand des verletzten Kindes ergibt, miteinander verrechnet und integriert worden sein könnten. Wie bereits beschrieben wurden Aktivierungen in diesen Arealen v. a., wenn auch nicht ausschließlich, im Zusammenhang mit der Zuschreibung mentaler Zustände gefunden. Insbesondere Aktivierungen in einem anterioren Teil des dACC, der in der vorliegenden Studie gefunden wurde, und in BA 9/10 wurden bei erwachsenen Probanden v. a. im Zusammenhang mit der Zuschreibung von Emotionen gefunden (für einen Überblick vgl. Gilbert, Spengler, Simons, Steele, Lawrie, Frith et al., 2006b; Ochsner et al., 2004; Phan et al., 2002). In Übereinstimmung mit den Befunden der vorliegenden Studie zeigten sich auch in den wenigen

anderen Studien, die emotionale Prozesse bei Kindern und Jugendlichen untersuchten, Aktivierungen in BA 32 (Decety et al., 2008; Monk et al., 2003), BA 9 und BA 8 (Burnett et al., 2009). Aufgrund dieser Befunde und der Beobachtung, dass sich bei der Zuschreibung mentaler Zustände im Allgemeinen bei Erwachsenen und Kindern und Jugendlichen ähnliche Netzwerke ergaben, kann angenommen werden, dass diesen Arealen auch in der vorliegenden Studie eine bedeutende Funktion bei diesem Prozess zukommt.

Die bei der Zuschreibung einer Emotion nach erfüllten unmoralischen Wünschen gefundenen Aktivierungen in BA 8 und BA 32 erstreckten sich jedoch auch auf einen dorsalen Teil des prä-SMA (BA 6) bzw. auf einen weiter posterior gelegenen Bereich des dACC im Übergang zum ventralen Bereich des prä-SMA (BA 32/6). Wie unter 4.2.2 beschrieben, wird dem dorsomedialen Anteil von BA 6 eine bedeutende Rolle beim Monitoring und Wechsel zwischen konfligierenden Aspekten sowie der Integration konkurrierender Aspekte und der Wahl oder Unterdrückung einer Antwort zugeschrieben (z. B. Donohue et al., 2008; Forstmann et al., 2008; Mars et al., 2007; Mostofsky & Simmonds, 2008; Tremblay & Gracco, 2009; Woodward et al., 2006). In einer Studie von Simmonds, Fotedar, Suskauer, Pekar, Denckla und Mostofsky (2007) zeigte sich des Weiteren, dass dieses Areal auch bei Kindern zwischen acht und zwölf Jahren eine wichtige Funktion bei diesen Prozessen zu haben scheint. In Übereinstimmung mit diesen Befunden könnte die Aktivierung in diesem Teil des medialen Frontalkortex, die sich bei den Kindern nur bei der Zuschreibung von Emotionen bei der Erfüllung eines unmoralischen Wunsches ergab, mit der Integration der konfligierenden subjektiven und moralischen Perspektive und den damit einhergehenden konkurrierenden Emotionen, sowie der Entscheidung für eine der beiden Alternativen assoziiert sein. Für die Wahrnehmung einer solchen Ambivalenz sprechen auch die während der fMRT-Messung aufgezeichneten Reaktionen und die Bewertungen im Emotionsrating: wurde ein unmoralischer Wunsch erfüllt, schrieben die Kinder in 64 % der Fälle positive Emotionen zu und damit signifikant weniger häufig als bei der Erfüllung eines neutralen Wunsches, aber auch signifikant häufiger als bei der Nicht-Erfüllung eines unmoralischen Wunsches. Im Rating zeigte sich bei der Erfüllung eines unmoralischen Wunsches zumindest eine Tendenz zur Attribution gemischter Emotionen.

Wie bereits erwähnt, erstreckte sich die bei der Zuschreibung von Emotionen nach unmoralischen erfüllten Wünschen gegenüber der Realitätsbedingung gefundene Aktivierung in BA 32 auch auf einen weiter posterior gelegenen Bereich des dACC im Übergang zum ventralen Bereich des prä-SMA (BA 32/6). Wie ebenfalls unter 4.2.2 dargestellt, scheint dieses Areal mit Aufmerksamkeitsprozessen, einem Handlungs- und Outcomemonitoring aber auch mit stimulusunabhängiger Verarbeitung assoziiert

zu sein (Amodio & Frith, 2006; Gilbert et al., 2006a). Unter 4.2.2 wurde dabei angenommen, dass bei der Erfüllung und Nicht-Erfüllung eines unmoralischen Wunsches der mentale Zustand des verletzten Kindes, der nicht explizit dargestellt wurde, möglicherweise aber bei der Bewertung des emotionalen Zustands des Protagonisten mitberücksichtigt wurde, stimulusunabhängig verarbeitet worden sein könnte. Da sich in der Kinderstichprobe jedoch nur bei der Zuschreibung einer Emotion nach einem erfüllten unmoralischen Wunsch eine Aktivierung in dieser Region zeigte, könnte die Aktivierung hier aufgrund der Komplexität der Bedingung möglicherweise eher mit zusätzlich notwendigen Aufmerksamkeitsprozessen und einem stärkeren Handlungs- und Outcomemonitoring in Verbindung stehen.

In einem weiteren Areal des mPFC zeigte sich nur bei der Erfüllung eines neutralen Wunsches gegenüber der Realitätsbedingung eine Mehraktivierung im vACC (BA 24/32). Ausgehend von den drei funktionellen Subregionen des medialen Frontalkortex nach Amodio und Frith (2006) befindet sich dieser Bereich an der Grenze zwischen dem anterioren rostralen und dem orbitalen mPFC und somit auch in der unter 4.2.2 beschriebenen „ToM-Region“. Aktivierungen in ventralen Bereichen des mPFC und ACC (z-Koordinate < 10 nach Schulte-Rüther et al., 2007) werden bei erwachsenen Probanden v. a. mit emotionalen Prozessen assoziiert, ergaben sich aber beispielsweise auch bei der Zuschreibung von Intentionen (vgl. z. B. Amodio & Frith, 2006; Ochsner et al., 2004 für eine Übersicht). Auch in Studien, in denen die neuronalen Korrelate verschiedener ToM-Prozesse bei Kindern und Jugendlichen untersucht wurden, zeigten sich Aktivierungen in diesem Bereich. So fanden beispielsweise Monk et al. (2003) bei der Betrachtung emotionaler Gesichtsausdrücke, Moriguchi et al. (2007) bei der Dekodierung von Intentionen aus animierten geometrischen Figuren und Mosconi et al. (2005) beim Verfolgen von Augenbewegungen Aktivierungen in einem ähnlichen Bereich wie in der vorliegenden Studie. Wicker und Kollegen (2003) und Walter und Kollegen (2004) gehen aufgrund ihrer Befunde davon aus, dass dieser Teil des ACC insbesondere bei der Zuschreibung von Basisemotionen bzw. von einfachen, nur von einer Person ausgeführten oder nur eine Person betreffenden intendierten Handlungen eine wichtige Rolle spielen könnte, während weiter anterior bzw. weiter dorsal gelegene, eher BA 10 und BA 9 bzw. dorsaler gelegene Anteile des ACC umfassende Areale bei komplexeren Mentalisierungsprozessen eine wichtigere Funktion haben könnten. In ähnlicher Weise ergaben sich auch in bisher durchgeführten Studien mit Kindern und Jugendlichen Aktivierungen in BA 24/32 v. a. bei basaleren Prozessen, wie dem Verfolgen von Augenbewegungen (s. o.), während Aktivierungen in weiter anterior und dorsal gelegenen Bereichen mehr bei komplexeren Aufgaben, wie z. B. der Zuschreibung von sozialen / moralischen Emotionen (Burnett

et al., 2009) gefunden wurden. Dementsprechend könnte auch in der vorliegenden Studie die Aktivierung in diesem ventralen Bereich des ACC, die sich nur bei der Erfüllung eines neutralen Wunsches zeigte, mit der Verarbeitung eines „einfachen“, neutralen Wunsches, eines erwünschten Outcomes und der aus diesem einfachen, bereits in der frühen Kindheit gelernten Zusammenhang abgeleiteten Emotion assoziiert sein. In Einklang mit dieser Interpretation zeigten sich in der vorliegenden Studie auch bei den komplexeren Prozessen der Zuschreibung von Emotionen bei erfüllten und unerfüllten Wünschen keine Aktivierungen im vACC, dafür jedoch in einem dorsaler gelegenen Bereich des ACC bzw. in weiter anterior und dorsal gelegenen Bereichen des mPFC. Allerdings stellt sich hierbei die Frage, warum sich bei der Nicht-Erfüllung eines neutralen Wunsches keine Aktivierung im vACC zeigte. Zwar könnte die Verarbeitung eines Mismatches wie oben diskutiert einen etwas komplexeren Prozess als die Verarbeitung eines Matches von neutralen Wünschen und Outcomes darstellen, allerdings musste hier ähnlich wie bei der Erfüllung eines neutralen Wunsches nur ein „einfacher“ Wunsch und ein neutraler, wenn auch nicht erwünschter Outcome prozessiert und daraus eine Emotion abgeleitet werden, so dass sich ausgehend von der angenommenen Funktion des vACC auch hier eine Aktivierung hätte zeigen müssen. Wäre die Nicht-Erfüllung eines neutralen Wunsches von den Kindern der vorliegenden Studie hingegen ähnlich komplex wie die Erfüllung oder Nicht-Erfüllung eines unmoralischen Wunsches wahrgenommen worden, so hätten sich wiederum Aktivierungen in ähnlichen Arealen des mPFC / ACC wie in diesen Bedingungen zeigen müssen, was jedoch ebenfalls nicht der Fall war. Eine mögliche Erklärung für die Aktivierung des vACC bei der Erfüllung, nicht jedoch bei der Nicht-Erfüllung eines neutralen Wunsches könnte sich aus einer Studie von Phillips, Bullmore, Howard, Woodruff, Wright, Williams et al. (1998) ableiten lassen. In dieser Untersuchung zeigten sich Aktivierungen im vACC nur bei der Betrachtung fröhlicher, nicht jedoch bei der Betrachtung neutraler oder trauriger Gesichtsausdrücke (für widersprüchliche Ergebnisse vgl. jedoch Monk et al., 2003). Die Aktivierung in der vorliegenden Studie könnte demnach mit der Zuschreibung einer rein positiven Emotion assoziiert sein, die nur mit der Erfüllung eines neutralen Wunsches, nicht jedoch mit der Nicht-Erfüllung eines neutralen oder unmoralischen Wunsches und wie oben argumentiert auch nicht mit der Erfüllung eines unmoralischen Wunsches einhergeht. Des Weiteren wird diesem Teil des ACC interessanterweise auch bei der Prozessierung von erhaltenen und erwarteten, materiellen und immateriellen Belohnungsreizen, wie positivem Feedback, Kooperation oder Vertrauen, eine wichtige Rolle zugeschrieben (Enzi, de Greck, Prösch, Tempelmann & Northoff, 2009; Knutson, Fong, Bennett, Adams & Hommer, 2003; McClure, Laibson, Loewenstein & Cohen, 2004;

Rilling et al., 2004; van den Bos, McClure, Harris, Fiske & Cohen, 2007). In einem weiteren Sinn könnte auch die Erfüllung eines neutralen Wunsches als eine Art Belohnung interpretiert werden, da der Protagonist in einem neutralen Kontext erreicht, was er will, nämlich einen Gegenstand in einem einfachen Spiel zu einer bestimmten Person zu spielen. Diese Situation stellt im Gegensatz zur Erfüllung eines unmoralischen Wunsches ähnlich wie eine Belohnungssituation einen nur mit positiven Aspekten verknüpften Kontext dar, der mit der Aktivierung im vACC assoziiert sein könnte. Insgesamt sprechen die Befunde der vorliegenden Studie demnach eher gegen eine Interpretation des vACC als ein mit der Zuschreibung von Emotionen in einfachen Situationen assoziiertes „Mentalisierungsareal“. Stattdessen könnte dem Areal eine generelle Funktion bei der Verarbeitung durchweg positiver Situationen und positiver emotionaler Konsequenzen zukommen, ohne dass dabei in einem Mentalisierungsprozess Emotionen zugeschrieben werden.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Befunde der vorliegenden Studie darauf hinweisen, dass Kinder im Alter von zehn bis zwölf Jahren nur bei der wunschbasierten Zuschreibung von Emotionen in einem moralisch relevanten Kontext Emotionen im Sinne eines Mentalisierungsprozesses zuschreiben. Entgegen der Erwartung ergaben sich nur bei der Erfüllung und Nicht-Erfüllung unmoralischer Wünsche Aktivierungen in Arealen, denen wichtige Funktionen bei der Zuschreibung mentaler Zustände zugeschrieben werden. So zeigten sich nur in den Bedingungen mit unmoralischen Wünschen Aktivierungen bzw. Mehraktivierungen gegenüber den Bedingungen mit neutralen Wünschen im anterioren STG / MTG, anterioren vlPFC und Präcuneus, in der rechten TPJ, sowie im dmPFC. Diese Areale könnten die Zuschreibung mentaler Zustände durch einen kontrollierten Top-Down gesteuerten, sowie Cue-getriggerten, Bottom-Up gesteuerten Abruf generalisierten semantischen bzw. konkreteren episodischen Wissens, durch Prozesse der Perspektivenübernahme und -unterscheidung sowie der Verrechnung unterschiedlicher Perspektiven unterstützen oder ermöglichen. Des Weiteren scheint die Zuschreibung von Emotionen nach der Erfüllung und Nicht-Erfüllung unmoralischer Wünsche mit einem höheren Arbeitsgedächtnisload als die Zuschreibung von Emotionen nach der Erfüllung und Nicht-Erfüllung neutraler Wünsche einherzugehen, was damit in Zusammenhang stehen könnte, dass nicht nur ein Match oder Mismatch zwischen Wunsch und Outcome, sondern auch die Verletzung eines moralischen Standards und die damit einhergehenden Emotionen prozessiert werden müssen. Nur bei der Zuschreibung von Emotionen nach erfüllten unmoralischen Wünschen ergaben sich außerdem Aktivierungen in Arealen, die mit der Integration der konfligierenden Aspekte dieser Situation sowie vermehrten Aufmerksamkeitsprozessen und einem stärkeren Handlungs- und

Outcomemonitoring in Verbindung stehen könnten. Diese Befunde stehen demnach in Einklang mit der Annahme, dass bei der Zuschreibung von Emotionen nach unmoralischen Wünschen im Vergleich zur Zuschreibung von Emotionen nach neutralen Wünschen zusätzliche Areale rekrutiert bzw. insbesondere Regionen des mPFC mehraktiviert werden.

Der einzige gemeinsame Prozess, der in der Kinderstichprobe bei der Zuschreibung von Emotionen nach unmoralischen Wünschen und zumindest der Zuschreibung von Emotionen nach unerfüllten neutralen Wünschen gefunden werden konnte, könnte im Monitoring komplexeren Verhaltens und der Analyse der Ziele und Outcomes dieses Verhaltens sowie einem Bottom-Up gesteuerten Abruf von semantischem Wissen über den kausalen Zusammenhang zwischen Wünschen und Emotionen bestehen (posteriorer STG / MTG). Dieser Prozess schien jedoch bei der Zuschreibung von Emotionen nach erfüllten neutralen Wünschen keine Rolle zu spielen, was darauf hinweisen könnte, dass die Vorhersage einer Emotion in einer solchen Situation keine komplexeren Prozesse erfordert als die Beantwortung der Realitätsfrage. Bei der Erfüllung eines neutralen Wunsches ergab sich hingegen eine Aktivierung in einem Areal, das in der vorliegenden Studie mit der Prozessierung positiver Stimuli an sich, jedoch weniger mit der Zuschreibung einer Emotion im Sinne eines Mentalisierungsprozesses assoziiert werden kann (vACC). Diese Befunde weisen darauf hin, dass bei der Vorhersage der Emotionen nach neutralen Wünschen ein einfacher Matching-Prozess auszureichen scheint.

Wie bereits erwähnt, konnten entgegen der Erwartung keine Areale gefunden werden, die bei der Zuschreibung von Emotionen in den Mismatch-Bedingungen gegenüber der Zuschreibung von Emotionen in den Match-Bedingungen eine Mehraktivierung aufwiesen. Wie unter 4.2.2 dargestellt wurde, zeigte sich ein solcher Befund jedoch auch in einer weiteren Studie zur wunschbasierten Emotionsattribution (Abraham et al., 2010). Im Rahmen der vorliegenden Studie könnte dies im Zusammenhang mit den Mehraktivierungen bei unmoralischen im Vergleich zu neutralen Wünschen wieder dahingehend interpretiert werden, dass auf neuronaler Ebene der Valenz des Wunsches mehr Bedeutung zukommt als dem Outcome, was wiederum darauf hinweisen könnte, dass trotz mehrheitlich Outcome-orientierter Antworten bei der Erfüllung eines unmoralischen Wunsches auch der moralische Aspekt berücksichtigt wurde.

8 METHODEN STUDIE III – GRUPPENVERGLEICH: WUNSCHBASIERTE EMOTIONSATTRIBUTION BEI ERWACHSENEN VERSUS KINDERN

Der Vergleich der Leistungen der beiden Gruppen im CFT 20 ergab keinen signifikanten Unterschied ($t = 0.515$, $df = 28$, n.s.). Bei beiden Stichproben kann demnach von einer vergleichbaren nonverbalen Grundintelligenz ausgegangen werden, so dass Unterschiede in den Emotionsattributionsmustern oder neuronalen Netzwerken auf entwicklungsabhängige Faktoren zurückgeführt werden können.

8.1 Analyse der Verhaltensdaten

Um zunächst beurteilen zu können, ob sich die Bearbeitungsgenauigkeit der beiden Probandengruppen in den Bedingungen *Realität*, *neutral erfüllt* und *neutral unerfüllt* in der während der fMRT-Messung zu bearbeitenden Aufgabe voneinander unterschied, wurden die prozentualen Anteile der gewählten Antwortalternativen in den genannten Bedingungen mittels *t*-Tests für unabhängige Stichproben auf Mittelwertsunterschiede untersucht.

Des Weiteren wurden sowohl die während der fMRT-Messung aufgezeichneten Verhaltensdaten als auch die Daten des Emotionsratings der beiden Gruppen in ein $2 \times 2 \times 2$ - faktorielles Design mit dem Zwischensubjektfaktor *Gruppe* (*Erwachsene*, *Kinder*) und den Messwiederholungsfaktoren *Wunsch* (*neutral*, *unmoralisch*) und *Outcome* (*erfüllt*, *unerfüllt*) integriert. Hinsichtlich des Emotionsratings wurde für jede der acht Emotionen separat eine dreifaktorielle Varianzanalyse durchgeführt. Zur weiteren statistischen Analyse wurden jeweils post hoc *t*-Tests für unabhängige Stichproben berechnet. Die Analyse dieser Daten beschränkte sich auf signifikante Haupt- und Interaktionseffekte für den Faktor *Gruppe* und somit auf Unterschiede in den Emotionsattributionsmustern zwischen den beiden Gruppen, da die Ergebnisse für jede einzelne Stichprobe hinsichtlich signifikanter Haupt- und Interaktionseffekte der beiden Messwiederholungsfaktoren *Wunsch* und *Outcome* bereits separat dargestellt wurden. Die für eine Varianzanalyse vorausgesetzte Unabhängigkeit und Varianzhomogenität der Variablen wurden wieder mit dem Mauchly-Sphäritäts-Test geprüft und die Freiheitsgrade bei Verletzungen dieser Voraussetzungen mit dem Korrekturfaktor α nach Greenhouse-Geisser korrigiert. Für alle statistischen Auswertungen wurde ein Signifikanzniveau von $p = .05$ festgelegt. Die statistische Datenanalyse erfolgte mit dem Statistikprogramm *SPSS 16.0* für Windows.

8.2 Analyse der fMRT-Daten

8.2.1 Deskriptiver Vergleich der fMRT-Daten der beiden Stichproben

Im Rahmen dieses Gruppenvergleichs wurden zunächst die Aktivierungen der erwachsenen Probanden und die der Kinder nochmals in einer Tabelle gegenübergestellt, um Ähnlichkeiten und Unterschiede in der Rekrutierung neuronaler Netzwerke in den einzelnen Bedingungen auf deskriptiver Ebene zu verdeutlichen. Des Weiteren wurden zur Veranschaulichung die sowohl von den Kindern als auch Erwachsenen gemeinsam oder ähnlich aktivierten Areale grafisch übereinander gelegt.

8.2.2 Statistischer Vergleich der fMRT-Daten der beiden Stichproben

Um zusätzlich zu den neuronalen Netzwerken bei der wunschbasierten Zuschreibung von Emotionen innerhalb der Erwachsenen- und der Kinderstichprobe mögliche Mehraktivierungen bestimmter Gehirnareale in der Kinder- gegenüber der Erwachsenenstichprobe und vice versa zu identifizieren, wurden zunächst die Aktivierungen in den mit der Realitätsbedingung kontrastierten Experimentalbedingungen bei Erwachsenen und Kindern mittels *t*-Tests für unabhängige Stichproben miteinander verglichen. Durch diese Kontrastierung der Experimentalbedingungen mit der Realitätsbedingung wurden mögliche grundlegende Unterschiede zwischen Kindern und Erwachsenen bei der Prozessierung der dargebotenen Stimuli kontrolliert, so dass sich ergebende Mehraktivierungen in den Emotionsattributionsbedingungen bei Kindern im Vergleich zu Erwachsenen oder vice versa auf unterschiedliche neuronale Prozesse in Abhängigkeit von der Experimentalbedingung interpretiert werden können. Des Weiteren wurde auch für die fMRT-Daten eine dreifaktorielle Varianzanalyse mit den Faktoren *Gruppe* (*Erwachsene, Kinder*), *Wunsch* (*neutral, unmoralisch*) und *Outcome* (*erfüllt, unerfüllt*) mit *SPM5* berechnet. In diese Varianzanalyse gingen für die Erwachsenenstichprobe und die Kinderstichprobe ebenfalls die vier jeweils mit der Realitätsbedingung kontrastierten Emotionsattributionsbedingungen ein (*neutral erfüllt > Realität, neutral unerfüllt > Realität, unmoralisch erfüllt > Realität* und *unmoralisch unerfüllt > Realität*). Die weitere statistische Analyse erfolgte mittels post hoc *t*-Tests für unabhängige Stichproben, wodurch signifikante Interaktionseffekte mit dem Faktor *Gruppe* identifiziert wurden. Da die hierfür verwendeten Kontraste bereits bei beiden Gruppen sehr eng mit der Realitätsbedingung kontrolliert wurden, wurde für die aus den *t*-Tests für unabhängige Stichproben resultierenden SPM-Maps ein voxelbasierter *T*-Wert von 2.36 ($p = .01$ unkorrigiert) und für die Varianzanalyse ein voxelbasierter *F*-Wert von 3.96 ($p = .01$ unkorrigiert) gewählt. Des Weiteren wurde auf der Basis der Studien I und II spezifisch für die jeweiligen Kontraste eine „Small Volume Correction“ (SVC, Radius

von 12 mm, andernfalls gekennzeichnet) von Arealen durchgeführt, die entweder nur bei einer Gruppe in Studie I oder II in dem jeweiligen Kontrast eine Mehraktivierung aufwiesen (z. B. Mehraktivierung in BA 47 links bei *neutral unerfüllt* > *Realität* bei den erwachsenen Probanden, nicht jedoch bei den Kindern) oder in denen sich sowohl bei den Erwachsenen als auch den Kindern Aktivierungen ergaben (z. B. Mehraktivierung in BA 6 bei *unmoralisch erfüllt* > *Realität* bei Erwachsenen und Kindern). Für diese Areale bestanden somit a priori-Hypothesen hinsichtlich einer Mehraktivierung in der Erwachsenen- gegenüber der Kinderstichprobe oder vice versa (z. B. hinsichtlich einer Mehraktivierung von BA 47 links bei *neutral unerfüllt* > *Realität* bei den erwachsenen Probanden gegenüber den Kindern. Als Signifikanzniveau wurde ein *p*-Wert von .05 (korrigiert) auf Clusterlevel bestimmt.

9 ERGEBNISSE STUDIE III – GRUPPENVERGLEICH: WUNSCHBASIERTE EMOTIONSATTRIBUTION BEI ERWACHSENEN VERSUS KINDERN

9.1 Verhaltensdaten

9.1.1 Während der fMRT-Messung aufgezeichnete Reaktionen

Beim Vergleich der Bearbeitungsgenauigkeit der beiden Probandengruppen zeigte sich, dass die Kinder in der Kontrollbedingung signifikant mehr korrekte Antworten gaben als die Erwachsenen ($t = 2.325$, $df = 28$, $p = .028$). Wurde ein neutraler Wunsch erfüllt, schrieben die Kinder dem Protagonisten zwar ähnlich wie die Erwachsenen vornehmlich, aber dennoch signifikant weniger häufig als die Erwachsenen die korrekte positive Emotion zu ($t = 3.921$, $df = 28$, $p = .001$). Hinsichtlich der korrekten negativen Antworten nach einem neutralen unerfüllten Wunsch unterschieden sich die beiden Gruppen nicht signifikant voneinander ($t = 0.060$, $df = 28$, $n.s.$) (für Mittelwerte und Standardabweichungen vgl. Tabellen 3.1 und 6.1). Somit kann von einer grundsätzlich vergleichbaren Bearbeitungsgenauigkeit der beiden Stichproben ausgegangen werden.

Bei der dreifaktoriellen Varianzanalyse zeigte sich ein signifikanter Haupteffekt *Gruppe* ($F = 5.486$, $df = 28$, $p = .027$) dahingehend, dass die Erwachsenen signifikant häufiger die positive und signifikant weniger oft die negative Emotion wählten als die Kinder (*Erwachsene*: *positiv* $M = 49.30\%$, $SD = 4.38\%$; *negativ* $M = 50.70\%$, $SD = 4.38\%$; *Kinder*: *positiv* $M = 43.18\%$, $SD = 9.12\%$; *negativ* $M = 56.82\%$, $SD = 9.12\%$). Signifikante Interaktionseffekte mit dem Faktor *Gruppe* ergaben sich nicht (*Gruppe* \times *Wunsch*: $F = 0.600$, $df = 28$, $n.s.$; *Gruppe* \times *Outcome*: $F = 2.840$, $df = 28$, $n.s.$; *Gruppe* \times *Wunsch* \times *Outcome*: $F = 1.303$, $df = 28$, $n.s.$; für Mittelwerte und Standardabweichungen vgl. Anhang B, Tabelle B 1 und Anhang C, Tabelle C 1). Bei deskriptiver Betrachtung der mittleren prozentualen Anteile an Positiv- und Negativantworten der Erwachsenen und der Kinder in den einzelnen Bedingungen zeigte sich, dass sich Unterschiede v. a. in den Bedingungen *neutral erfüllt* und *unmoralisch erfüllt* ergaben. Die Erwachsenen schrieben in diesen beiden Bedingungen häufiger die positive Emotion zu als die Kinder, die wiederum mehr negative Emotionen attribuierten (für Mittelwerte und Standardabweichungen vgl. Tabellen 3.1 und 6.1, eine grafische Darstellung findet sich in Abbildung 9.1). Es zeigten sich jedoch ein signifikanter Haupteffekt *Wunsch* ($F = 12.732$, $df = 28$, $p = .001$) und *Outcome* ($F = 397.497$, $df = 28$, $p < .001$) und ein signifikanter Interaktionseffekt *Wunsch* \times *Outcome* ($F = 9.468$, $df = 28$, $p = .005$). Da die Ergebnisse für diese Faktoren bereits getrennt für die einzelnen Gruppen dargestellt wurden und für den Vergleich der beiden Gruppen an

dieser Stelle nicht von Relevanz sind, wurde auf eine Darstellung der Mittelwerte mit Standardabweichungen dieser Faktoren verzichtet. Auch wurden hierfür keine weiteren post hoc *t*-Tests berechnet.

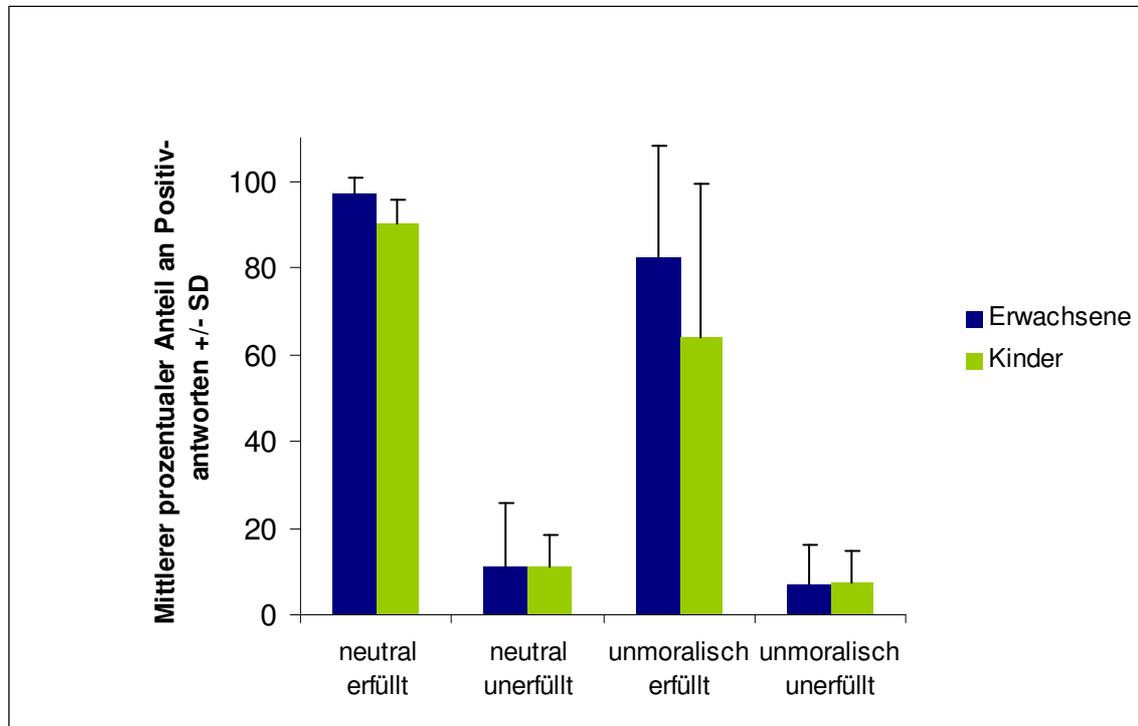


Abbildung 9.1: Durchschnittlicher prozentualer Anteil (\pm Standardabweichung) der von den Erwachsenen bzw. Kindern während der fMRT-Messung per Tastendruck gewählten positiven Antwortalternative (fröhlich blickendes Clipartgesicht) in den vier Experimentalbedingungen (*neutral erfüllt*, *neutral unerfüllt*, *unmoralisch erfüllt*, *unmoralisch unerfüllt*).

9.1.2 Emotionsrating

Hier ergaben sich für den Gruppenvergleich folgende relevante Ergebnisse aus der dreifaktoriellen Varianzanalyse: für die Emotionen Freude und Traurigkeit zeigte sich ein signifikanter Interaktionseffekt *Gruppe x Wunsch*. Sowohl die Erwachsenen als auch die Kinder gaben signifikant mehr Freude bei neutralen als bei unmoralischen Wünschen an (vgl. Abschnitt 3.1.2 und 7.1.2) und unterschieden sich nicht bei der Zuschreibung von Freude nach unmoralischen Wünschen ($t = 0.774$, $df = 28$, *n.s.*). Die Erwachsenen erwarteten jedoch signifikant mehr Freude bei neutralen Wünschen als die Kinder ($t = 2.462$, $df = 28$, $p = .020$). Des Weiteren gaben die erwachsenen Probanden bei unmoralischen Wünschen signifikant mehr Traurigkeit an als bei neutralen Wünschen (vgl. Abschnitt 3.1.2), während die Kinder bei beiden eine ähnliche Intensität der Emotion Traurigkeit erwarteten (vgl. Abschnitt 7.1.2), so dass die Erwachsenen bei neutralen Wünschen tendenziell weniger ($t = 1.653$, $df = 28$, *n.s.*) und bei unmoralischen

schen Wünschen tendenziell mehr Traurigkeit ($t = 0.693$, $df = 28$, *n.s.*) erwarteten als die Kinder (für Mittelwerte und Standardabweichungen vgl. Anhang B, Tabelle B 2 und Anhang C, Tabelle C 2). Für die Emotion Überraschtheit zeigte sich ein Haupteffekt *Gruppe* dahingehend, dass die Erwachsenen signifikant mehr Überraschtheit zuschrieben als die Kinder. Für diese Emotion ergab sich außerdem ein signifikanter Interaktionseffekt *Gruppe x Outcome*. Post hoc *t*-Tests ergaben, dass die erwachsenen Probanden einem Protagonisten, dessen Wunsch nicht erfüllt wurde, signifikant mehr Überraschtheit zuschrieben als die Kinder ($t = 3.917$, $df = 28$, $p = .001$), während sich die beiden Gruppen hinsichtlich der angegebenen Intensität für diese Emotion, wenn der Wunsch erfüllt wurde, nicht signifikant voneinander unterschieden ($t = 0.259$, $df = 28$, *n.s.*). Eine Darstellung der signifikanten Interaktionseffekte für die Emotionen Freude, Traurigkeit und Überraschtheit findet sich in Abbildung 9.2.

Für die Emotionen Stolz, Freude, Zufriedenheit, Schadenfreude, Traurigkeit und Verlegenheit zeigte sich außerdem ein Haupteffekt *Wunsch* und für alle acht Emotionen zusätzlich ein Haupteffekt *Outcome*. Ein Interaktionseffekt *Wunsch x Outcome* trat bei den Emotionen Stolz, Freude, Zufriedenheit, Schadenfreude und Überraschtheit auf. Auf eine Darstellung der diesbezüglichen Mittelwerte mit Standardabweichungen und die Berechnung anschließender post hoc *t*-Tests für diese beiden Messwiederholungsfaktoren wurde aus oben genannten Gründen verzichtet. Die aus der dreifaktoriellen Varianzanalyse resultierenden Prüfgrößen und Signifikanzwerte für alle Haupt- und Interaktionseffekte sind Tabelle 9.1 zu entnehmen, die Mittelwerte mit Standardabweichungen für den Haupteffekt *Gruppe* und die Interaktionseffekte mit dem Faktor *Gruppe* finden sich im Anhang D in Tabelle D 1, sowie in den Tabellen 3.3 und 5.3.

Tabelle 9.1: Prüfgrößen (*F*-Werte) und Signifikanzwerte (*p*-Werte) für die aus den 2 (*Erwachsene, Kinder*) x 2 (*neutral, unmoralisch*) x 2 (*erfüllt, unerfüllt*) -faktoriellen Varianzanalysen für jede einzelne der acht Emotionen resultierenden Haupteffekte *Gruppe, Wunsch* und *Outcome* und die Interaktionseffekte.

Emotion	F	
	df = 28.00	p
Stolz		
<i>Gruppe</i>	1.378	.250
<i>Wunsch</i>	15.074	.001
<i>Outcome</i>	495.966	.000
<i>Gruppe x Wunsch</i>	0.687	.414
<i>Gruppe x Outcome</i>	0.725	.402
<i>Wunsch x Outcome</i>	9.236	.005
<i>Gruppe x Wunsch x Outcome</i>	0.964	.335
Freude		
<i>Gruppe</i>	0.487	.491
<i>Wunsch</i>	37.585	.000
<i>Outcome</i>	240.513	.000
<i>Gruppe x Wunsch</i>	5.472	.027
<i>Gruppe x Outcome</i>	4.004	.055
<i>Wunsch x Outcome</i>	17.738	.000
<i>Gruppe x Wunsch x Outcome</i>	0.032	.859
Zufriedenheit		
<i>Gruppe</i>	1.108	.301
<i>Wunsch</i>	12.493	.001
<i>Outcome</i>	667.052	.000
<i>Gruppe x Wunsch</i>	0.123	.728
<i>Gruppe x Outcome</i>	0.118	.734
<i>Wunsch x Outcome</i>	13.513	.001
<i>Gruppe x Wunsch x Outcome</i>	0.039	.846
Schadenfreude		
<i>Gruppe</i>	2.375	.135
<i>Wunsch</i>	92.392	.000
<i>Outcome</i>	88.542	.000
<i>Gruppe x Wunsch</i>	0.517	.478
<i>Gruppe x Outcome</i>	0.615	.440
<i>Wunsch x Outcome</i>	57.387	.000
<i>Gruppe x Wunsch x Outcome</i>	0.000	1.000

Tabelle 9.1 (Fortsetzung): Prüfgrößen (*F*-Werte) und Signifikanzwerte (*p*-Werte) für die aus den 2 (*Erwachsene, Kinder*) x 2 (*neutral, unmoralisch*) x 2 (*erfüllt, unerfüllt*) -faktoriellen Varianzanalysen für jede einzelne der acht Emotionen resultierenden Haupteffekte *Gruppe, Wunsch* und *Outcome* und die Interaktionseffekte.

Emotion	<i>F</i>	
	<i>df = 28.00</i>	<i>p</i>
Traurigkeit		
<i>Gruppe</i>	0.299	.589
<i>Wunsch</i>	8.628	.007
<i>Outcome</i>	156.734	.000
<i>Gruppe x Wunsch</i>	4.517	.043
<i>Gruppe x Outcome</i>	0.334	.568
<i>Wunsch x Outcome</i>	1.447	.239
<i>Gruppe x Wunsch x Outcome</i>	2.595	.118
Ärger		
<i>Gruppe</i>	0.046	.832
<i>Wunsch</i>	4.116	.052
<i>Outcome</i>	254.745	.000
<i>Gruppe x Wunsch</i>	0.954	.337
<i>Gruppe x Outcome</i>	1.177	.287
<i>Wunsch x Outcome</i>	2.293	.141
<i>Gruppe x Wunsch x Outcome</i>	0.011	.916
Verlegenheit		
<i>Gruppe</i>	3.002	.094
<i>Wunsch</i>	29.064	.000
<i>Outcome</i>	131.667	.000
<i>Gruppe x Wunsch</i>	0.035	.854
<i>Gruppe x Outcome</i>	2.240	.146
<i>Wunsch x Outcome</i>	0.321	.576
<i>Gruppe x Wunsch x Outcome</i>	0.013	.911
Überraschtheit		
<i>Gruppe</i>	6.715	.015
<i>Wunsch</i>	2.102	.158
<i>Outcome</i>	57.100	.000
<i>Gruppe x Wunsch</i>	0.022	.883
<i>Gruppe x Outcome</i>	6.923	.014
<i>Wunsch x Outcome</i>	6.292	.018
<i>Gruppe x Wunsch x Outcome</i>	0.354	.557

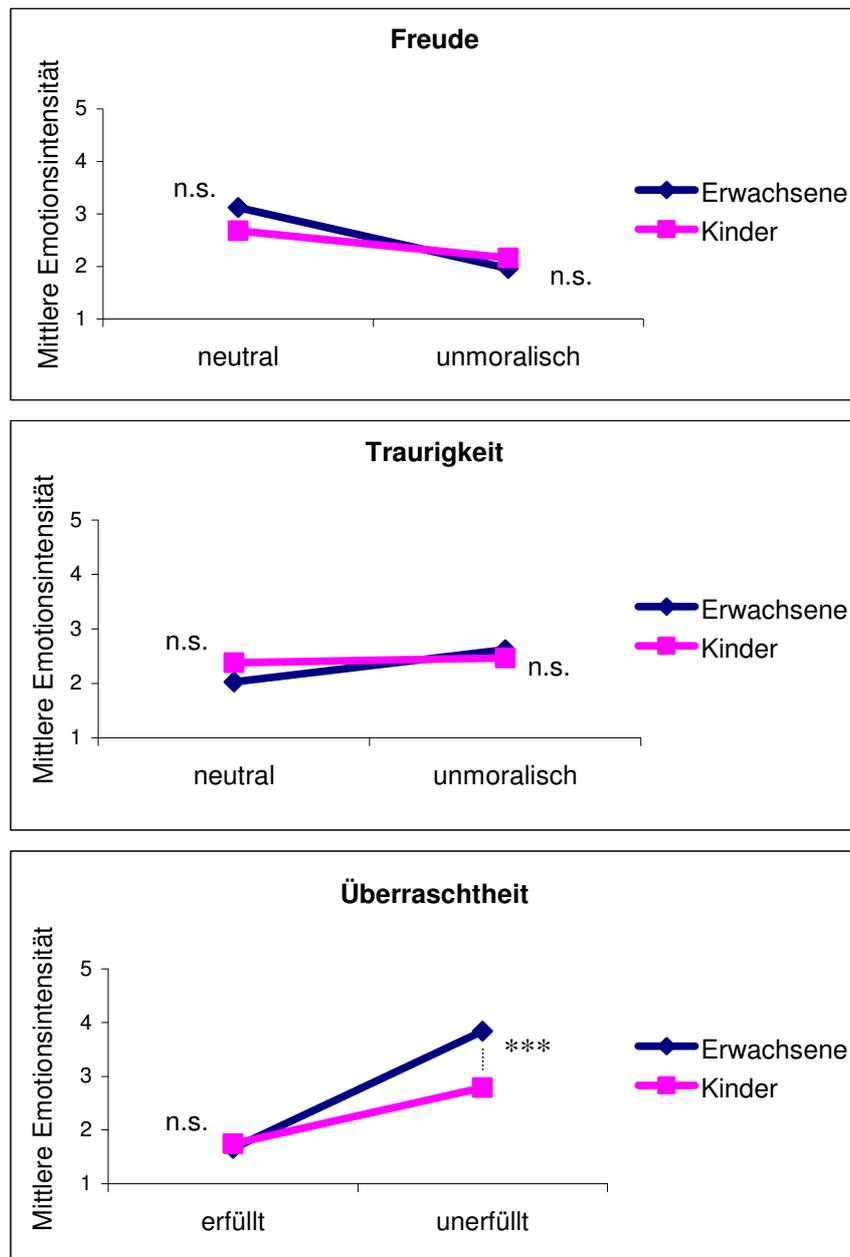


Abbildung 9.2: Grafische Darstellung der signifikanten Interaktionen *Gruppe (Erwachsene, Kinder) x Wunsch (neutral, unmoralisch)* für die Emotionen Freude und Traurigkeit und der signifikanten Interaktion *Gruppe (Erwachsene, Kinder) x Outcome (erfüllt, unerfüllt)* für die Emotion Überraschtheit hinsichtlich der durchschnittlichen im Rating von Erwachsenen bzw. Kindern eingeschätzten Intensität von 1 (*gar nicht*) bis 5 (*sehr stark*) in den Faktoren *Wunsch* bzw. *Outcome*.

*** $p < .001$

9.2 fMRT-Daten

9.2.1 Deskriptiver Vergleich der fMRT-Daten der beiden Stichproben

Eine deskriptive Gegenüberstellung der bei den erwachsenen Probanden in Studie I und bei den Kindern in Studie II bei der wunschbasierten Zuschreibung von Emotionen in den verschiedenen Kontrasten aktivierten Areale zeigt, dass Erwachsene und Kinder zum Teil auf ähnliche, zum Teil jedoch auf unterschiedliche neuronale Netzwerke zurückgreifen (vgl. Tabelle 9.2). Bei beiden Gruppen zeigten sich Aktivierungen im dorsolateralen (BA 8, 9, 10) und ventrolateralen Präfrontalkortex (BA 47). Während diese Areale bei den Kindern nur bei der Zuschreibung von Emotionen nach unmoralischen Wünschen eine Mehraktivierung zeigten (Kontraste *unmoralisch erfüllt* > *Realität*: BA 9 rechts, BA 47 bilateral; *unmoralisch unerfüllt* > *Realität*: BA 47 links; *unmoralisch* > *neutral*: BA 9/8 und BA 47 links; *unmoralisch erfüllt* > *neutral erfüllt*: BA 9/8 links), ergaben sich bei den Erwachsenen neben Mehraktivierungen bei der Erfüllung und Nicht-Erfüllung unmoralischer Wünsche im Vergleich zur Realitätsbedingung (BA 9/10 und BA 45/47 links, BA 13/45/47 rechts bzw. BA 9/10 und BA 47 links, BA 13/47 rechts) auch Mehraktivierungen in diesen Arealen im Kontrast *neutral unerfüllt* > *Realität* (BA 9 und BA 47 links). Des Weiteren zeigten sich bei beiden Gruppen bilaterale Aktivierungen des vIPFC bei der Erfüllung eines unmoralischen Wunsches im Vergleich zur Realitätsbedingung (wobei sich die Aktivierung bei den erwachsenen Probanden nicht nur auf BA 47, sondern auch auf die Insula und BA 45 erstreckte), wohingegen sich bei der Nicht-Erfüllung eines unmoralischen Wunsches im Vergleich zur Realitätsbedingung nur bei den Erwachsenen bilaterale Aktivierungen in BA 47 bzw. BA 13/47 ergaben, während sich bei den Kindern nur eine linkshemisphärische Aktivierung in BA 47 zeigte (vgl. Abbildung 9.3).

Ähnlichkeiten hinsichtlich der Rekrutierung medialer (prä-)frontaler Areale ließen sich im Kontrast *unmoralisch erfüllt* > *Realität* feststellen. Bei beiden Gruppen zeigten sich bei der Erfüllung eines unmoralischen Wunsches im Vergleich zur Realitätsbedingung Aktivierungen vom dorsalen über den ventralen Bereich von BA 6 medial bis in den anterioren ACC (BA 32; der anteriore dACC wies bei den erwachsenen Probanden außerdem eine Mehraktivierung bei unmoralischen im Vergleich zu neutralen Wünschen auf). Im Gegensatz zur Kinderstichprobe zeigte sich jedoch eine Aktivierung in BA 6/32 bei den erwachsenen Probanden auch bei der Nicht-Erfüllung eines unmoralischen Wunsches im Vergleich zur Realitätsbedingung, während sich bei den Kindern in diesem Kontrast eine Mehraktivierung im anterioren dmPFC (BA 10/9) ergab. Des Weiteren erstreckte sich die Aktivierung im medialen frontalen Kortex bei der Erfüllung eines unmoralischen Wunsches im Vergleich zur Realitätsbedingung bei den Kindern, nicht jedoch bei den Erwachsenen zusätzlich auf einen Bereich des posterioren

dmPFC (BA 8), welcher außerdem auch bei der Erfüllung eines unmoralischen Wunsches im Vergleich zur Erfüllung eines neutralen Wunsches in der Kinderstichprobe eine Mehraktivierung aufwies. Bei den erwachsenen Probanden ergab sich in letzterem Kontrast hingegen eine Mehraktivierung im dorsalen BA 6 (vgl. Abbildung 9.4). Im Gegensatz zur Kinderstichprobe zeigte sich in diesem Areal bei den erwachsenen Probanden außerdem eine Mehraktivierung bei der Nicht-Erfüllung eines neutralen Wunsches im Vergleich zur Kontrollbedingung. Nur bei den Kindern ergab sich des Weiteren eine Aktivierung im vACC bei der Erfüllung eines neutralen Wunsches im Vergleich zur Realitätsbedingung, während sich in diesem Kontrast bei den erwachsenen Probanden keinerlei Mehraktivierungen zeigten. Ein weiterer Unterschied ergab sich dahingehend, dass nur bei den Kindern Aktivierungen in temporalen und parietalen Arealen auftraten (BA 21/22 rechts in den Kontrasten *neutral unerfüllt > Realität*, *unmoralisch erfüllt > Realität* und *unmoralisch unerfüllt > Realität*; BA 38 bilateral im Kontrast *unmoralisch erfüllt > Realität* und BA 21/38 rechts im Kontrast *unmoralisch unerfüllt > Realität*; BA 39/40 im Kontrast *unmoralisch > neutral*; BA 7 im Kontrast *unmoralisch unerfüllt > neutral unerfüllt*), wobei die Mehraktivierung in BA 21/22 bei den Kindern bei der Nicht-Erfüllung eines neutralen Wunsches die einzige Aktivierung darstellte.

Tabelle 9.2: Deskriptive Gegenüberstellung der bei den erwachsenen Probanden in Studie I und bei den Kindern in Studie II in den einzelnen Kontrasten signifikant aktivierten Areale (s. Tabellen 3.5 und 3.6 bzw. 6.5 und 6.6 für eine vollständige Darstellung).

Erwachsene					Kinder				
BA ^{a)}	Clustergröße ^{b)}	MNI-Koordinaten ^{c)}			BA ^{a)}	Clustergröße ^{b)}	MNI-Koordinaten ^{c)}		
		x	y	z			x	y	z
neutral erfüllt > Realität									
					24/32	475	4	36	10
neutral unerfüllt > Realität									
6	152	8	12	66					
9	324	-28	48	38					
47	179	-52	18	0					
					21/22	300	46	-40	2

Anmerkungen: ^{a)} BA = Brodmann-Areal; ^{b)} Clustergröße = Anzahl der aktivierten Voxel je Cluster, ^{c)} MNI-Koordinaten: Hauptkoordinaten des aktivierten Clusters entsprechend dem Montreal Neurological Institute (MNI) – Atlas.

Tabelle 9.2 (Fortsetzung): Deskriptive Gegenüberstellung der bei den erwachsenen Probanden in Studie I und bei den Kindern in Studie II in den einzelnen Kontrasten signifikant aktivierten Areale (s. Tabellen 3.5 und 3.6 bzw. 6.5 und 6.6 für eine vollständige Darstellung).

Erwachsene					Kinder				
BA ^{a)}	Clustergröße ^{b)}	MNI-Koordinaten ^{c)}			BA ^{a)}	Clustergröße ^{b)}	MNI-Koordinaten ^{c)}		
		x	y	z			x	y	z
unmoralisch erfüllt > Realität									
6/32	1193	-6	18	66	6/8	625	12	30	64
					32/6	545	-10	22	40
9/10	267	-30	52	32	9	172	22	54	40
45/47	505	-54	26	8	38/47	477	-44	20	-20
13/45/47	397	38	14	6	47/38	528	44	12	2
					22/21	379	48	-38	0
unmoralisch unerfüllt > Realität									
32/6	951	6	22	38	10/9	202	-6	58	22
9/10	135	-28	44	28					
47	120	-52	18	-4	47	358	-44	24	-10
13/47	211	36	12	4					
					21/38	212	58	2	-10
					22	503	50	-34	0
unmoralisch > neutral									
32	138	12	40	22					
					9/8	338	-42	12	42
					47	135	-48	24	-8
					39/40	137	56	-64	38
unmoralisch erfüllt > neutral erfüllt									
6	129	-4	22	66	8	598	-8	32	44
					9/8	185	-46	16	44
unmoralisch unerfüllt > neutral unerfüllt									
					7	139	-12	-62	44

Anmerkungen: ^{a)} BA = Brodmann-Areal; ^{b)} Clustergröße = Anzahl der aktivierten Voxel je Cluster, ^{c)} MNI-Koordinaten: Hauptkoordinaten des aktivierten Clusters entsprechend dem Montreal Neurological Institute (MNI) – Atlas.

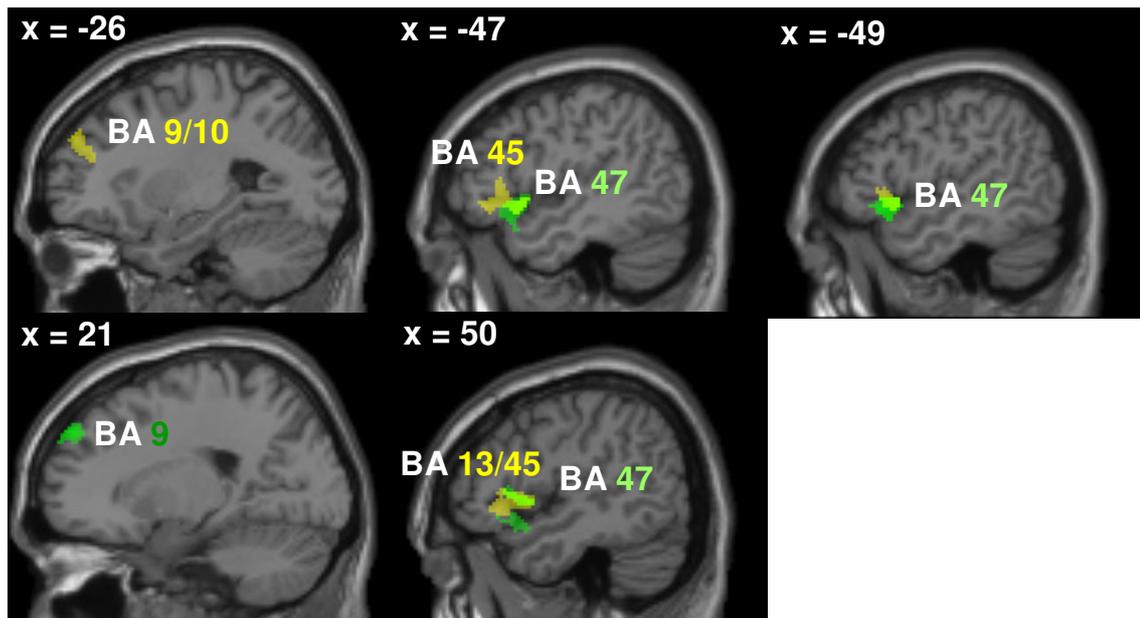


Abbildung 9.3: Grafische Darstellung der bei den Erwachsenen und Kindern im Kontrast *unmoralisch erfüllt > Realität* (links: dIPFC; Mitte vIPFC) und im Kontrast *unmoralisch unerfüllt > Realität* (rechts: vIPFC) aktivierten Areale im dIPFC und vIPFC. Aktivierungen der Erwachsenen in gelb, Aktivierungen der Kinder in dunkelgrün, Überschneidungsbereich der Aktivierungen in hellgrün.

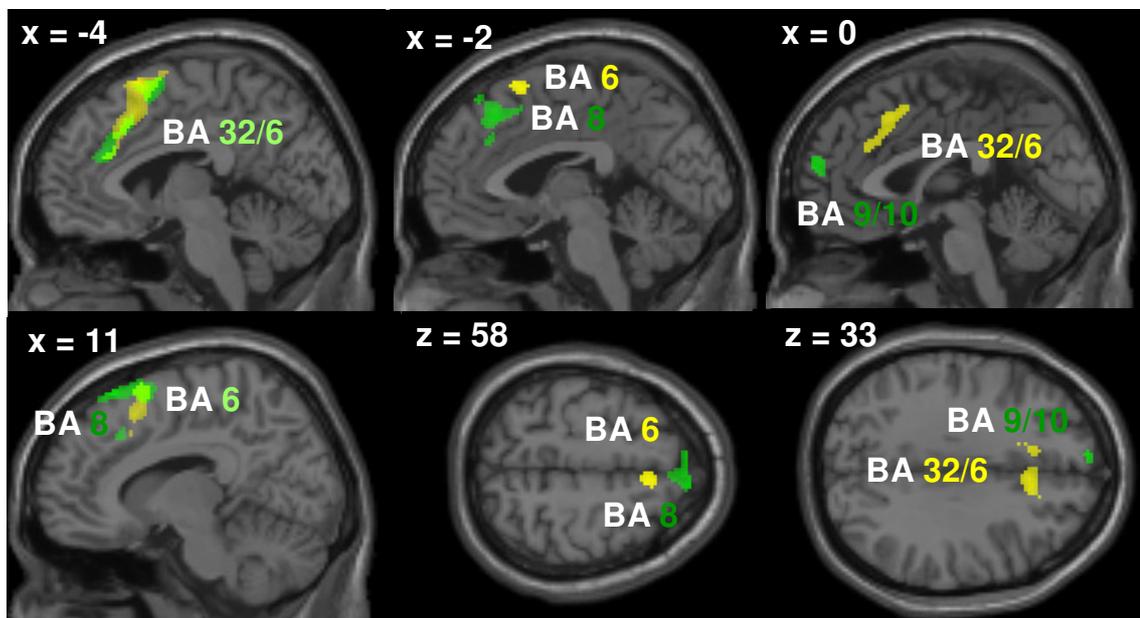


Abbildung 9.4: Grafische Darstellung der bei den Erwachsenen und Kindern im medialen Frontalkortex aktivierten Areale in den Kontrasten *unmoralisch erfüllt > Realität* (links), *unmoralisch erfüllt > neutral erfüllt* (Mitte) und *unmoralisch unerfüllt > Realität* (rechts). Aktivierungen der Erwachsenen in gelb, Aktivierungen der Kinder in dunkelgrün, Überschneidungsbereich der Aktivierungen in hellgrün.

9.2.2 Statistischer Vergleich der fMRT-Daten der beiden Stichproben

Beim statistischen Vergleich der Aktivierungen in den mit der Realitätsbedingung kontrastierten Emotionsattributionsbedingungen bei den Erwachsenen und Kindern ergab sich Folgendes: in keinem Kontrast zeigte sich eine Mehraktivierung in der Erwachsenen- gegenüber der Kinderstichprobe. Des Weiteren ergaben sich in den Kontrasten *neutral erfüllt* > *Realität* und *neutral unerfüllt* > *Realität* auch keine Mehraktivierungen in der Kinder- gegenüber der Erwachsenenstichprobe. In den Kontrasten *unmoralisch erfüllt* > *Realität* und *unmoralisch unerfüllt* > *Realität* zeigten sich hingegen bei den Kindern gegenüber den Erwachsenen Mehraktivierungen im rechten anterioren MTG / STG (BA 21/38) und in der rechten TPJ (BA 40). Bei der Zuschreibung von Emotionen auf der Basis eines unerfüllten unmoralischen Wunsches zeigte sich bei den Kindern im Vergleich zu den Erwachsenen außerdem eine Mehraktivierung im Präcuneus / posterioren Cingulum (BA 7/31).

Des Weiteren ergaben sich in diesen drei Arealen in der dreifaktoriellen Varianzanalyse signifikante Interaktionen mit dem Faktor *Gruppe*. Die rechte TPJ (BA 40) wies sowohl im Kontrast *unmoralisch* > *neutral*, als auch in den Kontrasten *unmoralisch erfüllt* > *neutral erfüllt* und *unmoralisch unerfüllt* > *neutral unerfüllt* eine Mehraktivierung in der Kinder- gegenüber der Erwachsenenstichprobe auf. In den Kontrasten *unmoralisch* > *neutral* und *unmoralisch unerfüllt* > *neutral unerfüllt* ergaben sich außerdem signifikante Mehraktivierungen in der Kinder- gegenüber der Erwachsenenstichprobe im anterioren MTG / STG (BA 21/38). Im Kontrast *unmoralisch unerfüllt* > *neutral unerfüllt* zeigte sich zusätzlich eine Mehraktivierung im Präcuneus / posterioren Cingulum (BA 7/31) bei den Kindern im Vergleich zu den Erwachsenen. Im Gegensatz dazu wurde kein Areal gefunden, welches bei der Erwachsenen- im Vergleich zur Kinderstichprobe eine Mehraktivierung aufwies.

Tabelle 9.3 bietet eine Übersicht über die Areale, die in den mit der Realitätsbedingung kontrastierten Emotionsattributionsbedingungen bei den Kindern gegenüber den Erwachsenen eine Mehraktivierung aufwiesen, sowie über die Areale, für die Interaktionseffekte mit dem Faktor *Gruppe* gefunden wurden. In Abbildung 9.5 findet sich eine grafische Darstellung der bei den Kindern gegenüber den Erwachsenen signifikant mehraktivierten Areale, exemplarisch dargestellt am Kontrast *unmoralisch unerfüllt* > *neutral unerfüllt*.

Tabelle 9.3: Areale mit signifikanter Mehraktivierung in der Kinderstichprobe im Vergleich zur Erwachsenenstichprobe in den vier mit der Realitätsbedingung kontrastierten Emotionsattributionsbedingungen sowie in den Interaktionen mit dem Faktor *Gruppe*.

Areal	BA ^{a)}	Clustergröße ^{b)}	Z ^{c)}	MNI-Koordinaten ^{d)}		
				x	y	z
unmoralisch erfüllt > Realität						
Kinder > Erwachsene						
anteriorer superiorer / mittlerer Gyrus temporalis rechts	21/38	71	2.78***	54	2	-16
temporoparietale Junction rechts	40	192	3.54	62	-48	40
unmoralisch unerfüllt > Realität						
Kinder > Erwachsene						
anteriorer superiorer / mittlerer Gyrus temporalis rechts	21/38	57	2.93***+	52	8	-28
temporoparietale Junction rechts	40	188	3.70	54	-58	36
Präcuneus / posteriores Cingulum	7/31	122	3.37*	8	-54	38
Interaktion Erwachsene (unmoralisch > neutral) versus Kinder (unmoralisch > neutral)^e						
Kinder > Erwachsene						
anteriorer superiorer / mittlerer Gyrus temporalis rechts	21/38	125	2.90*	58	2	-14
temporoparietale Junction rechts	40	180	3.61	56	-56	38
Interaktion Erwachsene (unmoralisch erfüllt > neutral erfüllt) versus Kinder (unmoralisch erfüllt > neutral erfüllt)^e						
Kinder > Erwachsene						
temporoparietale Junction rechts	40	100	3.34**	62	-48	40

Anmerkungen: ^{a)} BA = Brodmann-Areal, ^{b)} Clustergröße = Anzahl der aktivierten Voxel je Cluster, ^{c)} Z = Prüfgröße für die Hauptkoordinate des jeweiligen aktivierten Clusters, *df* = 112; ^{d)} MNI-Koordinaten: Hauptkoordinaten des aktivierten Clusters entsprechend dem Montreal Neurological Institute (MNI) - Atlas; ^{e)} verwendet wurden jeweils die mit der Realitätsbedingung kontrollierten Kontraste.

*) SVC mit 11 mm, **) SVC mit 10 mm, ***) SVC mit 8 mm

^{+) p} = .054

Tabelle 9.3 (Fortsetzung): Areale mit signifikanter Mehraktivierung in der Kinderstichprobe im Vergleich zur Erwachsenenstichprobe in den vier mit der Realitätsbedingung kontrastierten Emotionsattributionsbedingungen sowie in den Interaktionen mit dem Faktor *Gruppe*.

Areal	BA ^{a)}	Clustergröße ^{b)}	Z ^{c)}	MNI-Koordinaten ^{d)}		
				x	y	z
Interaktion Erwachsene (unmoralisch unerfüllt > neutral unerfüllt) versus Kinder (unmoralisch unerfüllt > neutral unerfüllt)^e						
Kinder > Erwachsene						
anteriorer superiorer / mittlerer Gyrus temporalis rechts	21/38	117	3.36*	60	2	-12
temporoparietale Junction rechts	40	198	3.89	54	-58	36
Präcuneus / posteriores Cingulum	7/31	68	3.09***	8	-54	38

Anmerkungen: ^{a)} BA = Brodmann-Areal, ^{b)} Clustergröße = Anzahl der aktivierten Voxel je Cluster, ^{c)} Z = Prüfgröße für die Hauptkoordinate des jeweiligen aktivierten Clusters, *df* = 112; ^{d)} MNI-Koordinaten: Hauptkoordinaten des aktivierten Clusters entsprechend dem Montreal Neurological Institute (MNI) - Atlas; ^{e)} verwendet wurden jeweils die mit der Realitätsbedingung kontrollierten Kontraste.

*) SVC mit 11 mm, ***) SVC mit 8 mm

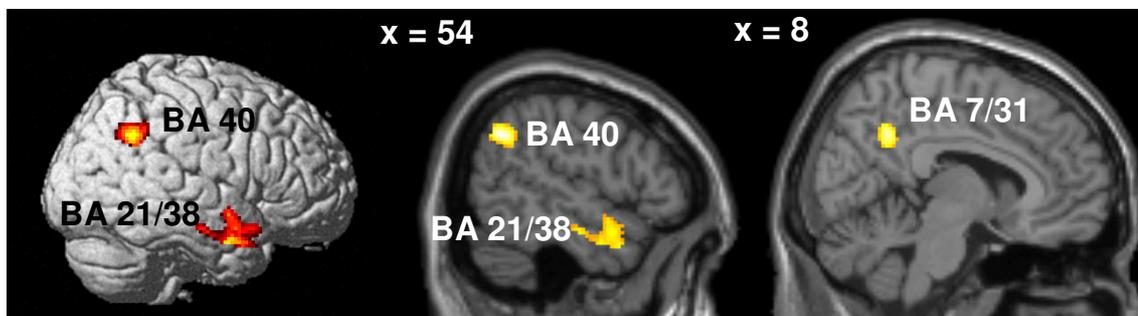


Abbildung 9.5: Grafische Darstellung der Areale mit signifikanter Mehraktivierung in der Kinder- gegenüber der Erwachsenenstichprobe, exemplarisch dargestellt am Kontrast *unmoralisch unerfüllt > neutral unerfüllt*.

10 DISKUSSION STUDIE III – GRUPPENVERGLEICH: WUNSCHBASIERTE EMOTIONSATTRIBUTION BEI ERWACHSENEN VERSUS KINDERN

10.1 Verhaltensdaten

10.1.1 Während der fMRT-Messung aufgezeichnete Reaktionen

Beim Vergleich dieser Daten der beiden Gruppen zeigte sich lediglich ein signifikanter Haupteffekt *Gruppe* dahingehend, dass die Erwachsenen bei Erfüllung eines Wunsches signifikant mehr positive Emotionen und signifikant weniger negative Emotionen zuschrieben als die Kinder. Während der Unterschied in der Bedingung *neutral erfüllt* durch eine in dieser Bedingung höhere Fehlerzahl der Kinder gegenüber den Erwachsenen und nicht durch bewusst gewählte, unterschiedliche Reaktionen zustande gekommen sein dürfte, scheint sich der Unterschied in der Bedingung *unmoralisch erfüllt* gerade dadurch ergeben zu haben. Die Kinder schrieben zwar ebenfalls mehrheitlich, im Gegensatz zu den Erwachsenen jedoch durchschnittlich nur in 64 % (versus 82 % bei den Erwachsenen) positive Emotionen zu. Dieses unterschiedliche Antwortverhalten könnte sich zum einen dadurch ergeben haben, dass ein größerer Teil der Kinder als der erwachsenen Probanden sozial erwünscht geantwortet hat. Wie bereits erwähnt, schrieben nur ein erwachsener Proband, jedoch fünf Kinder mehrheitlich negative Emotionen zu, wenn ein unmoralischer Wunsch erfüllt wurde. Zum anderen könnte es aber aufgrund einer möglichen größeren Alltagsrelevanz der Geschichten für Kinder bei zumindest einem Teil der Kinder im Gegensatz zu den Erwachsenen zu einer spontanen Identifizierung mit dem Protagonisten und daher zu einer vermehrten Zuschreibung negativer Emotionen, die sie eventuell auch bei sich selbst in einer solchen Situation erwarten würden, gekommen sein. Die meisten erwachsenen Probanden hingegen könnten aufgrund der geringeren persönlichen Relevanz dem hypothetischen Protagonisten aus einer deskriptiv-psychologischen Perspektive (ein Protagonist möchte etwas erreichen und erreicht das auch, dementsprechend wird er sich gut fühlen) mehr positive Emotionen zugeschrieben haben. Wie bereits erwähnt, ist jedoch aufgrund dieses Unterschieds in der letztendlichen Auswahl einer der beiden Alternativen bei den Erwachsenen im Vergleich zu den Kindern nicht von grundsätzlich anderen Bewertungsprozessen der dargebotenen Situationen auszugehen. Im Gegenteil legen Studien zum Wunsch- und Emotionsverständnis sowie zum Happy-Victimizer-Phänomen nahe, dass sich die Einschätzungen von Kindern in diesem Alter nicht mehr substantiell von denen erwachsener Probanden unterscheiden, und dass Kinder diesen Alters genauso wie Erwachsene sowohl den subjektiv als auch

den moralisch bedeutsamen Aspekt der Situationen verstehen bzw. integrieren können. Insofern kann nicht nur innerhalb der untersuchten Gruppen von einer vergleichbaren „Leistung“ ausgegangen werden, sondern auch zwischen der Erwachsenen- und der Kinderstichprobe, was einen Vergleich der funktionellen Daten und einen Rückschluss auf entwicklungsabhängige Veränderungen in den neuronalen Netzen ermöglicht.

10.1.2 Emotionsrating

Beim statistischen Vergleich der Intensitätseinschätzungen der acht vorgegebenen Emotionen bei den Erwachsenen im Vergleich zu den Kindern ergaben sich ebenfalls nur leichte Unterschiede. So gaben die erwachsenen Probanden im Vergleich zu den Kindern eine ähnliche bzw. nur tendenziell geringere Intensität für die Emotion Freude bei unmoralischen Wünschen an. Bei neutralen Wünschen erwarteten die Erwachsenen generell etwas mehr Freude als die Kinder. Trotz dieses signifikanten Unterschieds schrieben aber beide Gruppen Freude in mittlerer und damit signifikant höherer Intensität bei neutralen Wünschen als bei unmoralischen Wünschen zu. Des Weiteren ergab sich eine signifikante Wechselwirkung dahingehend, dass die Kinder bei neutralen und unmoralischen Wünschen eine ähnliche mäßige Intensität der Emotion Traurigkeit erwarteten, während die Erwachsenen in unmoralischen Situationen signifikant mehr Traurigkeit als in neutralen Situationen angaben. Im Vergleich zu den Kindern schrieben sie jedoch nur tendenziell mehr Traurigkeit bei unmoralischen und nur tendenziell weniger Traurigkeit bei neutralen Wünschen zu. Beide Probandengruppen erwarteten diese negative Emotion in Abhängigkeit von der Valenz des Wunsches jedoch in mäßiger Ausprägung, so dass auch hier die Unterschiede nicht besonders groß waren. Die Bewertung der Emotion Traurigkeit im Rating im Zusammenhang mit den während der fMRT-Messung aufgezeichneten Reaktionen könnte jedoch ansatzweise zum Ausdruck bringen, dass die erwachsenen Probanden sich zwar nicht allzu sehr, aber doch mehr als die Kinder von der Vorgabe dieser negativen Emotion zu einer „moralischeren“ Bewertung der unmoralischen Situationen verleiten ließen, bzw. die Chance, gemischte Emotionen bei der Erfüllung eines unmoralischen Wunsches zuzuschreiben mehr nutzten, indem sie bei den unmoralischen Situationen signifikant mehr negative Emotionen angaben als in den neutralen Situationen, während sie bei der fMRT-Messung bei unmoralischen Wünschen nur tendenziell häufiger die negative Emotion zuschrieben. Ein weiterer Unterschied zwischen den beiden Gruppen ergab sich hinsichtlich der Emotion Überraschtheit. Beide Gruppen schrieben dem Protagonisten signifikant mehr Überraschtheit zu, wenn dessen Wunsch nicht erfüllt

wurde, als wenn dessen Wunsch erfüllt wurde. Während beide Gruppen vergleichbar wenig Überraschtheit bei der Erfüllung des Wunsches erwarteten, schrieben die erwachsenen Probanden dem Protagonisten jedoch bei der Nicht-Erfüllung eines Wunsches Überraschtheit in hoher Intensität und damit signifikant mehr zu als die Kinder, die lediglich eine mäßige Intensität dieser Emotion erwarteten. Dieser Unterschied könnte darauf zurückzuführen sein, dass die Kinder sich möglicherweise noch mehr als die Erwachsenen vorstellen konnten, dass der Protagonist es nicht schafft, einen Gegenstand zu einem bestimmten Ziel zu spielen.

Insgesamt ergaben sich also auch beim Rating nur marginale Unterschiede zwischen den beiden Gruppen, was ebenfalls auf eine in den grundlegenden und für die vorliegende Studie relevanten Aspekten sehr ähnliche Wahrnehmung und Bewertung der dargebotenen Situationen schließen lässt.

10.2 fMRT-Daten

Bei der deskriptiven Gegenüberstellung der Aktivierungen der Erwachsenen und Kinder zeigte sich, dass die beiden Probandengruppen zumindest zum Teil wie erwartet auf ähnliche neuronale Netze zurückgriffen, um einem Protagonisten auf der Basis eines Wunsches und der Erfüllung oder Nicht-Erfüllung dieses Wunsches Emotionen zuzuschreiben. Es ergaben sich jedoch auch Unterschiede zwischen den beiden Altersgruppen, die auf alters- bzw. entwicklungsabhängige unterschiedliche neuronale Strategien hinweisen.

Wurde ein neutraler Wunsch erfüllt, ergaben sich bei den Erwachsenen keinerlei Mehraktivierungen gegenüber der Realitätsbedingung. Bei den Kindern zeigte sich nur eine Mehraktivierung im vACC, welche wie unter 7.2 beschrieben mit der rein positiven Valenz dieser Situation in Zusammenhang stehen könnte. Möglicherweise ergab sich diese Aktivierung nur bei den Kindern, nicht aber bei den Erwachsenen, da die dargestellte Situation – einen Gegenstand in einem Spiel mit anderen Kindern erfolgreich zur Zielperson zu spielen – für die Kinder noch eine größere Alltagsrelevanz besessen haben könnte als für die erwachsenen Personen. In ähnlicher Weise könnte das Ereignis, es nicht zu schaffen, einen Gegenstand zur Zielperson zu spielen, also die Nicht-Erfüllung eines neutralen Wunsches, für die Kinder ebenfalls noch alltagsnäher als für die erwachsenen Probanden gewesen sein. Interessanterweise zeigten sich nur bei den erwachsenen Probanden bei der Nicht-Erfüllung eines neutralen Wunsches (und auch bei der Nicht-Erfüllung eines unmoralischen Wunsches) Mehraktivierungen im dorsomedialen BA 6, welche wie unter 4.2 ausgeführt damit in Zusammenhang stehen könnten, dass von den erwachsenen Probanden bei dieser Situation – in einem

einfachen Spiel einen Gegenstand zur richtigen Person zu spielen oder die richtige Person zu treffen – generell der intendierte Outcome implizit erwartet worden sein könnte und daher bei der Nicht-Erfüllung eines neutralen und unmoralischen Wunsches diese Erwartung unterdrückt und ein Updating der aktuellen, nicht mehr zum Wunsch passenden Situation durchgeführt werden musste. Ein solcher Prozess könnte bei den Kindern nicht erforderlich gewesen sein, da sowohl die Situation, einen Gegenstand erfolgreich zur Zielperson zu spielen oder diese damit zu treffen, als auch die Situation, es nicht zu schaffen, einen Gegenstand zur Zielperson zu spielen oder diese zu treffen, der Erwartung der Kinder entsprochen haben könnte. In Einklang mit dieser Interpretation könnte auch das Ergebnis gesehen werden, dass die Erwachsenen im Emotionsrating signifikant mehr Überraschtheit angaben als die Kinder, wenn ein Wunsch nicht erfüllt wurde, was wie unter 10.1.2 beschrieben damit einhergehen könnte, dass für die Kinder diese Situation möglicherweise noch alltagsnäher war als für die erwachsenen Probanden. Im Zusammenhang damit könnten auch die unterschiedlichen, beide jedoch mit Gedächtnisprozessen assoziierten Aktivierungen der Erwachsenen im linken anterioren vPFC (BA 47) und der Kinder im rechten posterioren STG / MTG bei der Nicht-Erfüllung eines neutralen Wunsches zu erklären sein. Während bei den Erwachsenen möglicherweise aufgrund der Erwartungsverletzung ein kontrollierter Top-Down-Abruf semantischer Informationen und ein aktiver Abgleich dieser Informationen mit der aktuellen Situation (der Wunsch wird entgegen der Erwartung nicht erfüllt) erfolgt sein könnte, könnte es bei den Kindern zu einem automatischeren, Bottom-Up gesteuerten Abruf von semantischem Wissen über diese, für sie noch alltagsnähere Situation gekommen sein, um die Emotion des Protagonisten beurteilen zu können. Weder bei den erwachsenen Probanden noch bei den Kindern bestätigte sich jedoch bei der Zuschreibung von Emotionen nach der Erfüllung bzw. Nicht-Erfüllung eines neutralen Wunsches die Erwartung von Aktivierungen im mPFC / dACC, im Temporalpol, der TPJ oder dem Präcuneus / posterioren Cingulum, Arealen, die konsistent bei der Zuschreibung von mentalen Zuständen bei Erwachsenen und Kindern / Jugendlichen auch in nicht moralisch relevanten Kontexten gefunden wurden. Dieser Befund könnte darauf hinweisen, dass sowohl Erwachsene als auch Kinder bei der wunschbasierten Emotionsattribution in neutralen Kontexten einen einfachen Matching-Prozess verwenden, um einem Protagonisten Emotionen zuzuschreiben.

Bei der Zuschreibung von Emotionen auf der Basis von erfüllten und unerfüllten unmoralischen Wünschen im Vergleich zur Realitätsbedingung wurden hingegen bei beiden Gruppen Aktivierungen in Bereichen des mPFC / dACC, die mit der Zuschreibung mentaler Zustände in Verbindung gebracht werden, gefunden. Möglicherweise schreiben also sowohl Erwachsene als auch Kinder bei der Erfüllung und Nicht-

Erfüllung unmoralischer, nicht jedoch neutraler Wünsche Emotionen im Sinne eines Mentalisierungsprozesses zu. Dieser Befund steht in Einklang mit den Ergebnissen von Burnett und Kollegen (2009), die ebenfalls sowohl bei Erwachsenen als auch Kindern Aktivierungen im mPFC bei der Zuschreibung von Emotionen in sozial / moralisch relevanten Kontexten fanden. Allerdings ergaben sich hinsichtlich der in der vorliegenden Studie von den beiden Gruppen rekrutierten Areale des mPFC / dACC auf deskriptiver Ebene auch Unterschiede. Bei beiden Gruppen zeigten sich zwar Aktivierungen im anterioren Teil des dACC (BA 32) bei der Erfüllung unmoralischer Wünsche, jedoch wurde in der Kinderstichprobe bei der Zuschreibung von Emotionen in dieser Situation zusätzlich ein weiteres, mit der Zuschreibung von mentalen Zuständen assoziiertes Areal des posterioren dmPFC (BA 8) aktiviert (in diesem Areal zeigte sich bei den Kindern außerdem eine Mehraktivierung bei der Erfüllung eines unmoralischen Wunsches im Vergleich zur Erfüllung eines neutralen Wunsches). Wurde ein unmoralischer Wunsch nicht erfüllt, zeigte sich bei den Erwachsenen eine ganz ähnliche Aktivierung im anterioren dACC wie bei der Erfüllung eines unmoralischen Wunsches (dementsprechend ergab sich auch beim Vergleich der Emotionsattribution bei unmoralischen und neutralen Wünschen eine Mehraktivierung in BA 32 bei unmoralischen Wünschen). Bei den Kindern zeigte sich hier hingegen eine Aktivierung im anterioren dmPFC (BA 10/9). Diese Rekrutierung unterschiedlicher Areale des mPFC in diesen beiden Szenarien nur bei den Kindern, nicht jedoch bei den Erwachsenen, als auch die zusätzliche Aktivierung eines weiteren Areals des mPFC bei den Kindern im Vergleich zu den Erwachsenen bei der Zuschreibung von Emotionen nach unmoralischen erfüllten Wünschen könnte einen Hinweis darauf darstellen, dass sich die Funktion des mPFC bei der Zuschreibung mentaler Zustände mit dem Alter verändert. Zwar ergaben sich in der vorliegenden Studie im direkten statistischen Vergleich der Aktivierungen der beiden Probandengruppen entgegen der Erwartung keine Mehraktivierungen im mPFC bei den Kindern im Vergleich zu den Erwachsenen wie beispielsweise in der Studie von Burnett et al. (2009). Dennoch könnte die Rekrutierung desselben und nur dieses Areals des mPFC (BA 32) bei beiden unmoralischen Situationen bei den erwachsenen Probanden damit in Verbindung stehen, dass diese möglicherweise im Zusammenhang mit ihrer größeren sozialen Erfahrung bei beiden Szenarien eine ähnliche und ähnlich effiziente, allgemeine kognitive Strategie verwendeten, um dem Protagonisten Emotionen zuzuschreiben. Die Rekrutierung distinkter Areale des mPFC der Kinder bei der Erfüllung und Nicht-Erfüllung unmoralischer Wünsche (BA 32 und 8 versus BA 10/9) könnte hingegen darauf hinweisen, dass diese in Abhängigkeit von der jeweiligen Situation, in der sie einem Protagonisten Emotionen zuschreiben sollten, unterschiedliche, möglicherweise noch explizitere und spezifischer

auf bestimmte Situationen bezogene kognitive Strategien verwendeten. Beispielsweise könnten sich die unterschiedlichen Rekrutierungen medialer präfrontaler Areale bei den Kindern im Zusammenhang damit ergeben haben, dass sie bei der Erfüllung eines unmoralischen Wunsches dem Protagonisten einen von den eigenen erwarteten Emotionen abweichenden, bei der Nicht-Erfüllung eines unmoralischen Wunsches jedoch ähnlichen mentalen Zustand zugeschrieben haben könnten (vgl. Abschnitt 7.2). Auch die Rekrutierung zweier distinkter, mit der Zuschreibung von mentalen Zuständen assoziierter Areale des mPFC bei der Erfüllung eines unmoralischen Wunsches (BA 32 und BA 8), dem komplexesten Szenario, könnte Ausdruck eines noch weniger effizienten und noch expliziteren Mentalisierungsprozesses bei den Kindern sein. In Übereinstimmung mit diesem Ergebnis können Befunde von Wang und Kollegen (2006a), Blakemore und Kollegen (2007) und Burnett und Kollegen (2009) angeführt werden. Auch in diesen Studien, in denen die neuronalen Korrelate des Verständnisses von Ironie bzw. der Zuschreibung von Intentionen oder Emotionen in sozial / moralisch relevanten Situationen bei Kindern / Jugendlichen und Erwachsenen untersucht wurden, ergaben sich bei den Kindern und Jugendlichen zusätzliche Aktivierungen in Bereichen des mPFC. Des Weiteren könnte die Aktivierung eines zusätzlichen Areals des mPFC bei der Erfüllung eines unmoralischen Wunsches bei den Kindern im Vergleich zu den Erwachsenen auch mit alters- bzw. entwicklungsabhängigen anatomischen Veränderungen des Gehirns assoziiert sein. Studien zur strukturellen Gehirnentwicklung weisen darauf hin, dass das Volumen grauer Substanz im Frontal- und Parietalkortex zwischen zehn und zwölf Jahren ein Maximum erreicht, bevor dann ein Pruning unwichtiger und eine Myelinisierung der übrigen neuronalen Verbindungen einsetzt, welche dadurch an Effizienz und Spezifität gewinnen (vgl. Giedd et al., 1999). Aufgrund dieser anatomischen Veränderungen wurde für die vorliegende Untersuchung erwartet, dass die zehn- bis zwölfjährigen Kinder auf zusätzliche Areale des mPFC zurückgreifen müssen, um die noch fehlende Spezifizierung zu kompensieren. Zumindest im Hinblick auf die Zuschreibung von Emotionen nach der Erfüllung eines unmoralischen Wunsches, der komplexesten Bedingung, kann diese Annahme als bestätigt angesehen werden. Bei der Zuschreibung von Emotionen auf der Basis eines unerfüllten unmoralischen Wunsches zeigte sich jedoch wie beschrieben zwar eine Rekrutierung unterschiedlicher, jedoch nicht zusätzlicher Areale des mPFC bei den Kindern im Vergleich zu den Erwachsenen.

Insgesamt ergaben sich aus der vorliegenden Untersuchung in Einklang mit vorherigen bildgebenden Studien (z. B. Burnett et al., 2009; Moriguchi et al., 2007) Hinweise darauf, dass sich die Funktion des mPFC bei der Zuschreibung von mentalen Zuständen allgemein bzw. speziell bei der wunschbasierten Zuschreibung von Emotionen in

einem moralisch relevanten Kontext in Abhängigkeit vom Alter verändert. Wie bereits erwähnt, konnten im Gegensatz zu Studien, die einen direkten Altersvergleich bei ToM-Prozessen untersuchten (z. B. Blakemore et al., 2007; Burnett et al., 2009; Monk et al., 2003; Wang et al., 2006a), in der vorliegenden Untersuchung jedoch keine Mehraktivierungen medial präfrontaler Areale bei den Kindern im Vergleich zu den Erwachsenen gefunden werden. Eine mögliche Erklärung hierfür könnte in den unterschiedlichen Altersbereichen der gewählten Stichproben liegen. In den genannten Untersuchungen wurden im Gegensatz zur vorliegenden Studie zum einen Kinder und / oder Jugendliche in einem viel größeren Altersbereich untersucht (z. B. Burnett et al. (2009): elf- bis 18-jährige; Monk et al. (2003): neun- bis 17-jährige). Zum anderen enthielt die Stichprobe der Jugendlichen in den Studien von Blakemore et al. (2007) und Burnett et al. (2009) auch 18-jährige Probanden, welche in der vorliegenden Studie in die Erwachsenenstichprobe eingeschlossen wurden. Des Weiteren lag in der vorliegenden Untersuchung auch bzgl. der Erwachsenenstichprobe ein enger Altersbereich vor (18 bis 20 Jahre). Das Alter der ältesten Probanden der vorliegenden Studie I lag somit unter dem Alter der jüngsten erwachsenen Probanden der Studien von Blakemore et al. (2007), Burnett et al. (2009), Monk et al. (2003) und Wang et al. (2006a), in denen die jüngsten Erwachsenen ein Alter von 22 und die ältesten ein Alter von 38 Jahren aufwiesen. Für einen Zusammenhang der in der vorliegenden Studie fehlenden Mehraktivierung im mPFC bei den Kindern gegenüber den Erwachsenen mit dem Altersbereich der gewählten Stichproben sprechen auch die Ergebnisse von Kobayashi et al. (2007) zur Überzeugungsattribution. In dieser Untersuchung, in der Kinder in einem engeren, mit der vorliegenden Studie II am ehesten vergleichbaren Altersbereich (acht bis zwölf Jahre) untersucht wurden, und 18-jährige Probanden in die Erwachsenenstichprobe eingeschlossen wurden, ergaben sich ebenfalls keine Mehraktivierungen im mPFC bei den Kindern im Vergleich zu den Erwachsenen. Des Weiteren fanden Yurgelun-Todd und Killgore (2006) als auch Moriguchi und Kollegen (2007) in ihren Studien bei der Dekodierung bzw. Zuschreibung von Emotionen und Intentionen bei acht- bis 15-jährigen bzw. neun- bis 16-jährigen Kindern und Jugendlichen eine positive Korrelation zwischen dem Alter und der Aktivierung in einem Bereich des mPFC, während Burnett et al. (2009) eine negative Korrelation zwischen der Aktivierung einer Region im mPFC und dem Alter ihrer Probanden (elf bis 18 und 23 bis 32 Jahre) fanden. Diese Befunde könnten im Zusammenhang mit den Ergebnissen der vorliegenden Untersuchung und der Studie von Kobayashi et al. (2007) sowie den Ergebnissen der oben genannten Untersuchungen, in denen Mehraktivierungen bei Kindern und Jugendlichen gegenüber einer „älteren“ Erwachsenenstichprobe gefunden wurden, darauf hinweisen, dass die Aktivierung im mPFC während der Kindheit und Adoleszenz mit dem Alter zunächst

zu- und im jungen Erwachsenenalter dann mit dem Alter wieder abnimmt. Aufgrund dieses möglicherweise umgekehrt U-förmigen Verlaufs der Amplitude der Aktivierung medial präfrontaler Areale in Abhängigkeit vom Alter könnten sich in der vorliegenden Studie keine Mehraktivierungen im mPFC bei der einen gegenüber der anderen Probandengruppe ergeben haben, da sich die Erwachsenengruppe in einem Altersbereich befunden haben könnte, in dem der mPFC altersabhängig ähnlich stark rekrutiert worden sein könnte wie bei der gewählten Kinderstichprobe. Um diese Annahme überprüfen zu können, müsste jedoch eine Studie durchgeführt werden, in der die altersabhängige Veränderung der Amplitude der Aktivierung im mPFC an einer Stichprobe in einem kontinuierlichen Altersbereich von der Kindheit über die Adoleszenz und das junge Erwachsenenalter hinaus untersucht würde. Eine weitere Implikation aus der Studie von Yurgelun-Todd und Killgore (2006) könnte darin bestehen, dass sich unterschiedlich starke Aktivierungen des mPFC in Abhängigkeit vom Alter außerdem auch nicht generell, sondern aufgabenspezifisch ergeben könnten. So fanden die Autoren nur beim Betrachten von ängstlichen, nicht aber beim Betrachten von freudigen Gesichtsausdrücken eine positive Korrelation der Aktivierung im mPFC mit dem Alter, was darauf hinweisen könnte, dass altersabhängige Veränderungen der Rolle des mPFC bei der Verarbeitung von Emotionen und möglicherweise auch bei anderen ToM-Prozessen oder Vorläuferfunktionen nicht generalisierbar sind.

Ähnliches könnte für die Rolle posteriorer Areale, wie der TPJ oder dem Präcuneus gelten, denen ebenfalls eine wichtige Funktion bei der Zuschreibung mentaler Zustände zugeschrieben wird. Wie bereits beschrieben, wurden Aktivierungen in temporalen und parietalen Arealen sowohl bei erwachsenen Probanden als auch bei Kindern und Jugendlichen bei verschiedenen ToM-Aufgaben gefunden und daher auch für beide Probandengruppen der vorliegenden Studie erwartet. Es zeigten sich jedoch nur bei den Kindern überhaupt Aktivierungen im anterioren und posterioren STG / MTG, der TPJ und dem Präcuneus und mit Ausnahme einer Aktivierung des posterioren STG / MTG bei der Nicht-Erfüllung eines neutralen Wunsches nur bei der Zuschreibung von Emotionen auf der Basis unmoralischer Wünsche. Diese Ergebnisse stehen zum Teil in Einklang mit Befunden der Studie von Burnett und Kollegen (2009). Auch hier zeigten sich nur in der Stichprobe der elf- bis 18-jährigen Kinder und Jugendlichen Mehraktivierungen in der rechten TPJ und im Präcuneus bei der Zuschreibung sozialer / moralischer Emotionen im Vergleich zur Zuschreibung von Basisemotionen. Allerdings fanden die Autoren in beiden Stichproben Aktivierungen in der linken TPJ und nur bei den 23- bis 32-jährigen Erwachsenen Aktivierungen im Temporalpol, Areale, welche in der vorliegenden Untersuchung gar nicht (linke TPJ) bzw. bei den Kindern, nicht jedoch bei den Erwachsenen gefunden wurden (Temporalpol). In der Studie von

Blakemore und Kollegen (2007), in der die Zuschreibung von Intentionen bei Kindern bzw. Jugendlichen und Erwachsenen in einem ähnlichen Altersbereich wie in der Studie von Burnett und Kollegen (2009) untersucht wurde, ergaben sich hingegen Aktivierungen u. a. im Präcuneus und Temporalpol bei beiden Stichproben, während die rechte TPJ nur bei den erwachsenen Probanden, nicht jedoch bei den Kindern und Jugendlichen gefunden wurde. In der Studie von Wang et al. (2006a) ergab sich wiederum in Übereinstimmung mit der vorliegenden Untersuchung nur bei den neun- bis 14-jährigen Kindern und Jugendlichen beim Verständnis von ironischen im Vergleich zu wörtlich gemeinten Aussagen eine Aktivierung im Temporalpol, allerdings fanden die Autoren im Unterschied zur vorliegenden Untersuchung bei beiden Stichproben Aktivierungen im posterioren STG. Aktivierungen in der TPJ oder im Präcuneus zeigten sich bei diesem Kontrast bei keiner der beiden Stichproben von Wang und Kollegen (2006a). Neben diesen von Studie zu Studie unterschiedlichen Aktivierungen posteriorer Areale bei Kindern / Jugendlichen und Erwachsenen ergaben sich auch unterschiedliche Befunde hinsichtlich Mehraktivierungen posteriorer Areale bei Kindern gegenüber Erwachsenen und vice versa, bzw. hinsichtlich korrelativer Zusammenhänge zwischen der Aktivierung posteriorer Areale und dem Alter der Probanden. So fanden Blakemore und Kollegen (2007) und Burnett und Kollegen (2009) Mehraktivierungen posteriorer Areale (rechter posteriorer STG bzw. linker Temporalpol) bei den erwachsenen Probanden gegenüber den Kindern und Jugendlichen und im Gegensatz zur Untersuchung von Moriguchi et al. (2007) zur Zuschreibung von Intentionen bei neun- bis 16-jährigen Probanden auch eine positive Korrelation zwischen dem Alter (elf bis 18 und 23 bis 32 Jahre) und der Aktivierung des Temporalpols bei der Zuschreibung von sozialen / moralischen Emotionen (Burnett et al., 2009). In der vorliegenden Studie III zeigten sich hingegen bei den Kindern gegenüber den Erwachsenen Mehraktivierungen in posterioren Arealen (im rechten anterioren STG / MTG und der rechten TPJ sowohl bei der Zuschreibung von Emotionen auf der Basis erfüllter als auch unerfüllter unmoralischer Wünsche und zusätzlich im Präcuneus im Übergang zum posterioren Cingulum bei der Zuschreibung einer Emotion auf der Basis eines unerfüllten unmoralischen Wunsches). Diese Ergebnisse stehen wiederum in Einklang mit Ergebnissen der Studien von Wang und Kollegen (2006a) und Kobayashi und Kollegen (2007), in denen Mehraktivierungen in temporalen und parietalen Arealen bei Kindern und Jugendlichen in einem der vorliegenden Studie II am ehesten vergleichbaren Altersbereich gegenüber den erwachsenen Probanden gefunden wurden.

Diese Befunde – je nach ToM-Aufgabe und Altersbereich der Stichprobe an sich unterschiedliche Aktivierungen anteriorer und posteriorer temporaler Areale, der TPJ oder des Präcuneus / posterioren Cingulums, Mehraktivierungen dieser Areale bei der

Kinder-/Jugendlichen- versus Erwachsenenstichprobe und umgekehrt und vorhandene bzw. nicht vorhandene korrelative Zusammenhänge zwischen Alter und Aktivierung – weisen in ihrer Gesamtheit darauf hin, dass diesen posterioren Arealen bei der Zuschreibung mentaler Zustände sowohl in Abhängigkeit von der jeweiligen ToM-Komponente als auch in Abhängigkeit vom Alter und damit einhergehenden unterschiedlichen kognitiven Strategien sowie neuroanatomischen Veränderungen eine mehr oder weniger starke Bedeutung zukommen könnte. Auch die Ergebnisse der Studie von Saxe et al. (2009) weisen darauf hin, dass manche, an der Zuschreibung mentaler Zustände beteiligte Areale in Abhängigkeit vom Alter eine andere Funktion und Bedeutung erhalten könnten. So fanden die Autoren bei einer Gruppe von Kindern im Alter von sechs bis elf Jahren beim Nachdenken über die mentalen Zustände der Protagonisten einen altersabhängigen Unterschied in der Rekrutierung der rechten TPJ dahingehend, dass dieses Areal bei Kindern ab neun Jahren nur bei der Zuschreibung mentaler Zustände aktiviert wurde, während sich bei den jüngeren Kindern auch eine Aktivierung in der rechten TPJ zeigte, wenn nur das Aussehen von Personen oder Beziehungen zwischen diesen beschrieben wurden.

In diesem Zusammenhang weisen die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung darauf hin, dass posterioren Arealen wie dem anterioren und posterioren STG / MTG, der TPJ und dem Präcuneus / posterioren Cingulum bei der wunschbasierten Zuschreibung von Emotionen nur bei Kindern und fast ausschließlich in einem moralischen Kontext eine Bedeutung zukommt, während bei den erwachsenen Probanden eine Rekrutierung frontaler Areale auszureichen scheint, um einem Protagonisten in solchen Szenarien Emotionen zuzuschreiben. Diese Befunde stehen in Einklang mit der Annahme der Rekrutierung eines größeren Netzwerkes oder zusätzlicher Areale bei den Kindern aufgrund einer in diesem Alter im Zusammenhang mit neuroanatomischen Veränderungen möglicherweise noch fehlenden oder weniger ausgeprägten Spezialisierung und Effizienz von mit der Zuschreibung mentaler Zustände assoziierten Arealen. Während Blakemore und Kollegen (2007) und Burnett und Kollegen (2009) aufgrund ihrer Ergebnisse davon ausgehen, dass mit zunehmendem Alter posterioren Arealen und damit automatischeren, weniger expliziten Prozessen beim Mentalisieren mehr Bedeutung zukommt, können die Befunde der vorliegenden Studie im Rahmen der „Frontalisierungshypothese“ (Rubia, Overmeyer, Taylor, Brammer, Williams, Simmons et al., 2000) interpretiert werden, wonach mit zunehmendem Alter Funktionen, die zunächst mit bestimmten anderen Gehirnregionen assoziiert sind, vom Frontalkortex übernommen werden, welcher somit eine zunehmende kognitive Top-Down-Kontrolle über diese Funktionen erhält. Sowohl bei den erwachsenen Probanden als auch bei den Kindern der vorliegenden Untersuchung ergaben sich bei der wunsch-

basierten Zuschreibung von Emotionen in moralisch relevanten Szenarien Aktivierungen im Frontalkortex, die wie unter 4.2 und 7.2 diskutiert mit einem kontrollierten Abruf von semantischen und / oder episodischen Gedächtnisinhalten und einem Abgleich dieser Inhalte (BA 47) mit aktuell im Arbeitsgedächtnis gehaltenen Repräsentationen (BA 9/10 bzw. 9, 9/8) sowie der Verrechnung mentaler Zustände und verschiedener Perspektiven (BA 32 bzw. 32, 8, 10/9) assoziiert sein könnten. Bei beiden Gruppen zeigte sich außerdem bei der Zuschreibung von Emotionen auf der Basis erfüllter unmoralischer Wünsche eine Aktivierung in einem Areal, welches mit der Verarbeitung der Interferenz zwischen der Erfüllung des subjektiven Wunsches und der Verletzung des moralischen Standards und den damit einhergehenden konfligierenden Emotionen in Verbindung stehen könnte (BA 6). Während sich jedoch bei den erwachsenen Probanden bei der Emotionsattribution nach unmoralischen Wünschen zusätzlich Aktivierungen in Gehirnregionen zeigten, die mit einer stimulusunabhängigen Prozessierung des mentalen Zustandes des Opfers (BA 32/6) und im Fall eines erfüllten unmoralischen Wunsches mit dem Lösen der Interferenz zwischen zielrelevanten und -irrelevanten Informationen (BA 45), also abstrakteren, kognitiv kontrollierten Prozessen assoziiert sein könnten, ergaben sich bei den Kindern gegenüber den Erwachsenen zusätzliche Aktivierungen bzw. Mehraktivierungen in Arealen, die mit Bottom-Up gesteuerten, reizbasierteren Prozessen in Verbindung stehen könnten. Wie unter 7.2 ausgeführt, könnten diese Prozesse in einem zusätzlichen reizbasierten Abruf von generalisiertem semantischen und / oder konkreterem episodischen Wissen (BA 38/21, 22/21), einem Inferieren des mentalen Zustands des Protagonisten über den eigenen, in einer solchen Situation erwarteten mentalen Zustand (BA 7/31) und einer Unterscheidung verschiedener Perspektiven – der eigenen von der des Protagonisten oder der subjektiven Perspektive von der moralischen Perspektive des Protagonisten (BA 39/40) – bestehen. Diese unterschiedlichen Aktivierungsmuster könnten darauf hinweisen, dass die erwachsenen Probanden aufgrund ihres Entwicklungsvorsprungs und ihrer größeren sozialen Erfahrung in der Lage waren, auf einem abstrakteren Level, allein durch über den Frontalkortex koordinierte und integrierte Funktionen Emotionen zuzuschreiben, während bei den Kindern zusätzlich eine Rekrutierung posteriorer, mit einer reizbasierteren Verarbeitung assoziierter Areale notwendig gewesen sein könnte. Für diese Annahme könnten auch die Befunde von Burnett und Blakemore (2009) sprechen, die in einer PPI-Analyse der Daten der Studie von Burnett et al. (2009) eine mit dem Alter abnehmende funktionelle Konnektivität zwischen mPFC und pSTS / TPJ bei der Zuschreibung sozialer / moralischer Emotionen fanden. Die Autorinnen interpretierten diesen Befund dahingehend, dass bei Kindern / Jugendlichen möglicherweise aufgrund der noch weniger effizienten neuronalen

Netzwerke eine stärkere Co-Aktivierung posteriorer Regionen nötig sein könnte, um ähnlich wie Erwachsene soziale / moralische Emotionen zuschreiben zu können.

Die Unterschiede in den Aktivierungsmustern der vorliegenden Untersuchung könnten jedoch zusätzlich auch damit in Zusammenhang stehen, dass das Stimulusmaterial – Kinder, die einen Gegenstand hin- und herspielen – für die Kinder der vorliegenden Studie II mehr persönliche Relevanz oder Alltagsnähe besessen haben könnte als für die erwachsenen Probanden der Studie I, was dazu geführt haben könnte, dass die erwachsenen Probanden sich weniger mit dem Protagonisten des jeweiligen Szenarios identifizierten und daher aus einer distanzierteren Perspektive als die Kinder Emotionen zugeschrieben haben könnten. Auch wenn ein Einfluss der Relevanz oder Alltagsnähe des gewählten Stimulusmaterials auf die Aktivierungen der beiden Stichproben nicht gänzlich ausgeschlossen werden kann oder sogar eher anzunehmen ist, so sprechen die geringen Unterschiede zwischen den beiden Stichproben in den während der fMRT-Messung aufgezeichneten Reaktionen und den Emotionsattributionsmustern im Emotionsrating gegen eine grundlegend verschiedene Prozessierung der präsentierten Szenarien und somit gegen eine Aktivierung unterschiedlicher neuronaler Netzwerke nur aufgrund von Unterschieden in der Wahrnehmung des Stimulusmaterials. Vielmehr weisen die Befunde der vorliegenden Untersuchung darauf hin, dass die wunschbasierte Zuschreibung von Emotionen in einem moralisch relevanten Kontext mit zunehmendem Alter und damit einhergehender sozialer Erfahrung und neuroanatomischer Entwicklung die Rekrutierung eines umgrenzten frontalen Netzwerkes zu erfordern scheint, während zu einem früheren Zeitpunkt in der kindlichen Entwicklung posteriore Areale den Prozess der Zuschreibung mentaler Zustände zusätzlich zu unterstützen scheinen.

11 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Das Ziel der vorliegenden fMRT-Untersuchung bestand darin, die wenigen bereits bestehenden Befunde zu alters- bzw. entwicklungsbedingten Gemeinsamkeiten und Unterschieden in der Rekrutierung neuronaler Netzwerke bei der Zuschreibung mentaler Zustände zu erweitern. Dazu wurden erstmals jungen Erwachsenen im Alter von 18 bis 20 Jahren und Kindern im Alter von zehn bis zwölf Jahren Geschichten präsentiert, die eine Zuschreibung von Emotionen auf der Basis erfüllter und unerfüllter neutraler und unmoralischer Wünsche, also in Abhängigkeit eines anderen mentalen Zustandes und dessen Valenz (neutraler oder unmoralischer Wunsch) sowie des Handlungsausgangs (erfüllt oder unerfüllt), erforderten.

Auf Verhaltensebene zeigten sich wie aufgrund von entwicklungspsychologischen Befunden erwartet nur marginale Unterschiede zwischen den beiden Gruppen. Sowohl die Erwachsenen als auch die Kinder schrieben einem Protagonisten, dessen neutraler oder unmoralischer Wunsch nicht erfüllt wurde negative, einem Protagonisten, dessen neutraler oder unmoralischer Wunsch erfüllt wurde, hingegen mehrheitlich positive Emotionen zu. Bei beiden Gruppen konnte aber auch eine Tendenz zur Zuschreibung gemischter Emotionen bei der Erfüllung eines unmoralischen Wunsches beobachtet werden. Insgesamt schienen beide Gruppen erwartungsgemäß jedoch ihre Emotionsattribution mehr vom Outcome als der Valenz des Wunsches abhängig zu machen.

Auf neuronaler Ebene ergaben sich hingegen Hinweise darauf, dass hier der Valenz des Wunsches mehr Bedeutung zukam als dem Outcome. Entsprechend der Erwartung zeigte sich sowohl bei den Erwachsenen als auch bei den Kindern bei der Zuschreibung von Emotionen nach unmoralischen Wünschen im Vergleich zur Zuschreibung von Emotionen nach neutralen Wünschen eine Rekrutierung zusätzlicher Areale, bzw. eine Mehraktivierung von Arealen, u. a. des mPFC. Die Annahme einer Mehraktivierung bestimmter Areale bei der Emotionsattribution auf der Basis unerfüllter Wünsche im Vergleich zur Emotionsattribution auf der Basis erfüllter Wünsche konnte hingegen nicht bestätigt werden.

Entgegen der Erwartung zeigten sich bei der Zuschreibung von Emotionen auf der Basis erfüllter und unerfüllter neutraler Wünsche weder bei den erwachsenen Probanden noch bei den Kindern Aktivierungen, die auf einen Mentalisierungsprozess schließen lassen würden. Möglicherweise inferierten beide Gruppen die Emotionen des Protagonisten in diesen Situationen über einen einfachen Matching-Prozess. Entgegen der Annahme zeigte sich bei beiden Stichproben auch keine Rekrutierung ähnlicher Netzwerke bei der Zuschreibung von Emotionen in diesen Situationen, was mit unterschiedlichen kognitiven Strategien und entwicklungsabhängigen neuroanatomischen Veränderungen in Zusammenhang stehen könnte.

Bei der Erfüllung bzw. Nicht-Erfüllung unmoralischer Wünsche konnten hingegen bei beiden Probandengruppen entsprechend der Erwartung Aktivierungen in mit Mentalisierungsprozessen assoziierten Bereichen des mPFC gefunden werden. Wie aufgrund der Befunde struktureller und funktioneller bildgebender Studien erwartet, zeigte sich auch zumindest bei der Erfüllung eines unmoralischen Wunsches, der komplexesten der vier Emotionsattributionsbedingungen, bei den Kindern im Vergleich zu den Erwachsenen die Rekrutierung eines zusätzlichen Areals des mPFC, wenngleich entgegen der Annahme in der vorliegenden Untersuchung keine Mehraktivierungen in medial frontalen Arealen bei den Kindern gegenüber den erwachsenen Probanden gefunden wurden. Des Weiteren ergaben sich bei der Zuschreibung von Emotionen auf der Basis erfüllter und unerfüllter unmoralischer Wünsche nur bei den Kindern Aktivierungen in posterioren, bei der Zuschreibung mentaler Zustände häufig gefundenen Arealen, sowie Mehraktivierungen in diesen Arealen gegenüber den erwachsenen Probanden. Mehraktivierungen posteriorer Areale bei Kindern und / oder Jugendlichen gegenüber Erwachsenen wurden auch in einigen anderen ToM-Studien gefunden, in denen Kinder in einem ähnlichen Altersbereich wie in der vorliegenden Studie II untersucht wurden, und wurden daher auch für die vorliegende Untersuchung erwartet. Im Umkehrschluss wurden keine Mehraktivierungen posteriorer Areale bei den erwachsenen Probanden gegenüber den Kindern erwartet und auch nicht gefunden. Das Ergebnis einer Aktivierung posteriorer Areale nur bei den Kindern, nicht aber bei den Erwachsenen der vorliegenden Untersuchung steht jedoch zum einen im Widerspruch zu ToM-Studien, in denen sich auch bei erwachsenen Probanden häufig Aktivierungen in posterioren Arealen bei verschiedenen ToM-Aufgaben zeigten. Zum anderen könnte dieses Ergebnis in Einklang mit der Annahme gesehen werden, dass Kinder möglicherweise aufgrund einer entwicklungsbedingten noch geringeren Effizienz und Spezifizierung von für diesen Prozess notwendigen Gehirnarealen und / oder ihrer geringeren sozialen Erfahrung auf zusätzliche Areale zurückgreifen müssen, um die Aufgabe ähnlich wie erwachsene Probanden zu bewältigen.

Insgesamt weisen die Befunde der vorliegenden Untersuchung auch darauf hin, dass keine für alle ToM-Komponenten oder -Prozesse geltenden Aussagen hinsichtlich Mehraktivierungen in bestimmten Arealen bei Kindern / Jugendlichen gegenüber Erwachsenen und vice versa getroffen werden können. Aufgrund der bisherigen Befunde nehmen viele Autoren an, dass sich bei ToM-Prozessen im Allgemeinen mit zunehmendem Alter ein Entwicklungsshift von der Aktivierung anteriorer (mPFC) zu posterioren Arealen (Temporalpol, pSTS, Gyrus fusiformis) vollzieht (vgl. z. B. Burnett et al., 2009). Zumindest für den Prozess der wunschbasierten Emotionsattribution konnte jedoch keine Mehraktivierung medial präfrontaler Areale bei der Kinder- im Vergleich

zur Erwachsenenstichprobe gefunden werden, und auch in der Studie von Kobayashi und Kollegen (2007) zeigte sich bei der Zuschreibung von Überzeugungen keine Mehraktivierung im mPFC bei den Kindern gegenüber den Erwachsenen. Wie oben angeführt, wurden in dieser Untersuchung im Gegensatz zu den Untersuchungen von beispielsweise Burnett und Kollegen (2009) Kinder in einem engeren, der vorliegenden Studie II ähnlichen Altersspektrum untersucht, sowie junge Erwachsene ab 18 Jahren in die Erwachsenenstichprobe eingeschlossen. Des Weiteren zeigten sich sowohl in der vorliegenden Untersuchung als auch in der Studie von Kobayashi und Kollegen (2007), aber auch in der Studie von Wang und Kollegen (2006a) Mehraktivierungen posteriorer Areale bei den Kindern gegenüber den Erwachsenen. Anstelle eines generellen, linearen Entwicklungsshifts von anterior nach posterior bei der Zuschreibung mentaler Zustände könnte sich die Funktion der an diesen Prozessen beteiligten Areale demnach auch spezifischer in Abhängigkeit vom jeweiligen Prozess und vom jeweiligen Alter insbesondere der Kinder und Jugendlichen verändern und entwickeln. Diese spezifischeren alters- oder entwicklungsabhängigen Veränderungen können jedoch in Studien, in denen Kinder, Jugendliche und teilweise sogar junge Erwachsene in einer Stichprobe mit älteren Erwachsenen verglichen werden, nicht erfasst werden. Auch wenn Untersuchungen wie die vorliegende den Nachteil haben, aufgrund des gewählten engen Altersbereichs konkrete Aussagen nur über diesen Altersbereich treffen zu können, so scheint die Untersuchung einer altersmäßig enger umgrenzten Stichprobe in Anbetracht der massiven entwicklungsbedingten Veränderungen während der Kindheit und Adoleszenz u. a. auf neuroanatomischer, neurochemischer, hormoneller, kognitiver und sozialer Ebene nach Ansicht der Autorin die geeignetere Methode darzustellen, in Abhängigkeit von der Entwicklung mögliche Veränderungen in der Funktion und Rekrutierung bestimmter Areale nachvollziehen zu können. In Folgeuntersuchungen könnten beispielsweise sukzessiv ältere Jugendliche in einem engen Altersbereich untersucht und deren Aktivierungen mit erwachsenen Probanden verglichen werden, was näheren Aufschluss darüber geben könnte, in welchem engeren Altersbereich sich signifikante Veränderungen abzeichnen, die auch für die unterschiedlichen Aktivierungen einer altersmäßig sehr breit gestreuten Stichprobe bestehend aus Kindern, Jugendlichen und jungen Erwachsenen im Vergleich mit einer Erwachsenenstichprobe ausschlaggebend gewesen sein könnten. Allerdings ist hierzu auch einschränkend anzumerken, dass das Alter der Probanden insbesondere mit Beginn der Pubertät nur einen groben Anhaltspunkt für eine ähnliche Entwicklungsphase liefern kann, da sowohl der Beginn der Pubertät als auch die weitere Entwicklung individuell sehr unterschiedlich verlaufen. Gerade in frontalen und parietalen, für die Zuschreibung mentaler Zustände essentiellen Regionen scheint jedoch mehr der

Beginn der Pubertät als das biologische Alter neuroanatomische Veränderungen in der grauen Substanz zu triggern (Romeo, 2003). Dementsprechend könnte für zukünftige Studien zusätzlich eine Erfassung des Pubertätsstatus der untersuchten Kinder und Jugendlichen angedacht werden, wodurch hinsichtlich ihres Entwicklungsstandes homogenere Stichproben von Kindern und Jugendlichen ausgewählt werden könnten. Dadurch wären wiederum spezifischere Aussagen hinsichtlich entwicklungsabhängiger Veränderungen in der Rekrutierung und Funktion von Gehirnarealen sowie hinsichtlich eventueller Zusammenhänge zwischen strukturellen und funktionellen Befunden möglich. Eine Orientierung am Pubertätsstatus der Probanden und weniger am biologischen Alter wäre außerdem insbesondere bei Studien, in denen wie in der vorliegenden Untersuchung sowohl Mädchen als auch Jungen in die Stichprobe eingeschlossen werden, von Vorteil, da die Pubertät bei Mädchen früher beginnt als bei Jungen (Feldman & Elliott, 1990), und sich damit einhergehend auch neuroanatomische Veränderungen bei Mädchen früher zeigen als bei Jungen (Giedd et al., 1999). Nicht zuletzt aufgrund dieser Entwicklungsunterschiede wurden in einigen Studien daher von vornherein nur weibliche oder nur männliche Probanden untersucht (z. B. Burnett et al., 2009). Während solche Studien sicherlich den Vorteil einer homogeneren Stichprobe besitzen, haben sie jedoch den Nachteil, dass die Ergebnisse nur für das untersuchte Geschlecht gelten und nicht auf das jeweils andere generalisierbar sind. In folgenden Studien könnte daher ein separater Vergleich der Aktivierungen von Mädchen bzw. Jungen in verschiedenen Entwicklungsstadien mit erwachsenen weiblichen bzw. männlichen Probanden sowie ein Vergleich der Aktivierungen von weiblichen und männlichen Probanden in jeweils derselben Entwicklungsphase vorgenommen werden, um entwicklungsbedingte Veränderungen in der Rekrutierung und Funktion von bestimmten Arealen in Abhängigkeit vom Geschlecht bzw. mögliche Geschlechtsunterschiede in Abhängigkeit von der jeweiligen Entwicklungsphase näher untersuchen zu können. Dabei könnte insbesondere die Verarbeitung emotionaler Stimuli von Interesse sein. In bisherigen Studien ergaben sich nämlich bei erwachsenen Probanden geschlechtsabhängige Unterschiede bei der Verarbeitung sozialer / moralischer Emotionen (z. B. Moll, Zahn, de Oliveira-Souza, Krueger & Grafman, 2005) und in ersten Studien konnten auch bei Kindern und Jugendlichen bei der passiven Betrachtung emotionaler Gesichtsausdrücke mit zunehmendem Alter vom Geschlecht abhängige Unterschiede in der Aktivierung bestimmter Gehirnareale gefunden werden (z. B. Killgore et al., 2001; Yurgelun-Todd & Killgore, 2006). Nach Wissen der Autorin existiert jedoch bisher noch keine Studie, in der die neuronalen Korrelate der Zuschreibung von (sozialen / moralischen) Emotionen in Abhängigkeit von Geschlecht und Alter untersucht wurden, so dass eine solche Untersuchung einen nächsten Schritt

darstellen könnte, um diese Zusammenhänge zunächst bei gesunden Probanden weiter aufzuklären.

Die Befunde hinsichtlich der entwicklungsabhängigen Bedeutung bestimmter Gehirnnareale beim Verständnis sozialer / moralischer Übertretungen und den damit einhergehenden emotionalen Konsequenzen bei gesunden Probanden stellen wiederum die notwendige Grundlage für die Erforschung atypischer Entwicklungen dar. Von besonderem Interesse könnte dabei die Untersuchung von Kindern und Jugendlichen mit psychopathischen Tendenzen, aggressiven und dissozialen Verhaltensweisen oder auch von bereits delinquent gewordenen Kindern und Jugendlichen sein. Bei erwachsenen Personen mit der Persönlichkeitsstörung der „Psychopathie“, die u. a. durch ein Fehlen von Empathie und unmoralische, dissoziale Verhaltensweisen gekennzeichnet ist, zeigten sich im Vergleich zu Kontrollpersonen bei der Verarbeitung von emotionalem Stimulusmaterial unterschiedliche Aktivierungsmuster in Arealen wie dem mPFC / ACC oder dem posterioren Cingulum, Gehirnregionen also, die auch für das Verständnis der Verletzung eines moralischen Standards und für die Zuschreibung von Emotionen in solchen Kontexten eine wichtige Rolle spielen. Auch strukturelle Unterschiede, beispielsweise im Volumen der grauen Substanz in präfrontalen Gehirnregionen, wurden beim Vergleich von Probanden mit dieser Persönlichkeitsstörung oder auch bei Probanden mit einer dissozialen Persönlichkeitsstörung im Vergleich mit psychiatrisch nicht auffälligen Personen gefunden, was auf grundlegende Unterschiede in der Gehirnentwicklung hinweisen könnte (für eine Übersicht vgl. z. B. Anckarsäter, 2006). Des Weiteren zeigten sich in einigen Untersuchungen sowohl bei erwachsenen Probanden mit der Persönlichkeitsstörung der „Psychopathie“ (z. B. Blair, Mitchell, Peschardt, Colledge, Leonard, Shine et al., 2004) als auch bei Jugendlichen mit psychopathischen Tendenzen (z. B. Blair, Colledge, Murray & Mitchell, 2001) im Vergleich zu erwachsenen und jugendlichen Kontrollprobanden auch auf der Verhaltensebene Defizite bei der Verarbeitung emotionaler Stimuli dahingehend, dass diese Probanden negative Gesichtsausdrücke, wie Angst und Trauer weniger gut erkennen konnten als die gesunden Kontrollprobanden. Mit Hilfe von bildgebenden Studien könnte nun untersucht werden, ob sich bereits Kinder und Jugendliche mit psychopathischen Tendenzen möglicherweise auch hinsichtlich der neuronalen Netzwerke bei der Verarbeitung moralisch relevanter Szenarien und der Zuschreibung von Emotionen in solchen Kontexten von Kindern und Jugendlichen ohne solche Tendenzen unterscheiden, was zu einem besseren Verständnis der Entwicklung dieser psychischen Störungen beitragen könnte.

12 LITERATURVERZEICHNIS

- Abell, F., Happe, F. & Frith, U. (2000). Do triangles play tricks? Attribution of mental states to animated shapes in normal and abnormal development. *Cogn. Emot.*, *15*, 1-16.
- Abraham, A., Rakoczy, H., Werning, M., von Cramon, D. Y. & Schubotz, R. I. (2010). Matching mind to world and vice versa: Functional dissociations between belief and desire mental state processing. *Soc. Neurosci.*, *5*, 1-18.
- Adolphs, R. (2002). Neural systems for recognizing emotion. *Curr. Opin. Neurobiol.*, *12*, 169-177.
- Aichhorn, M., Perner, J., Weiss, B., Kronbichler, M., Staffen, W. & Ladurner, G. (2009). Temporo-parietal Junction Activity in Theory-of-Mind Tasks: Falseness, Beliefs, or Attention. *J. Cogn. Neurosci.*, *21*, 1179-92.
- Amodio, D. M. & Frith, C. D. (2006). Meeting of minds: the medial frontal cortex and social cognition. *Nat. Rev. Neurosci.*, *7*, 268-277.
- Anckarsäter, H. (2006). Central nervous changes in social dysfunction: Autism, aggression, and psychopathy. *Brain Research Bulletin*, *69*, 259-265.
- Anderson, V. A., Anderson, P., Northam, E., Jacobs, R. & Catroppa, C. (2001). Development of executive functions through late childhood and adolescence in an Australian sample. *Dev. Neuropsychol.*, *20*, 385-406.
- Arsenio, W. F. (1988). Children's conceptions of the situational affective consequences of sociomoral events. *Child Dev.*, *59*, 1611-22.
- Arsenio, W. F., Gold, J. & Adams, E. (2006). Children's conceptions and displays of moral emotions. In M. Killen & J. G. Smetana (Hrsg.), *Handbook of moral development* (S. 581-609). Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum.
- Arsenio, W. F. & Kramer, R. (1992). Victimizers and their victims: children's conceptions of the mixed emotional consequences of moral transgressions. *Child Dev.*, *63*, 915-927.
- Arsenio, W. F. & Lover, A. (1995). Children's conceptions of sociomoral affect: Happy victimizers, mixed emotions, and other expectancies. In M. Killen & D. Hart (Hrsg.), *Morality in everyday life: Developmental perspectives* (S. 87-128). Cambridge: Cambridge University Press.
- Astington, J. W. (1991). Intention in the Child's Theory of Mind. In D. Frye & C. Moore (Hrsg.), *Children's Theories of Mind: Mental States and Social Understanding* (S.157-172). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Astington, J. W. (1993). *The child's discovery of the mind*. Cambridge, Mass: Harvard University Press.
- Astington, J. W. (1999). The language of intention: Three ways of doing it. In P. D. Zelazo, J. W. Astington & D. R. Olson (Hrsg.), *Developing theories of intention: Social understanding and self-control* (S. 295-315). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

- Aziz-Zadeh, L., Kaplan, J. T. & Iacoboni, M. (2009). "Aha!": The neural correlates of verbal insight solutions. *Hum. Brain Mapp.*, *30*, 908-916.
- Badre, D. & D'Esposito, M. (2007). Functional magnetic resonance imaging evidence for a hierarchical organization of the prefrontal cortex. *J. Cogn. Neurosci.*, *19*, 2082-2099.
- Badre, D. & Wagner, A. D. (2007). Left ventrolateral prefrontal cortex and the cognitive control of memory. *Neuropsychologia*, *45*, 2883-2901.
- Baird, J. A. & Astington, J. W. (2004). The role of mental state understanding in the development of moral cognition and moral action. *New directions for child and adolescent development*, *103*, 37-49.
- Baird, J. A. & Moses, L. J. (2002). Do preschoolers appreciate that identical actions may be motivated by different intentions. *Journal of cognition and development*, *2*, 413-448.
- Barden, R. C., Zelko, F. A., Duncan, S. W. & Masters, J. C. (1980). Children's consensual knowledge about the experiential determinants of emotion. *J. Pers. Soc. Psychol.*, *39*, 968-976.
- Barnea-Goraly, N., Menon, V., Eckert, M., Tamm, L., Bammer, R., Karchemskiy, A. et al. (2005). White matter development during childhood and adolescence: a cross-sectional diffusion tensor imaging study. *Cereb. Cortex*, *15*, 1848-1854.
- Baron-Cohen, S., Leslie, A. M. & Frith, U. (1985). Does the autistic child have a "theory of mind"? *Cognition*, *21*, 37-46.
- Baron-Cohen, S., Ring, H. A., Wheelwright, S., Bullmore, E. T., Brammer, M. J., Simmons, A. et al. (1999). Social intelligence in the normal and autistic brain: an fMRI study. *Eur. J. Neurosci.*, *11*, 1891-1898.
- Barrett, L. F., Mesquita, B., Ochsner, K. N. & Gross, J. J. (2007). The experience of emotion. *Annu. Rev. Psychol.*, *58*, 373-403.
- Bartsch, K. & Wellman, H. M. (1995). Children talk about the mind. *Oxford University Press*.
- Beck, A.T. & Steer, R.A. (1987). Beck Depression Inventory (BDI). San Antonio: The Psychological Corporation Inc.
- Bellagamba, F. & Tomasello, M. (1999). Re-enacting intended acts: Comparing 12- and 18-month olds. *Infant Behavior and Development*, *277-282*.
- Berndsen, M., van der Pligt, J., van der Doosje, B. & Manstead, A. S. R. (2004). Guilt and regret: The determining role of interpersonal and intrapersonal harm. *Cogn. Emot.*, *18*, 55-70.
- Bertenthal, B. I. & Pinto, J. (1993). Complementary processes in the perception and production of human movements. In L. B. Smith & E. Thelen (Hrsg.), *A dynamic systems approach to development: Applications* (S. 209-239). Cambridge, Mass.: MIT Press/Bradford Books.

- Berthoz, S., Armony, J. L., Blair, R. J. & Dolan, R. J. (2002). An fMRI study of intentional and unintentional (embarrassing) violations of social norms. *Brain*, 125, 1696-1708.
- Bischof-Köhler, D. (1988). Über den Zusammenhang von Empathie und der Fähigkeit, sich im Spiegel zu erkennen. *Schweizerische Zeitschrift für Psychologie*, 47, 147-159.
- Blair, R. J. & Cipolotti, L. (2000). Impaired social response reversal. A case of 'acquired sociopathy'. *Brain*, 123, 1122-41.
- Blair, R. J., Colledge, E., Murray, L. & Mitchell, D. G. (2001). A selective impairment in the processing of sad and fearful expressions in children with psychopathic tendencies. *J. Abnorm. Child Psychol.*, 29, 491-498.
- Blair, R. J., Mitchell, D. G., Peschardt, K. S., Colledge, E., Leonard, R. A., Shine, J. H. et al. (2004). Reduced sensitivity to others' fearful expressions in psychopathic individuals. *Personality and Individual Differences*, 37, 1111-1122.
- Blakemore, S. J. (2008). The social brain in adolescence. *Nat. Rev. Neurosci.*, 9, 267-277.
- Blakemore, S. J. & Choudhury, S. (2006). Development of the adolescent brain: implications for executive function and social cognition. *J. Child Psychol. Psychiatry*, 47, 296-312.
- Blakemore, S. J., den Ouden, H., Choudhury, S. & Frith, C. (2007). Adolescent development of the neural circuitry for thinking about intentions. *Soc. Cogn. Affect. Neurosci.*, 2, 130-139.
- Blanke, O. & Arzy, S. (2005). The out-of-body experience: disturbed self-processing at the temporo-parietal junction. *Neuroscientist*, 11, 16-24.
- Blasi, A. (1999). Comment: Caring About Morality: The Development of Moral Motivation in Nunner-Winkler's Work. In F. E. Weinert & W. Schneider (Hrsg.), *Individual development from 3 to 12. Findings from the Munich Longitudinal Study*, S. 291-300. New York: Cambridge University Press.
- Borke, H. (1971). Interpersonal perception of young children: Egocentrism or empathy? *Dev. Psychol.*, 5, 263-269.
- Bradmetz, J. & Schneider, R. (1999). Is Little Red Riding Hood afraid of her grandmother? Cognitive vs. emotional response to false-belief. *Br. J. Dev. Psychol.*, 17, 501-514.
- Bratman, M. (1987). *Intentions, Plans, and Practical Reason*. Cambridge: Harvard University Press.
- Bretherton, I. & Beeghly, M. (1982). Talking about internal states: The acquisition of an explicit theory of mind. *Dev. Psychol.*, 18, 906-921.
- Brooks, R. & Meltzoff, A. N. (2002). The importance of eyes: How infants interpret adult looking behavior. *Dev. Psychol.*, 38, 958-966.
- Brunet, E., Sarfati, Y., Hardy-Bayle, M. C. & Decety, J. (2000). A PET investigation of the attribution of intentions with a nonverbal task. *NeuroImage*, 11, 157-166.

- Buccino, G., Baumgaertner, A., Colle, L., Buechel, C., Rizzolatti, G., & Binkofski, F. (2007). The neural basis for understanding non-intended actions. *NeuroImage*, *36* Suppl. 2, T119-T127.
- Buccino, G., Binkofski, F., Fink, G. R., Fadiga, L., Fogassi, L., Gallese, V. et al. (2001). Action observation activates premotor and parietal areas in a somatotopic manner: an fMRI study. *Eur. J. Neurosci.*, *13*, 400-404.
- Bunge, S. A., Ochsner, K. N., Desmond, J. E., Glover, G. H. & Gabrieli, J. D. (2001). Prefrontal regions involved in keeping information in and out of mind. *Brain*, *124*, 2074-2086.
- Burnett, S. Bird, G., Moll, J., Frith, C. & Blakemore, S. J. (2009). Development during Adolescence of the Neural Processing of Social Emotion. *J. Cogn. Neurosci.*, *21*, 1736-1750.
- Burnett, S. & Blakemore, S. J. (2009). Functional connectivity during a social emotion task in adolescents and in adults. *Eur. J. Neurosci.*, *29*, 1294-1301.
- Butterworth, G. & Jarrett, N. (1991). What minds have in common is space: Spatial mechanisms serving joint visual attention in infancy. *Br. J. Dev. Psychol.*, *9*, 55-72.
- Cabeza, R. & Nyberg, L. (2000). Imaging cognition II: An empirical review of 275 PET and fMRI studies. *J. Cogn. Neurosci.*, *12*, 1-47.
- Cabeza, R. & St Jacques, P. (2007). Functional neuroimaging of autobiographical memory. *Trends Cogn. Sci.*, *11*, 219-227.
- Calarge, C., Andreasen, N. C. & O'Leary, D. S. (2003). Visualizing how one brain understands another: a PET study of theory of mind. *Am. J. Psychiatry*, *160*, 1954-1964.
- Call, J. & Tomasello, M. (1999). A nonverbal false belief task: the performance of children and great apes. *Child Dev.*, *70*, 381-395.
- Carey, S., Diamond, R. & Woods, B. (1980). The development of face recognition – a maturational component. *Dev. Psychol.*, *16*, 257-269.
- Caron, A. J., Caron, R. F. & MacLean, D. J. (1988). Infant discrimination of naturalistic emotional expressions: The role of face and voice. *Child Dev.*, *59*, 604-616.
- Carpenter, M., Akhtar, N. & Tomasello, M. (1998a). Fourteen- through 18-month old infants differentially imitate intentional and accidental actions. *Infant Behavior and Development*, *21*, 315-330.
- Carpenter, M., Call, J. & Tomasello, M. (2002). Understanding “prior intentions” enables two-year-olds to imitatively learn a complex task. *Child Dev.*, *73*, 1431-1441.
- Carpenter, M., Call, J. & Tomasello, M. (2003). A new false belief test for 36-month-olds. *Br. J. Dev. Psychol.*, *20*, 393-420.
- Carpenter, M., Nagell, K. & Tomasello, M. (1998b). Social cognition, joint attention, and communicative competence from 9 to 15 months of age. *Monogr. Soc. Res. Child Dev.*, *63*, 1-166.

- Carr, L., Iacoboni, M., Dubeau, M. C., Mazziotta, J. C. & Lenzi, G. L. (2003). Neural mechanisms of empathy in humans: a relay from neural systems for imitation to limbic areas. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, *100*, 5497-5502.
- Carter, E. J. & Pelphrey, K. A. (2006). School-aged children exhibit domain-specific responses to biological motion. *Soc. Neurosci.*, *1*, 396-411.
- Casebeer, W. D. (2003). Moral cognition and its neural constituents. *Nat. Rev. Neurosci.*, *4*, 841-846.
- Castelli, F., Frith, C., Happe, F. & Frith, U. (2002). Autism, Asperger syndrome and brain mechanisms for the attribution of mental states to animated shapes. *Brain*, *125*, 1839-1849.
- Castelli, F., Happe, F., Frith, U. & Frith, C. (2000). Movement and mind: a functional imaging study of perception and interpretation of complex intentional movement patterns. *NeuroImage*, *12*, 314-325.
- Cato, M. A., Crosson, B., Gökçay, D., Soltysik, D., Wierenga, C., Gopinath, K. et al. (2004). Processing words with emotional connotation: an fMRI study of time course and laterality in rostral frontal and retrosplenial cortices. *J. Cogn. Neurosci.*, *16*, 167-177.
- Cavanna, A. E. (2007). The precuneus and consciousness. *CNS. Spectr.*, *12*, 545-552.
- Cavanna, A. E. & Trimble, M. R. (2006). The precuneus: a review of its functional anatomy and behavioural correlates. *Brain*, *129*, 564-583.
- Ciaramidaro, A., Adenzato, M., Enrici, I., Erk, S., Pia, L., Bara, B. G. et al. (2007). The intentional network: how the brain reads varieties of intentions. *Neuropsychologia*, *45*, 3105-3113.
- Collins, D. L., Neelin, P., Peters, T. M. & Evans, A. C. (1994). Automatic 3D intersubject registration of MR volumetric data in standardized Talairach space. *J. Comput. Assist. Tomogr.*, *18*, 192-205.
- Corbetta, M., Patel, G. & Shulman, G. L. (2008). The reorienting system of the human brain: from environment to theory of mind. *Neuron*, *58*, 306-324.
- Coricelli, G. (2005). Two-levels of mental states attribution: from automaticity to voluntariness. *Neuropsychologia*, *43*, 294-300.
- Cunningham, W. A., Johnson, M. K., Gatenby, J. C., Gore, J. C. & Banaji, M. R. (2003). Neural components of social evaluation. *J. Pers. Soc. Psychol.*, *85*, 639-649.
- Dapretto, M., Davies, M. S., Pfeifer, J. H., Scott, A. A., Sigman, M., Bookheimer, S. Y. et al. (2006). Understanding emotions in others: mirror neuron dysfunction in children with autism spectrum disorders. *Nat. Neurosci.*, *9*, 28-30.
- D'Argembeau, A., Ruby, P., Collette, F., Degueldre, C., Balteau, E., Luxen, A. et al. (2007). Distinct regions of the medial prefrontal cortex are associated with self-referential processing and perspective taking. *J. Cogn. Neurosci.*, *19*, 935-944.
- Davey, C. G., Yücel, M. & Allen, N. B. (2008). The emergence of depression in adolescence: development of the prefrontal cortex and the representation of reward. *Neurosci. Biobehav. Rev.*, *32*, 1-19.

- Decety, J. & Lamm, C. (2007). The role of the right temporoparietal junction in social interaction: how low-level computational processes contribute to meta-cognition. *Neuroscientist*, 13, 580-593.
- Decety, J., Michalska, K. J. & Akitsuki, Y. (2008). Who caused the pain? An fMRI investigation of empathy and intentionality in children. *Neuropsychologia*, 46, 2607-2614.
- Decety, J. & Sommerville, J. A. (2003). Shared representations between self and other: a social cognitive neuroscience view. *Trends Cogn. Sci.*, 7, 527-533.
- Dennett, D. C. (1978). Beliefs about beliefs. Commentary on D. Premack & G. Woodruff "Does the chimpanzee have a theory of mind?" *Behav. Brain Sci.*, 1, 568-570.
- den Ouden, H. E., Frith, U., Frith, C. & Blakemore, S. J. (2005). Thinking about intentions. *NeuroImage*, 28, 787-796.
- De Rosnay, M., Pons, F., Harris, P. L. & Morrell, J. M. B. (2004). A lag between understanding false belief and emotion attribution in young children: Relationships with linguistic ability and mothers' mental-state language. *Br. J. Dev. Psychol.*, 22, 197-218.
- D'Esposito, M. (2007). From cognitive to neural models of working memory. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.*, 362, 761-772.
- Diamond, R., Carey, S. & Back, K. (1983). Genetic influences on the development of spatial skills during early adolescence. *Cognition*, 13, 167-185.
- Donaldson, S. K. & Westerman, M. A. (1986). Development of children's understanding of ambivalence and causal theories of emotions. *Dev. Psychol.*, 22, 655-662.
- Donohue, S. E., Wendelken, C. & Bunge, S. A. (2008). Neural correlates of preparation for action selection as a function of specific task demands. *J. Cogn. Neurosci.*, 20, 694-706.
- Dunn, J. (1988). *The Beginnings of Social Understanding*. Oxford: Blackwell.
- Eisenberg, N. (2000). Emotion, Regulation, and Moral Development. *Annu. Rev. Psychol.*, 51, 665-697.
- Eisenberg-Berg, N. (1982). The development of reasoning regarding prosocial behavior. In N. Eisenberg-Berg (Hrsg.), *The development of prosocial behavior* (S. 219-249). New York: Academic Press.
- Ekman, P. & Friesen, W. V. (1971). Constants across culture in the face and emotion. *J. Pers. Soc. Psychol.*, 17, 124-129.
- Enzi, B., de Greck, M., Prösch, U., Tempelmann, C. & Northoff, G. (2009). Is our self nothing but reward? Neuronal overlap and distinction between reward and personal relevance and its relation to human personality. *PLoS One*, 4, e8429.
- Farrow, T. F., Zheng, Y., Wilkinson, I. D., Spence, S. A., Deakin, J. F., Tarriner, N. et al. (2001). Investigating the functional anatomy of empathy and forgiveness. *NeuroReport*, 12, 2433-2438.

- Feinfield, K. A., Lee, P. P., Flavell, E. R., Green, F. L. & Flavell, J. H. (1999). Young children's understanding of intention. *Cognitive Development*, 14, 463-468.
- Feldman, S. S. & Elliott, G. R. (1990). *At the Threshold: The Developing Adolescent*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.
- Fernald, A. (1993). Approval and disapproval: Infant responsiveness to vocal affect in familiar and unfamiliar languages. *Child Dev.*, 64, 657-674.
- Finger, E. C., Marsh, A. A., Kamel, N., Mitchell, D. G. & Blair, J. R. (2006). Caught in the act: the impact of audience on the neural response to morally and socially inappropriate behavior. *NeuroImage*, 33, 414-421.
- Fink, G. R., Markowitsch, H. J., Reinkemeier, M., Bruckbauer, T., Kessler, J. & Heiss, W. D. (1996). Cerebral representation of one's own past: neural networks involved in autobiographical memory. *J. Neurosci.*, 16, 4275-4282.
- Fischer, K. (1980). A theory of cognitive development: the control and construction of hierarchies of skills. *Psychological Review*, 87, 477-531.
- Fischer, K. W., Shaver, P. R. & Cornochan, P. (1990). How emotions develop and how they organize development. *Cogn. Emot.*, 4, 81-127.
- Fletcher, P. C., Happe, F., Frith, U., Baker, S. C., Dolan, R. J., Frackowiak, R. S. et al. (1995). Other minds in the brain: a functional imaging study of "theory of mind" in story comprehension. *Cognition*, 57, 109-128.
- Forstmann, B. U., Dutilh, G., Brown, S., Neumann, J., von Cramon, Y., Ridderinkhof, K. R. et al. (2008). Striatum and pre-SMA facilitate decision-making under time pressure. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 105, 17538-17542.
- Friston, K. J., Fletcher, P., Josephs, O., Holmes, A., Rugg, M. D. & Turner, R. (1998). Event-related fMRI: characterizing differential responses. *NeuroImage*, 7, 30-40.
- Frith, C. D. & Frith, U. (1999). Interacting minds-a biological basis. *Science*, 286, 1692-1695.
- Frith, U. & Frith, C. D. (2003). Development and neurophysiology of mentalizing. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.*, 358, 459-473.
- Frith, U., Morton, J. & Leslie, A. M. (1991). The cognitive basis of a biological disorder: autism. *Trends in Neurosciences*, 14, 433-438.
- Gallagher, H. L. & Frith, C. D. (2003). Functional imaging of 'theory of mind'. *Trends Cogn. Sci.*, 7, 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, 11-21.
- Gallagher, H. L., Jack, A., Roepstorff, A. & Frith, C. D. (2002). Imaging the intentional stance. *NeuroImage*, 16, 814-821.
- Gallese, V. (2003). The manifold nature of interpersonal relations: The quest for a common mechanism. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.*, 358, 517-528.

- Gallese, V. (2007). Before and below 'theory of mind': embodied simulation and the neural correlates of social cognition. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.*, 362, 659-669.
- Gergely, G. (2002). The development of understanding self and agency. In U. Goswami (Hrsg.), *The Blackwell handbook of childhood cognitive development* (S. 26-46). Oxford: Blackwell.
- Gergely, G., Nadasdy, Z., Csibra, G. & Biro, S. (1995). Taking the intentional stance at 12 months of age. *Cognition*, 56, 165-193.
- Giedd, J. N., Blumenthal, J., Jeffries, N. O., Castellanos, F. X., Liu, H., Zijdenbos, A. et al. (1999). Brain development during childhood and adolescence: a longitudinal MRI study. *Nat. Neurosci.*, 2, 861-863.
- Gilbert, S. J., Simons, J. S., Frith, C. D. & Burgess, P. W. (2006a). Performance-Related Activity in Medial Rostral Prefrontal Cortex (Area 10) During Low-Demand Tasks. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 32, 45-58.
- Gilbert, S. J., Spengler, S., Simons, J. S., Steele, J. D., Lawrie, S. M., Frith, C. D. et al. (2006b). Functional specialization within rostral prefrontal cortex (area 10): a metaanalysis. *J. Cogn. Neurosci.*, 18, 932-948.
- Gnepp, J., McKee, E. & Domanic, J. A. (1987). Children's use of situational information to infer emotion: Understanding emotionally equivocal situations. *Dev. Psychol.*, 23, 114-123.
- Gobbini, M. I., Koralek, A. C., Bryan, R. E., Montgomery, K. J. & Haxby, J. V. (2007). Two Takes on the Social Brain: A Comparison of Theory of Mind Tasks. *J. Cogn. Neurosci.*, 19, 1803-1814.
- Goel, V., Grafman, J., Sadato, N. & Hallett, M. (1995). Modeling other minds. *NeuroReport*, 6, 1741-1746.
- Gogtay, N., Giedd, J. N., Lusk, L., Hayashi, K. M., Greenstein, D., Vaituzis, A. C. et al. (2004). Dynamic mapping of human cortical development during childhood through early adulthood. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 101, 8174-8179.
- Gopnik, A. & Astington, J. W. (1988). Children's understanding of representational change and its relation to the understanding of false belief and the appearance-reality distinction. *Child Dev.*, 59, 26-37.
- Gopnik, A. & Seager, W. (1988). Young children's understanding of desires. Unpublished manuscript, Dept. of Psychology, University of California at Berkeley.
- Gopnik, A. & Wellman, H. M. (1992). Why the child's theory of mind really is a theory. *Mind & Language*, 7, 145-171.
- Gopnik, A. & Wellman, H. M. (1994). The theory theory. In L. Hirschfield & S. Gelman (Hrsg.), *Mapping the Mind: Domain Specificity in Cognition and Culture* (S. 257-293). New York: Cambridge University Press.
- Graham, S. (1988). Children's developing understanding of the motivational role of affect: An attributional analysis. *Cognitive Development*, 3, 71-88.

- Graham, S., Doubleday, C. & Guarino, P. A. (1984). The development of relations between perceived controllability and the emotions of pity, anger, and guilt. *Child Dev.*, *55*, 561-565.
- Graham, S. & Weiner, B. (1986). From an attributional theory of emotion to developmental psychology: A round-trip ticket. *Social Cognition*, *4*, 152-179.
- Greene, J. D., Sommerville, R. B., Nystrom, L. E., Darley, J. M., & Cohen, J. D. (2001). An fMRI investigation of emotional engagement in moral judgment. *Science*, *293*, 2105-2108.
- Grèzes, J., Frith, C. D. & Passingham, R. E. (2004). Inferring false beliefs from the actions of oneself and others: an fMRI study. *NeuroImage*, *21*, 744-750.
- Gross, D. & Harris, P. L. (1988). Understanding false beliefs about emotion. *Int. J. Behav. Dev.*, *11*, 475-488.
- Hadwin, J. & Perner, J. (1991). Pleased and surprised: Children's cognitive theory of emotion. *Br. J. Dev. Psychol.*, *9*, 215-234.
- Harenski, C. L. & Hamann, S. (2006). Neural correlates of regulating negative emotions related to moral violations. *NeuroImage*, *30*, 313-324.
- Harris, P. L. (1983). Children's understanding of the link between situation and emotion. *J. Exp. Child Psychol.*, *36*, 490-509.
- Harris, P. L. (1989). *Children and Emotion*. Oxford: Basil Blackwell.
- Harris, P. L. (1992). *Das Kind und die Gefühle*. Bern: Huber.
- Harris, P. L., Donnelly, K., Guz, G. R. & Pitt-Watson, R. (1986). Children's understanding of the distinction between real and apparent emotion. *Child Dev.*, *57*, 895-909.
- Harris, P. L., Johnson, C. N., Hutton, D., Andrews, G. & Cooke, T. (1989). Young children's theory of mind and emotion. Special Issue: Development of emotion-cognition relations. *Cogn. Emot.*, *3*, 379-400.
- Harris, P. L., Olthof, T. & Terwogt, M. M. (1981). Children's knowledge of emotion. *J. Child Psychol. Psychiatry*, *22*, 247-261.
- Harris, P. L., Olthof, T., Terwogt, M. M. & Hardman, C. E. (1987). Children's knowledge of the situations that provoke emotion. *Int. J. Behav. Dev.*, *10*, 319-343.
- Harter, S. & Buddin, B. (1987). Children's understanding of the simultaneity of two emotions: A five-stage developmental acquisition sequence. *Dev. Psychol.*, *23*, 388-399.
- Harter, S. & Whitesell, N. (1989). Developmental changes in children's emotion concepts. In C. Saarni & P. L. Harris (Hrsg.), *Children's Understanding of Emotions*. New York: Cambridge University Press.
- Haviland, J. M. & Lelwica, M. (1987). The induced affect response: 10-week-old infants' responses to three emotional expressions. *Dev. Psychol.*, *23*, 97-104.

- Hebble, P. W. (1971). Development of elementary school children's judgment of intent. *Child Dev.*, 42, 583-588.
- Heberlein, A. S., Adolphs, R., Tranel, D. & Damasio, H. (2004). Cortical regions for judgments of emotions and personality traits from point-light walkers. *J. Cogn. Neurosci.*, 16, 1143-1158.
- Heberlein, A. S. & Saxe, R. R. (2005). Dissociation between emotion and personality judgments: convergent evidence from functional neuroimaging. *NeuroImage*, 28, 770-777.
- Heekeren, H. R., Wartenburger, I., Schmidt, H., Schwintowski, H. P. & Villringer, A. (2003). An fMRI study of simple ethical decision-making. *NeuroReport*, 14, 1215-1219.
- Henson, R. N. A., Buechel, C., Josephs, O. & Friston, K. (1999). The slice-timing problem in event-related fMRI. *NeuroImage*, 9, 125.
- Hoffman, M. L. (1977). Empathy, its development and prosocial implications. In C. B. Keasey (Hrsg.), *Nebraska Symposium on Motivation* (Vol. 25, S. 169-217). University of Nebraska Press.
- Hood, B. M., Willen, J. D. & Driver, J. (1998). Adults' eyes trigger shifts of visual attention in human infants. *Psychol. Sci.*, 9, 53-56.
- Hubel, D. N. & Wiesel, T. N. (1962). Receptive fields, binocular interactions and functional architecture in the cat's visual cortex. *Journal of Physiology*, 160, 106-154.
- Huttenlocher, P. R. (1979). Synaptic density in human frontal cortex – developmental changes and effects of aging. *Brain Res.*, 163, 195-205.
- Huttenlocher, P. R. & Dabholkar, A. S. (1997). Regional differences in synaptogenesis in human cerebral cortex. *J. Comp. Neurol.*, 387, 167-178.
- Huttenlocher, P. R., De Courten, C., Garey, L. J. & Van Der Loos, H. (1983). Synaptic development in human cerebral cortex. *International Journal of Neurology*, 16–17, 144-154.
- Hynes, C. A., Baird, A. A. & Grafton, S. T. (2006). Differential role of the orbital frontal lobe in emotional versus cognitive perspective-taking. *Neuropsychologia*, 44, 374-383.
- Iacoboni, M. & Mazziotta, J. C. (2007). Mirror neuron system: basic findings and clinical applications. *Ann. Neurol.*, 62, 213-218.
- Iacoboni, M., Molnar-Szakacs, I., Gallese, V., Buccino, G., Mazziotta, J. C. & Rizzolatti, G. (2005). Grasping the intentions of others with one's own mirror neuron system. *PLoS Biol.*, 3, 529-535.
- Izard, C. E. (1981). *Die Emotionen des Menschen*. Weinheim: Beltz.
- Izard, C. E. (1997). Emotions and facial expressions: A perspective from Differential Emotions Theory. In J. A Russell & J. M. Fernández-Dols (Hrsg.), *The psychology of facial expression. Studies in emotion and social interaction, 2nd series* (S. 57-77). New York: Cambridge University Press.

- Janke, B. (2002). *Entwicklung des Emotionswissens im Grundschulalter*. Göttingen: Hogrefe.
- Johnson, M. H. (2003). Development of human brain functions. *Biol. Psychiatry*, *54*, 1312-1316.
- Johnson, M. H. & Munakata, Y. (2005). Processes of change in brain and cognitive development. *Trends Cogn. Sci.*, *9*, 152-158.
- Karniol, R. (1978). Children's use of intention cues in evaluating behavior. *Psychological Bulletin*, *85*, 76-85.
- Kedia, G., Berthoz, S., Wessa, M., Hilton, D. & Martinot, J. L. (2008). An agent harms a victim: a functional magnetic resonance imaging study on specific moral emotions. *J. Cogn. Neurosci.*, *20*, 1788-1798.
- Keller, M., Edelstein, W., Fang, F.-X., Hong, T. & Schuster, P. (1996). The role of culture in the attribution of moral feelings. *23rd annual conference of the Association for Moral Education*, Ottawa, Canada.
- Keller, M., Lourenco, O., Malti, T. & Saalbach, H. (2003). The multifaceted phenomenon of 'happy victimizer': a cross-cultural comparison of moral emotions. *Br. J. Dev. Psychol.*, *21*, 1-18.
- Killgore, W. D. S., Oki, M. & Yurgelun-Todd, D. A. (2001). Sex-specific developmental changes in amygdala responses to affective faces. *NeuroReport*, *12*, 427-433.
- Killgore, W. D. & Yurgelun-Todd, D. A. (2004). Sex-related developmental differences in the lateralized activation of the prefrontal cortex and amygdala during perception of facial affect. *Percept. Mot. Skills.*, *99*, 371-391.
- Kim, S. (1993). *Children's understanding of emotions in moral transgressions*. Unpublished doctoral dissertation, Yonsei University, Seoul, Korea.
- Kincade, J. M., Abrams, R. A., Astafiev, S. V., Shulman, G. L. & Corbetta, M. (2005). An event-related functional magnetic resonance imaging study of voluntary and stimulus-driven orienting of attention. *J. Neurosci.*, *25*, 4593-4604.
- King, J. E. (1994). *Young children's understanding of attitudes*. Unpublished honor's thesis, Dept. of Psychology, Stanford University, Stanford, CA.
- Knutson, B., Fong, G. W., Bennett, S. M., Adams, C. M. & Hommer, D. (2003). A region of mesial prefrontal cortex tracks monetarily rewarding outcomes: characterization with rapid event-related fMRI. *NeuroImage*, *18*, 263-272.
- Kobayashi, C., Glover, G. H. & Temple, E. (2007). Children's and adults' neural bases of verbal and nonverbal 'theory of mind'. *Neuropsychologia*, *45*, 1522-1532.
- Krettenauer, T. & Eichler, D. (2006). Adolescents' self-attributed moral emotions following a moral transgression: Relations with delinquency, confidence in moral judgment and age. *Br. J. Dev. Psychol.*, *24*, 489-506.
- Krueger, F., Barbey, A. K. & Grafman, J. (2009). The medial prefrontal cortex mediates social event knowledge. *Trends Cogn. Sci.*, *13*, 103-109.

- Lagattuta, K. (2005). When you shouldn't do what you want to do: Young children's understanding of desires, rules, and emotions. *Child Dev.*, *76*, 713-733.
- Lagattuta, K. H., Wellman, H. M. & Flavell, J. H. (1997). Preschoolers' understanding of the link between thinking and feeling: Cognitive cuing and emotional change. *Child Dev.*, *68*, 1081-1104.
- Lang, P. J., Bradley, M. M. & Cuthbert, B. N. (1995). *International Affective Picture System (IAPS): Technical manual and affective ratings*. Gainesville, FL: NIMH Center for the Study of Emotion and Attention (CSEA), University of Florida.
- Lau, H. C., Rogers, R. D., Haggard, P. & Passingham, R. E. (2004). Attention to intention. *Science*, *303*, 1208-1210.
- Legerstee, M. (1991). The role of person and object in eliciting early imitation. *J. Exp. Child Psychol.*, *51*, 423-433.
- Legerstee, M. (1992). A review of the animate-inanimate distinction in infancy: implications for models of social and cognitive knowing. *Early Development and Parenting*, *1*, 59-67.
- Leslie, A. M. (1987). Pretense and representation: The origins of 'theory of mind'. *Psychological Review*, *94*, 412-426.
- Leslie, A. M. (1994). Pretending and believing: issues in the theory of ToMM. *Cognition*, *50*, 211-238.
- Lourenco, O. (1997). Children's attributions of moral emotions to victimizers: Some data, doubts and suggestions. *Br. J. Dev. Psychol.*, *15*, 425-438.
- Maguire, E. A., Mummery, C. J. & Büchel, C. (2000). Patterns of hippocampal-cortical interaction dissociate temporal lobe memory subsystems. *Hippocampus*, *10*, 475-482.
- Malle, B. F. & Knobe, J. (2001). The distinction between desire and intention: A folk-conceptual analysis. In B. F. Malle, L. J. Moses & D. A. Baldwin (Hrsg.), *Intentions and intentionality: Foundations of social cognition*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Mars, R. B., Piekema, C., Coles, M. G., Hulsijn, W. & Toni, I. (2007). On the programming and reprogramming of actions. *Cereb. Cortex*, *17*, 2972-2979.
- Martin, A. & Weisberg, J. (2003). Neural Foundations For Understanding Social And Mechanical Concepts. *Cogn. Neuropsychol.*, *20*, 575-587.
- Maurer, D. & Barrera, M. E. (1981). Infants' perception of natural and distorted arrangements of a schematic face. *Child Dev.*, *52*, 196-202.
- McCabe, K., Houser, D., Ryan, L., Smith, V. & Trouard, T. (2001). A functional imaging study of cooperation in two-person reciprocal exchange. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, *98*, 11832-11835.
- McClure, S. M., Laibson, D. I., Loewenstein, G. & Cohen, J. D. (2004). Separate neural systems value immediate and delayed monetary rewards. *Science*, *306*, 503-507.

- McGivern, R. F., Andersen, J., Byrd, D., Mutter, K. L. & Reilly, J. (2002). Cognitive efficiency on a match to sample task decreases at the onset of puberty in children. *Brain Cogn.*, *50*, 73-89
- Meltzoff, A. N. (1995). Understanding the intentions of others: Re-enactment of intended acts by 18-month-old children. *Dev. Psychol.*, *31*, 838-850.
- Meltzoff, A. N. & Moore, M. K. (1977). Imitation of facial and manual gestures by human neonates. *Science*, *198*, 74-78.
- Michalson, L. & Lewis, M. (1985). What do children know about emotions and when do they know it. In M. Lewis & C. Saarni (Hrsg.), *The socialization of emotions* (S. 117-139). New York: Plenum Press.
- Mitchell, J. P. (2008). Activity in right temporo-parietal junction is not selective for theory of-mind. *Cereb. Cortex*, *18*, 262-271.
- Mitchell, J. P., Banaji, M. R. & Macrae, C. N. (2005). The link between social cognition and self-referential thought in the medial prefrontal cortex. *J. Cogn. Neurosci.*, *17*, 1306-1315.
- Mitchell, J. P., Macrae, C. N. & Banaji, M. R. (2006). Dissociable medial prefrontal contributions to judgments of similar and dissimilar others. *Neuron*, *50*, 655-663.
- Molenberghs, P., Cunnington, R. & Mattingley, J. B. (2009). Is the mirror neuron system involved in imitation? A short review and meta-analysis. *Neurosci. Biobehav. Rev.*, *33*, 975-980.
- Moll, J., de Oliveira-Souza, R., Bramati, I. E. & Grafman, J. (2002a). Functional networks in emotional moral and nonmoral social judgments. *NeuroImage*, *16*, 696-703.
- Moll, J., de Oliveira-Souza, R., Eslinger, P. J., Bramati, I. E., Mourao-Miranda, J., Andreiuolo, P. A. et al. (2002b). The neural correlates of moral sensitivity: a functional magnetic resonance imaging investigation of basic and moral emotions. *J. Neurosci.*, *22*, 2730-2736.
- Moll, J., Zahn, R., de Oliveira-Souza, R., Krueger, F. & Grafman, J. (2005). Opinion: the neural basis of human moral cognition. *Nat. Rev. Neurosci.*, *6*, 799-809.
- Monk, C. S., McClure, E. B., Nelson, E. E., Zarahn, E., Bilder, R. M., Leibenluft, E. et al. (2003). Adolescent immaturity in attention-related brain engagement to emotional facial expressions. *NeuroImage*, *20*, 420-428.
- Moriguchi, Y., Ohnishi, T., Mori, T., Matsuda, H. & Komaki, G. (2007). Changes of brain activity in the neural substrates for theory of mind during childhood and adolescence. *Psychiatry Clin. Neurosci.*, *61*, 355-363.
- Mosconi, M. W., Mack, P. B., McCarthy, G. & Pelphrey, K. A. (2005). Taking an "intentional stance" on eye-gaze shifts: A functional neuroimaging study of social perception in children. *NeuroImage*, *27*, 247-252.
- Moses, L. J., Baldwin, D. A., Rosicky, J. G. & Tidball, G. (2001). Evidence for referential understanding in the emotions domain at 12 and 18 months. *Child Dev.*, *72*, 718-735.

- Mostofsky, S. H. & Simmonds, D. J. (2008). Response inhibition and response selection: two sides of the same coin. *J. Cogn. Neurosci.*, 20, 751-761.
- Mumme, D. L., Fernald, A. & Herrera, C. (1996). Infants' responses to facial and vocal emotional signals in a social referencing paradigm. *Child Dev.*, 67, 3219-3237.
- Murgatroyd, S. J. & Robinson, E. J. (1993). Children's judgment of emotion following moral transgression. *Int. J. Behav. Dev.*, 16, 93-111.
- Murgatroyd, S. J. & Robinson, E. J. (1997). Children's and Adults' Attributions of Emotion to a Wrongdoer: The Influence of the Onlooker's Reaction. *Cogn. Emot.*, 11, 83-101.
- Nakamura, K., Kawashima, R., Ito, K., Sugiura, M., Kato, T., Nakamura, A. et al. (1999). Activation of the right inferior frontal cortex during assessment of facial emotion. *J. Neurophysiol.*, 82, 1610-1614.
- Nunner-Winkler, G. (1999). Development of Moral Understanding and Moral Motivation. In F. E. Weinert & W. Schneider (Hrsg.), *Individual development from 3 to 12. Findings from the Munich Longitudinal Study*, S. 253-290. New York: Cambridge University Press.
- Nunner-Winkler, G. & Sodian, B. (1988). Children's understanding of moral emotions. *Child Dev.*, 59, 1323-1338.
- Ochsner, K. N., Knierim, K., Ludlow, D. H., Hanelin, J., Ramachandran, T., Glover, G. et al. (2004). Reflecting upon feelings: an fMRI study of neural systems supporting the attribution of emotion to self and other. *J. Cogn. Neurosci.*, 16, 1746-1772.
- Ohnishi, T., Moriguchi, Y., Matsuda, H., Mori, T., Hirakata, M., Imabayashi, E. et al. (2004). The neural network for the mirror system and mentalizing in normally developed children: an fMRI study. *NeuroReport*, 15, 1483-1487.
- Olsson, A. & Ochsner, K. N. (2008). The role of social cognition in emotion. *Trends Cogn. Sci.*, 12, 65-71.
- Onishi, K. & Baillargeon, R. (2005). Do 15-month-old infants understand false beliefs? *Science*, 308, 255-258.
- Owen, A. M., Evans, A. C. & Petrides, M. (1996). Evidence for a two-stage model of spatial working memory processing within the lateral frontal cortex: a positron emission tomography study. *Cereb. Cortex*, 6, 31-38.
- Owen, A. M., McMillan, K. M., Laird, A. R. & Bullmore, E. (2005). N-back working memory paradigm: a meta-analysis of normative functional neuroimaging studies. *Human Brain Mapping*, 25, 46-59.
- Pakkenberg, B. & Gundersen, H. J. (1997). Neocortical neuron number in humans: effect of sex and age. *J. Comp. Neurol.*, 384, 312-320.
- Parker, J. G., Rubin, K. H., Erath, S. A., Wojslawowicz, J. C. & Buskirk, A. A. (2006). Peer relationships, child development, and adjustment: A developmental psychopathology perspective. In D. Cicchetti & D. J. Cohen (Hrsg.), *Developmental psychopathology: Vol. 1: Theory and methods* (2nd edition, S. 96-161). New York: Wiley.

- Paulesu, E., Frith, C. D. & Frackowiak, R. S. (1993). The neural correlates of the verbal component of working memory. *Nature*, *362*, 342-345.
- Paulesu, E., Sambugaro, E., Torti, T., Danelli, L., Ferri, F., Scialfa, G. et al. (2010). Neural correlates of worry in generalized anxiety disorder and in normal controls: a functional MRI study. *Psychol. Med.*, *40*, 117-124.
- Paus, T. (2005). Mapping brain maturation and cognitive development during adolescence. *Trends Cogn. Sci.*, *9*, 60-68.
- Paus, T., Evans, A. C. & Rapoport, J. L. (1999). Brain development during childhood and adolescence: A longitudinal MRI study. *Nat. Neurosci.*, *2*, 861-863.
- Paus, T., Zijdenbos, A., Worsley, K., Collins, D. L., Blumenthal, J., Giedd, J. N. et al. (1999). Structural maturation of neural pathways in children and adolescents: In vivo study. *Science*, *283*, 1908-1911.
- Pelphrey, K. A., Singerman, J. D., Allison, T. & McCarthy, G. (2003). Brain activation evoked by perception of gaze shifts: the influence of context. *Neuropsychologia*, *41*, 156-170.
- Perner, J. (1991). *Understanding the representational mind*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
- Perner, J. (2000). About + belief + counterfactual. In P. Mitchell & K. L. Riggs (Hrsg.), *Children's reasoning and the mind* (S. 367-401). Hove: Psychology Press.
- Perner, J., Aichhorn, M., Kronbichler, M., Staffen, W. & Ladurner, G. (2006). Thinking of mental and other representations: the roles of left and right temporoparietal junction. *Soc. Neurosci.*, *1*, 245-258.
- Petrides, M. (2005). Lateral prefrontal cortex: architectonic and functional organization. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.*, *360*, 781-795.
- Pfeifer, J. H., Lieberman, M. D. & Dapretto, M. (2007). "I know you are but what am I?": neural bases of self- and social knowledge retrieval in children and adults. *J. Cogn. Neurosci.*, *19*, 1323-1337.
- Phan, K. L., Wager, T., Taylor, S. F. & Liberzon, I. (2002). Functional neuroanatomy of emotion: a meta-analysis of emotion activation studies in PET and fMRI. *NeuroImage*, *16*, 331-348.
- Phillips, M. L., Bullmore, E. T., Howard, R., Woodruff, P. W., Wright, I. C., Williams, S. C. et al. (1998). Investigation of facial recognition memory and happy and sad facial expression perception: an fMRI study. *Psychiatry Res.*, *83*, 127-138.
- Picard, N. & Strick, P. L. (2001). Imaging the premotor areas. *Curr. Opin. Neurobiol.*, *11*, 663-672.
- Plutchik, R. (1994). *The psychology and biology of emotion*. New York: HarperCollins College Publishers.
- Premack, D. & Woodruff, G. (1978). Does the chimpanzee have a theory of mind? *Behav. Brain Sci.*, 515-526.

- Puce, A. & Perrett, D. (2003). Electrophysiology and brain imaging of biological motion. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.*, 358, 435-445.
- Reddy, V. (2001). Mind knowledge in the first year: Understanding attention and intention. In G. Bremner & A. Fogel (Hrsg.), *Blackwell handbook of infant development* (S. 241-267). Oxford, UK: Blackwell.
- Reiss, A. L., Abrams, M. T., Singer, H. S., Ross, J. L. & Denckla, M. B. (1996). Brain development, gender and IQ in children. A volumetric imaging study. *Brain*, 119, 1763-1774.
- Repacholi, B. M. & Gopnik, A. (1997). Early reasoning about desires: Evidence from 14- and 18-month-olds. *Dev. Psychol.*, 33, 12-21.
- Rilling, J. K., Sanfey, A. G., Aronson, J. A., Nystrom, L. E. & Cohen, J. D. (2004). The neural correlates of theory of mind within interpersonal interactions. *NeuroImage*, 22, 1694-1703.
- Rizzolatti, G., Fadiga, L., Gallese, V. & Fogassi, L. (1996). Premotor cortex and the recognition of motor actions. *Brain Res. Cogn. Brain Res.*, 3, 131-141.
- Rizzolatti, G. & Sinigaglia, C. (2007). Mirror neurons and motor intentionality. *Funct. Neurol.*, 22, 205-210.
- Romeo, R. D. (2003). Puberty: a period of both organizational and activational effects of steroid hormones on neurobehavioural development. *J. Neuroendocrinol.*, 15, 1185-1192.
- Ross, L. A. & Olson, I. R. (2010). Social cognition and the anterior temporal lobes. *NeuroImage*, 49, 3452-3462.
- Rowe, A. D., Bullock, P. R., Polkey, C. E. & Morris, R. G. (2001). "Theory of mind" impairments and their relationship to executive functioning following frontal lobe excisions. *Brain*, 124, 600-616.
- Rubia, K., Overmeyer, S., Taylor, E., Brammer, M., Williams, S. C., Simmons, A. et al. (2000). Functional frontalisation with age: mapping neurodevelopmental trajectories with fMRI. *Neurosci. Biobehav. Rev.*, 24, 13-19.
- Ruby, P. & Decety, J. (2001). Effect of subjective perspective taking during simulation of action: a PET investigation of agency. *Nat. Neurosci.*, 4, 546-550.
- Ruby, P. & Decety, J. (2003). What you believe versus what you think they believe: a neuroimaging study of conceptual perspective-taking. *Eur. J. Neurosci.*, 17, 2475-2480.
- 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. *J. Cogn. Neurosci.*, 16, 988-999.
- Saarni, C., Mumme, D. & Campos, J. J. (1998). Emotional development: Action, communication, and understanding. In W. Damon & N. Eisenberg (Hrsg.), *Handbook of child psychology: Vol. 3. Social, emotional, and personality development* (5th edition, S. 237-311). New York: Wiley.

- Samson, D., Apperly, I. A., Chiavarino, C. & Humphreys, G. W. (2004). Left temporoparietal junction is necessary for representing someone else's belief. *Nat. Neurosci.*, 7, 499-500.
- 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. *Schizophr. Res.*, 25, 199-209.
- Saxe, R., Carey, S. & Kanwisher, N. (2004). Understanding other minds: linking developmental psychology and functional neuroimaging. *Annu. Rev. Psychol.*, 55, 87-124.
- Saxe, R. & Kanwisher, N. (2003). People thinking about thinking people. The role of the temporo-parietal junction in "theory of mind". *NeuroImage*, 19, 1835-1842.
- Saxe, R. & Powell, L. J. (2006). It's the thought that counts: specific brain regions for one component of theory of mind. *Psychol. Sci.*, 17, 692-699.
- Saxe, R., Schulz, L. E. & Jiang, Y. V. (2006). Reading minds versus following rules: dissociating theory of mind and executive control in the brain. *Soc. Neurosci.*, 1, 284-298.
- Saxe, R. & Wexler, A. (2005). Making sense of another mind: The role of the right temporo-parietal junction. *Neuropsychologia*, 43, 1391-1399.
- Saxe, R., Whitfield-Gabrieli, S., Scholz, J. & Pelphrey, K. A. (2009). Brain regions for perceiving and reasoning about other people in school-aged children. *Child Dev.*, 80, 1197-1209.
- Saxe, R., Xiao, D. K., Kovacs, G., Perrett, D. I. & Kanwisher, N. (2004). A region of right posterior superior temporal sulcus responds to observed intentional actions. *Neuropsychologia*, 42, 1435-1446.
- Schaich, B. J., Hynes, C., Van Horn, H. J., Grafton, S. & Sinnott-Armstrong, W. (2006). Consequences, action, and intention as factors in moral judgments: an fMRI investigation. *J. Cogn. Neurosci.*, 18, 803-817.
- Schult, C. A. (2002). Children's understanding of the distinction between intentions and desires. *Child Dev.*, 73, 1727-1747.
- Schulte-Rüther, M., Markowitsch, H. J., Fink, G. R. & Piefke, M. (2007). Mirror neuron and theory of mind mechanisms involved in face-to-face interactions: a functional magnetic resonance imaging approach to empathy. *J. Cogn. Neurosci.*, 19, 1354-1372.
- Schultz, R. T. (2005). Developmental deficits in social perception in autism: the role of the amygdala and fusiform face area. *Int. J. Dev. Neurosci.*, 23, 125-141.
- Searle, J. R. (1983). *Intentionality: An essay in the philosophy of mind*. Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Shaw, P., Kabani, N. J., Lerch, J. P., Eckstrand, K., Lenroot, R., Gogtay, N. et al. (2008). Neurodevelopmental trajectories of the human cerebral cortex. *J. Neurosci.*, 28, 3586-3594.

- Shin, L. M., Dougherty, D. D., Orr, S. P., Pitman, R. K., Lasko, M., Macklin, M. L. et al. (2000). Activation of anterior paralimbic structures during guilt-related script-driven imagery. *Biol. Psychiatry*, *48*, 43-50.
- Shin, L. M., Kosslyn, S. M., McNally, R. J., Alpert, N. M., Thompson, W. L., Rauch, S. L. et al. (1997). Visual imagery and perception in posttraumatic stress disorder. A positron emission tomographic investigation. *Arch. Gen. Psychiatry*, *54*, 233-241.
- Simmonds, D. J., Fotedar, S. G., Suskauer, S. J., Pekar, J. J., Denckla, M. B. & Mostofsky, S. H. (2007). Functional brain correlates of response time variability in children. *Neuropsychologia*, *45*, 2147-2157.
- Singer, T., Seymour, B., O'Doherty, J., Kaube, H., Dolan, R. J. & Frith, C. D. (2004). Empathy for pain involves the affective but not sensory components of pain. *Science*, *303*, 1157-1162.
- Sodian, B. (1991). The development of deception in young children. *Br. J. Dev. Psychol.*, *9*, 173-188.
- Sodian, B. & Frith, U. (1992). Deception and sabotage in autistic, retarded and normal children. *J. Child Psychol. Psychiatry*, *33*, 591-605.
- Sodian, B., Hülshen, C. & Thoermer, C. (1999). Young children's understanding of deception. *Enfance*, *51*, 215-224.
- Sodian, B., Schöppner, B. & Metz, U. (2004). Do infants apply the principle of rational action to human agents? *Infant Behavior and Development*, *27*, 31-41.
- Sodian, B. & Thoermer, C. (2006). Theory of Mind. In W. Schneider & B. Sodian (Hrsg.), *Enzyklopädie der Psychologie, Serie V: Entwicklung, Band 2: Kognitive Entwicklung* (S. 495-608). Göttingen: Hogrefe.
- Sodian, B. & Thoermer, C. (2008). Precursors to a theory of mind in infancy: perspectives for research on autism. *Q. J. Exp. Psychol. (Colchester.)*, *61*, 27-39.
- Sokol, B. (2004). *Children's conceptions of agency and morality: Making sense of the happy victimizer phenomenon*. The University of British Columbia.
- Sokol, B. & Chandler, M. J. (2004). The relation between children's developing theories of mind and the happy victimizer phenomenon. In Ghent, Belgium.
- Sommer, M., Döhnell, K., Sodian, B., Meinhardt, J., Thoermer, C. & Hajak, G. (2007). Neural correlates of true and false belief reasoning. *NeuroImage*, *35*, 1378-1384.
- Sorce, J. F., Emde, R. N., Campos, J. J. & Klinnert, M. D. (1985). Maternal emotional signaling: Its effects on the visual cliff behavior of 1-year-olds. *Dev. Psychol.*, *21*, 195-200.
- Sowell, E. R., Peterson, B. S., Thompson, P. M., Welcome, S. E., Henkenius, A. L. & Toga, A. W. (2003). Mapping cortical change across the human life span. *Nat. Neurosci.*, *6*, 309-315.
- Sowell, E. R., Thompson, P. M., Leonard, C. M., Welcome, S. E., Kan, E. & Toga, A. W. (2004). Longitudinal mapping of cortical thickness and brain growth in normal children. *J. Neurosci.*, *24*, 8223-8231.

- Sowell, E. R., Thompson, P. M., Tessner, K. D. & Toga, A. W. (2001). Mapping continued brain growth and gray matter density reduction in dorsal frontal cortex: Inverse relationships during postadolescent brain maturation. *J. Neurosci.*, *21*, 8819-8829.
- Steinberg, L. (2005). Cognitive and affective development in adolescence. *Trends Cogn. Sci.*, *9*, 69-74.
- Stewart, R. B. & Marvin, R. S. (1984). Sibling relations: The role of conceptual perspective-taking in the ontogeny of sibling caregiving. *Child Dev.*, *55*, 1322-1332.
- Strayer, J. (1986). Children's attributions regarding the situational determinants of emotion in self and others. *Dev. Psychol.*, *22*, 649-654.
- Striano, T., & Bertin, E. (2005). Coordinated affect with mother and stranger: A longitudinal analysis of joint engagement between 5 and 9 months. *Cogn. Emot.*, *19*, 781-790.
- Stuss, D. T., Gallup, G. G., Jr. & Alexander, M. P. (2001). The frontal lobes are necessary for 'theory of mind'. *Brain*, *124*, 279-286.
- Sullivan, K., Zaitchik, D. & Tager-Flusberg, H. (1994). Preschoolers can attribute secondorder beliefs. *Dev. Psychol.*, *30*, 395-402.
- Takahashi, H., Yahata, N., Koeda, M., Matsuda, T., Asai, K. & Okubo, Y. (2004). Brain activation associated with evaluative processes of guilt and embarrassment: an fMRI study. *NeuroImage*, *23*, 967-974.
- Tavares, P., Lawrence, A. D. & Barnard, P. J. (2008). Paying attention to social meaning: an FMRI study. *Cereb. Cortex*, *18*, 1876-1885.
- Terwogt, M. M., Koops, W., Oosterhoff, T. & Olthof, T. (1986). Development in processing of multiple emotional situations. *Journal of General Psychology*, *11*, 109-121.
- Thompson, R. A. (1987). Development of children's inferences of the emotions of others. *Dev. Psychol.*, *23*, 124-131.
- Thompson, R. A. (1989). Causal attributions and children's emotional understanding. In C. Saarni & P. L. Harris (Hrsg.), *Children's Understanding of Emotions*. New York: Cambridge University Press.
- Thompson, P. M., Giedd, J. N., Woods, R. P., MacDonald, D., Evans, A. C. & Toga, A. W. (2000). Growth patterns in the developing brain detected by using continuum mechanical tensor maps. *Nature*, *404*, 190-193.
- Tilden, J., Poulin-Dubois, D. & Desroches, J. (1997). *Young children's understanding of the role of desires in human actions and emotional reactions*. Unpublished raw data, Centre for Research in Human Development, Concordia University.
- Tomasello, M. (1998). Uniquely primate, uniquely human. *Developmental Science*, *1*, 1-30.
- Tomasello, M. (1999). Having intentions, understanding intentions, and understanding communicative intentions. In P. D. Zelazo, J. W. Astington & D. R. Olson (Hrsg.), *Developing theories of intention* (S. 63-75). Mahwah, NJ: Erlbaum.

- Trabasso, T., Stein, N. L. & Johnson, L. R. (1981). Children's knowledge of events: A causal analysis of story structure. In G. Bower (Hrsg.), *Learning and Motivation*, Vol. 15. New York: Academic Press.
- Tremblay, P. & Gracco, V. L. (2009). Contribution of the pre-SMA to the production of words and non-speech oral motor gestures, as revealed by repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS). *Brain Res.*, 1268, 112-124.
- Tsujiimoto, S. (2008). The prefrontal cortex: functional neural development during early childhood. *Neuroscientist*, 14, 345-358.
- van den Bos, W., McClure, S. M., Harris, L. T., Fiske, S. T. & Cohen, J. D. (2007). Dissociating affective evaluation and social cognitive processes in the ventral medial prefrontal cortex. *Cogn. Affect. Behav. Neurosci.*, 7, 337-346.
- Vanderwal, T., Hunyadi, E., Grupe, D. W., Connors, C. M. & Schultz, R. T. (2008). Self, mother and abstract other: an fMRI study of reflective social processing. *NeuroImage*, 41, 1437-1446.
- Völlm, B. A., Taylor, A. N., Richardson, P., Corcoran, R., Stirling, J., McKie, S. et al. (2006). Neuronal correlates of theory of mind and empathy: a functional magnetic resonance imaging study in a nonverbal task. *NeuroImage*, 29, 90-98.
- Vogeley, K., Bussfeld, P., Newen, A., Herrmann, S., Happe, F., Falkai, P. et al. (2001). Mind reading: neural mechanisms of theory of mind and self-perspective. *NeuroImage*, 14, 170-181.
- Vogeley, K. & Fink, G. R. (2003). Neural correlates of the first-person-perspective. *Trends Cogn. Sci.*, 7, 38-42.
- Walker-Andrews, A. S. (1986). Intermodal perception of expressive behaviours: Relation of eye and voice? *Dev. Psychol.*, 22, 373-377.
- Walker-Andrews, A. S. (1997). Infants' perception of expressive behaviors: Differentiation of multimodal information. *Psychological Bulletin*, 121, 437-456.
- Walter, H., Adenzato, M., Ciaramidaro, A., Enrici, I., Pia, L. & Bara, B. G. (2004). Understanding intentions in social interaction: the role of the anterior paracingulate cortex. *J. Cogn. Neurosci.*, 16, 1854-1863.
- Wang, A. T., Dapretto, M., Hariri, A. R., Sigman, M. & Bookheimer, S. Y. (2004). Neural correlates of facial affect processing in children and adolescents with autism spectrum disorder. *J. Am. Acad. Child. Adolesc. Psychiatry*, 43, 481-490.
- Wang, A. T., Lee, S. S., Sigman, M. & Dapretto, M. (2006a). Developmental changes in the neural basis of interpreting communicative intent. *Soc. Cogn. Affect. Neurosci.*, 1, 107-121.
- Wang, A. T., Lee, S. S., Sigman, M. & Dapretto, M. (2006b). Neural basis of irony comprehension in children with autism: the role of prosody and context. *Brain*, 129, 932-943.
- Weiner, B. (1986). *An attributional theory of emotion and motivation*. New York: Springer.

- Weiner, B., Graham, S. & Chandler, C. (1982). Pity, anger, and guilt: An attributional analysis. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 8, 226-232.
- Weiner, B., Graham, S., Stern, P. & Lawson, M. E. (1982). Using affective cues to infer causal thoughts. *Dev. Psychol.*, 18, 278-286.
- Weiss, R. H. (1989). Grundintelligenztest Skala 2 (CFT 20). Göttingen: Hogrefe.
- Wellman, H. M. (1990). *The child's theory of mind*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
- Wellman, H. M. & Banerjee, M. (1991). Mind and emotion: Children's understanding of the emotional consequences of beliefs and desires. *Br. J. Dev. Psychol.*, 9, 191-214.
- Wellman, H. M., Cross, D. & Watson, J. (2001). Meta-analysis of theory-of-mind development: the truth about false belief. *Child Dev.*, 72, 655-684.
- Wellman, H. M., Harris, P. L., Banerjee, M. & Sinclair, A. (1995). Early understanding of emotion: Evidence from natural language. *Cogn. Emot.*, 9, 117-149.
- Wellman, H. M. & Woolley, J. D. (1990). From simple desires to ordinary beliefs: the early development of everyday psychology. *Cognition*, 35, 245-275.
- Wicker, B., Perrett, D. I., Baron-Cohen, S. & Decety, J. (2003). Being the target of another's emotion: a PET study. *Neuropsychologia*, 41, 139-146.
- Wiersma, N. & Laupa, M. (2000). Young children's conceptions of the emotional consequences of varied social events. *Merill-Palmer Quarterly*, 46, 325-341.
- 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.
- Woodward, A. L. (1998). Infants selectively encode the goal object of an actor's reach. *Cognition*, 69, 1-34.
- Woodward, A. L. (2003). Infants' developing understanding of the link between looker and object. *Developmental Science*, 6, 297-311.
- Woodward, A. L. & Guajardo, J. J. (2002). Infants' understanding of the point gesture as an object-directed action. *Cognitive Development*, 17, 1061-1084.
- Woodward, A. L. & Sommerville, J. A. (2000). Twelve-month-old infants interpret action in context. *Psychol. Sci.*, 11, 73-77.
- Yakovlev, P. A. & Lecours, I. R. (1967). The myelogenetic cycles of regional maturation of the brain. In A. Minkowski (Hrsg.), *Regional development of the brain in early life* (S. 3-70). Oxford: Blackwell
- Young, L., Cushman, F., Hauser, M. & Saxe, R. (2007). The neural basis of the interaction between theory of mind and moral judgment. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 104, 8235-8240.
- Young, L. & Saxe, R. (2008). The neural basis of belief encoding and integration in moral judgment. *NeuroImage*, 40, 1912-1920.

- Young, L. & Saxe, R. (2009a). An fMRI investigation of spontaneous mental state inference for moral judgment. *J. Cogn. Neurosci.*, *21*, 1396-1405.
- Young, L. & Saxe, R. (2009b). Innocent intentions: a correlation between forgiveness for accidental harm and neural activity. *Neuropsychologia*, *47*, 2065-2072.
- Yuill, N. (1984). Young children's coordination of motive and outcome in judgements of satisfaction and morality. *Br. J. Dev. Psychol.*, *2*, 73-81.
- 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. *Br. J. Dev. Psychol.*, *14*, 457-475.
- Yurgelun-Todd, D. A. (2007). Emotional and cognitive changes during adolescence. *Curr. Opin. Neurobiol.*, *17*, 251-257.
- Yurgelun-Todd, D. A. & Killgore, W. D. (2006). Fear-related activity in the prefrontal cortex increases with age during adolescence: a preliminary fMRI study. *Neurosci. Lett.*, *406*, 194-199.
- Zecevic, N. & Rakic, P. (2001). Development of layer I neurons in the primate cerebral cortex. *J. Neurosci.*, *21*, 5607-5619.
- Zelazo, P. D., Helwig, C. C. & Lau, A. (1996). Intention, act, and outcome in behavioral prediction and moral judgment. *Child Dev.*, *67*, 2478-2492.

13 ANHANG

Anhang A

Anhang A 1:

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

Anhang A 2:



**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 10jähriger Anwendung sind bislang keine schädigenden Wirkungen bekannt geworden. Kontrastmittel werden nicht gespritzt.

Untersuchungsablauf:

Die Untersuchung wird mit einem 3 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. 23 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

Anhang A 3:

STAMMDATEN

Datum: _____

Studiennr.: _____ Von wem erhoben: _____

Name: _____ Vorname: _____ Geb. Dat.: _____

Geschlecht: weiblich männlich

Händigkeit: rechts links beides

Familienstand: ledig
 in Partnerschaft lebend
 verheiratet
 geschieden
 verwitwet

Schulbildung: Hauptschule
 Realschule
 (Fach-) Abitur
 (Fach-) Hochschule
 kein Abschluss
 Keine Angabe

Beruf: in Ausbildung
 berufstätig
 Arbeitslos
 Berentet
 Keine Angabe

Ausbildungszeit insgesamt in Jahren (Schulzeit + Berufsausbildung bzw. Studium):

Sind Mitglieder Ihrer Familie schon einmal in psychiatrischer Behandlung gewesen?

- Großeltern, wenn ja warum: _____
- Onkel / Tanten, wenn ja warum: _____
- Eltern, wenn ja warum: _____
- Geschwister, wenn ja warum: _____

Beteiligung an anderen Studien: _____

Anhang A 4:

*Liebe Versuchsperson,
das vorliegende Experiment beschäftigt sich mit Fragen der sozialen Wahrnehmung.
Ihnen werden hierzu kurze Bildergeschichten gezeigt, in denen stets drei Kinder mit
einem Gegenstand spielen.*

Abbildung von Bild 1 und Bild 2 einer Bildergeschichte der Bedingung *neutral erfüllt*

*Nach dieser Bildergeschichte sollen Sie darüber nachdenken, wie sich das Kind in
Bezug auf die Erfüllung seines Wunsches fühlt.*

Abbildung von Bild 3 der entsprechenden Bildergeschichte

*Bitte versuchen Sie, sich bei dieser Frage so stark wie möglich in das betreffende Kind
hinein zu versetzen!
Danach erscheint ein Bild mit einem negativen und einem positiven Gesicht. Diese
wechseln in ihrer Position.*

Abbildung eines Antwortbildes mit den beiden stilisierten Clipart-Gesichtern

*Wenn Sie nun z.B. denken, dass das Kind sich positiv fühlt, drücken Sie diejenige der
zwei möglichen Tasten der Tastatur, die der Position des positiven Gesichts entspricht
(hier: linke Taste). Wenn Sie denken, dass das Kind sich negativ fühlt drücken Sie in
diesem Beispiel die rechte Taste.*

Äquivalente Instruktion für die übrigen Experimentalbedingungen

In anderen Bildergeschichten spielen die Kinder ebenfalls mit einem Gegenstand.

Abbildung von Bild 1 und Bild 2 einer Bildergeschichte der Realitätsbedingung

Nach diesen Bildergeschichten sollen Sie darüber nachdenken, womit das Kind spielt.

Abbildung von Bild 3 der entsprechenden Bildergeschichte

*Bitte versuchen Sie, sich bei dieser Frage so stark wie möglich auf die Frage zu
konzentrieren!
Danach erscheint ein Bild mit zwei Gegenständen.*

Abbildung eines Antwortbildes mit den beiden Spielzeualternativen

*Drücken Sie diejenige Taste der zwei möglichen Tasten der Tastatur, die für die
Position des gesuchten Gegenstandes steht, mit dem das Kind spielt.
In diesem Beispiel drücken Sie die rechte Taste, da das Kind mit einem Ball spielt.*

*Versuchen Sie bitte während des gesamten Experiments, die Fragen so genau und so
schnell wie möglich zu beantworten. Ihre Antworten im Experiment werden zur
späteren Auswertung aufgezeichnet.*

***Versuchen Sie besonders, wenn nach dem Gefühl eines Kindes gefragt wird,
sich so gut wie möglich in das jeweilige Kind hinein zu versetzen.***

*Sie können das Experiment jederzeit ohne Nennung von Gründen unterbrechen.
Haben Sie jetzt noch Fragen?*

Anhang A 5:


**Med. Einrichtungen des
Bezirks Oberpfalz GmbH**

 Klinik und Poliklinik für Psychiatrie,
 Psychosomatik und Psychotherapie
 der Universität Regensburg


Ärztlicher Direktor: Prof. Dr. Helmfried E. Klein

Auskunft erteilt:	Dr. Monika Sommer
Telefon:	0941 / 941-0
Durchwahl:	0941 / 941-9412050
Telefax:	0941 / 941-9412065
E-Mail:	monika.sommer@medbo.de
Internet	www.medbo.de

Datum:

Einwilligungserklärung

des/der Sorgeberechtigten bzw. des Kindes/Jugendlichen zur klinischen Studie zur Durchführung der funktionellen Magnetresonanztherapie

Ich habe die vorstehenden schriftlichen Informationen für Kinder/Jugendliche bzw. Sorgeberechtigte sorgfältig gelesen. Darüber hinaus wurden mir der Zweck dieser Studie und die geplanten Untersuchungen, denen ich mich bzw. sich mein Kind unterziehen soll, genau erklärt. Ich hatte ausreichend Gelegenheit, etwaige Bedenken zu besprechen und Fragen zu stellen. Dabei wurden alle meine Fragen beantwortet.

Durch die Unterzeichnung dieser Einverständniserklärung stimme ich zu, dass ich bzw. mein Kind an der Studie teilnehme/teilnimmt. Ich weiß, dass diese Zustimmung freiwillig ist und jederzeit ohne Angabe von Gründen und ohne Nachteile für meine weitere medizinische Versorgung widerrufen werden kann.

Der Name meines Kindes und andere Identifikationsmerkmale werden durch ein Kennzeichen (z.B. eine Codenummer) ersetzt, so dass eine Zuordnung der Daten zu einer bestimmten Person erschwert wird und nur über weitere Hilfsmittel möglich ist. Die so pseudonymisierten Daten werden ausschließlich zur wissenschaftlichen Auswertung benützt. Der Datenschutz bleibt selbstverständlich gewahrt.

Die gesetzlichen Datenschutzbestimmungen werden eingehalten.

Ich habe eine Kopie der Information für Kinder/Jugendliche sowie der Einwilligungserklärung erhalten.

Name des/**der Sorgeberechtigten** (in Druckbuchstaben)

Ort, Datum

Unterschrift des/der Sorgeberechtigten
(eigenhändig vom Sorgeberechtigten einzutragen)

Name des Kindes/Jugendlichen (in Druckbuchstaben)

Ort, Datum

Unterschrift des Kindes/Jugendlichen
(eigenhändig vom Kind/Jugendlichen einzutragen)

Name der aufklärenden Fachkraft (in Druckbuchstaben)

Ort, Datum

Unterschrift der aufklärenden Fachkraft

Anhang A 6:

LIEBE TEILNEHMERIN, LIEBER TEILNEHMER!

Vielen Dank für Deine Bereitschaft, an unserer Studie teilzunehmen. Hier kannst du noch einmal genau nachlesen, wie die Untersuchung abläuft und worum es geht. Es sollen Bilder von Deinem Gehirn gemacht werden, während Du bestimmte Aufgaben löst. Wir wollen damit herausfinden, welche Regionen in Deinem Gehirn dabei arbeiten. Die Methode, die wir dazu verwenden heißt **„funktionelle Magnetresonanztomographie“ (fMRT)**.

Für die **„funktionelle Magnetresonanztomographie“ (fMRT)** benutzen wir eine besondere Art von Aufnahmegerät, das aussieht wie eine Röhre mit einer Liege darin. Für die Untersuchung musst Du Dich auf diese Liege legen. Dein Kopf wird dabei in eine Art offenen Helm gelegt, mit dem wir die Bilder von Deinem Gehirn aufnehmen. Dabei ist es wichtig, dass Du entspannt und bequem liegst. Damit die Bilder gut werden, kommt es nämlich sehr darauf an, dass Du während der gesamten Untersuchung **ruhig liegst und Dich nicht bewegst**, damit die Bilder nicht verwackeln. Um dies zu erleichtern, wird Dein Kopf noch zusätzlich mit Polstern befestigt, ohne dass es weh tut. Über einen Projektor und einen Spiegel zeigen wir dir die Aufgaben, die du lösen sollst.

Mit der Liege wirst Du dann langsam in die Röhre des Aufnahmegerätes geschoben. Dort befindest Du Dich während der gesamten Untersuchung in einem starken Magnetfeld, das Du aber gar nicht spüren kannst und das auch nicht gefährlich ist. Während die Bilder von Deinem Gehirn aufgenommen werden, macht das Aufnahmegerät klopfende und piepsende Geräusche. Das ist ein bisschen laut, deswegen bekommst Du vor der Untersuchung Ohrenstöpsel von uns. Das Ganze wird ungefähr eine Stunde dauern.

Während der gesamten Untersuchung ist eine Gegensprechanlage eingeschaltet, über die Du mit uns sprechen kannst und über die Du jederzeit gehört wirst, wenn Du etwas sagen möchtest. Zusätzlich bekommst Du einen Ball in die Hand, den Du drücken

kannst, wenn Du meinst, dass etwas nicht in Ordnung ist. Dann bekommen wir ein Signal und können die Untersuchung unterbrechen.

Dein Name und andere Merkmale, an denen man Dich erkennen kann, werden durch ein Kennzeichen (z.B. eine Codenummer) ersetzt, so dass eine Zuordnung der Daten zu Dir als Person erschwert wird und nur über weitere Hilfsmittel möglich ist. Dieses Vorgehen heißt Pseudonymisierung. Diese Daten (d.h. diese pseudonymisierten Daten) werden ausschließlich zur wissenschaftlichen Auswertung benützt. Der Datenschutz bleibt selbstverständlich gewahrt.

Bevor es richtig losgeht, werden Dir die Aufgaben genau erklärt, die Du dann im Aufnahmegerät durchführen sollst. Außerdem üben wir die Aufgaben gemeinsam, damit Du weißt, was Du machen musst. Falls Du dann noch irgendwelche Fragen haben solltest oder Dir sonst noch etwas unklar ist, kannst Du uns gerne jederzeit fragen.

Übrigens: Wenn Du möchtest, kannst Du später von uns ein Bild bekommen, das wir von Deinem Gehirn gemacht haben.

Ich habe diese Informationen verstanden und bin mit der Untersuchung einverstanden.

Datum: _____ **Unterschrift:** _____

Anhang A 7:

AUFKLÄRUNG DES/DER SORGEBERECHTIGTEN ZUR *FUNKTIONELLEN*
MAGNETRESONANZTOMOGRAPHIE

Liebe Eltern,

Ihr Kind hat sich bereit erklärt, an einer klinischen Studie zur „Theory of mind“ teilzunehmen. Diese erklärt die Fähigkeit, sich in andere hineinzusetzen und sein Handeln dementsprechend zu modulieren. Wir wollen herausfinden, welche Gehirnregionen aktiv sind, während die Kinder bestimmte Bildergeschichten betrachten und dabei den Figuren Emotionen zuordnen. Dazu verwenden wir eine Kernspinnuntersuchung (funktionelle Magnetresonanztomographie/ fMRT), mit der Aufnahmen von biologischen Vorgängen in Hirngebieten gemacht werden, die diesen psychischen Vorgängen zugrunde liegen.

Die Aufgaben, die ihr Kind im Kernspin zu lösen hat, werden vorher mit ihm genau besprochen und ausprobiert. Die Untersuchung beruht auf der Wechselwirkung von Magnetfeldern und Radiowellen; es kommen weder Röntgenstrahlen noch Kontrastmittel zur Anwendung. Das Verfahren ist für die Gesundheit Ihres Kindes absolut ungefährlich. Die Magnetröhre des Kernspins ist offen und Ihr Kind hat jederzeit die Möglichkeit über eine Gegensprechanlage Kontakt zu uns aufzunehmen sowie ein Signal auszulösen, falls etwas nicht in Ordnung ist. Das Wohlbefinden Ihres Kindes wird zu jedem Zeitpunkt fachgerecht überwacht. Störend könnten eventuell die Klopfgeräusche des Gerätes sein. Um Ihr Kind davor zu schützen, geben wir ihm für die Dauer der Untersuchung Ohrstöpsel.

Der Name ihres Kindes und andere Identifikationsmerkmale werden durch ein Kennzeichen (z.B. eine Codenummer) ersetzt, so dass eine Zuordnung der Daten zu einer bestimmten Person erschwert wird und nur über weitere Hilfsmittel möglich ist. Die so pseudonymisierten Daten werden ausschließlich zur wissenschaftlichen Auswertung benützt. Der Datenschutz bleibt selbstverständlich gewahrt.

Bitte füllen Sie für Ihr Kind den nachstehenden Fragebogen zu eventuellen Ausschlusskriterien nach bestem Wissen aus! Für Rückfragen stehen wir Ihnen gerne jederzeit zur Verfügung.

- | | | |
|---|-----------------------------|-------------------------------|
| 1. Wurde Ihr Kind an Herz oder Kopf operiert? | ja <input type="checkbox"/> | nein <input type="checkbox"/> |
| 2. Besteht bei Ihrem Kind eine Nierenerkrankung? | ja <input type="checkbox"/> | nein <input type="checkbox"/> |
| 3. Trägt Ihr Kind einen Herzschrittmacher? | ja <input type="checkbox"/> | nein <input type="checkbox"/> |
| 4. Trägt Ihr Kind eine Insulinpumpe? | ja <input type="checkbox"/> | nein <input type="checkbox"/> |
| 5. Trägt Ihr Kind einen Nervenstimulator? | ja <input type="checkbox"/> | nein <input type="checkbox"/> |
| 6. Trägt Ihr Kind ein Hörgerät? | ja <input type="checkbox"/> | nein <input type="checkbox"/> |
| 7. Trägt Ihr Kind andere Implantate, die metallhaltig sein könnten? | ja <input type="checkbox"/> | nein <input type="checkbox"/> |

-
8. Befinden sich im Körper Ihres Kindes Metallteile, z.B. Zahnsplangen, künstliche Gelenke, Gefäßklips, Granatsplitter, Schrauben oder ähnliches? ja nein
9. Trägt Ihr Kind Hautklammern infolge einer Operation? ja nein
10. Hält sich Ihr Kind gelegentlich oder regelmäßig in Räumen auf, in denen Metall verarbeitet wird? ja nein
11. Besitzt Ihr Kind Tätowierungen oder Piercings? ja nein
12. Leidet Ihr Kind unter Platzangst? ja nein
13. Liegt bei Ihrem Kind ein epileptisches Anfallsleiden vor? ja nein

Fragen speziell für Töchter:

14. Trägt Ihre Tochter eine Spirale zur Verhütung? ja nein
15. Besteht die Möglichkeit, dass Ihre Tochter schwanger ist? ja nein

16. SONSTIGE BEMERKUNGEN _____

Falls Sie noch Fragen haben oder Unklarheiten bestehen, können Sie uns jederzeit kontaktieren.

Ich habe diese Informationen verstanden und die Fragen korrekt beantwortet.

Name des/der **Sorgeberechtigten** (in Druckbuchstaben)

Ort, Datum

Unterschrift des/der Sorgeberechtigten
(eigenhändig vom Sorgeberechtigten einzutragen)

Name der aufklärenden **Fachkraft** (in Druckbuchstaben)

Ort, Datum

Unterschrift der aufklärenden Fachkraft

Anhang B

Tabelle B 1: Mittelwerte (*M*) und Standardabweichungen (*SD*) des prozentualen Anteils der während der fMRT-Messung per Tastendruck gewählten dichotomen Antwortalternativen (fröhlich blickendes Clipartgesicht, entspricht *positiv*; traurig blickendes Clipartgesicht, entspricht *negativ*) bei zugrunde liegendem neutralen bzw. unmoralischem Wunsch (Faktor *Wunsch*) und bei Erfüllung bzw. Nichterfüllung des Wunsches (Faktor *Outcome*).

Emotion	<i>Wunsch</i>				<i>Outcome</i>			
	<i>neutral</i>		<i>unmoralisch</i>		<i>erfüllt</i>		<i>unerfüllt</i>	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
<i>Positiv</i>	54.05	7.46	44.55	13.34	89.64	13.04	8.96	9.61
<i>negativ</i>	45.95	7.46	55.45	13.34	10.36	13.04	91.04	9.61

Tabelle B 2: Mittelwerte (*M*) und Standardabweichungen (*SD*) der auf der Ratingskala mit Werten von 1 (*gar nicht*) bis 5 (*sehr stark*) eingeschätzten Intensität der acht einzelnen Emotionen bei zugrunde liegendem neutralen bzw. unmoralischen Wunsch (Faktor *Wunsch*) und bei Erfüllung bzw. Nichterfüllung des Wunsches (Faktor *Outcome*).

Emotion	<i>Wunsch</i>				<i>Outcome</i>			
	<i>neutral</i>		<i>unmoralisch</i>		<i>erfüllt</i>		<i>unerfüllt</i>	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Stolz	2.91	0.42	2.31	0.65	4.04	0.59	1.17	0.25
Freude	3.12	0.62	1.96	0.63	3.59	0.71	1.49	0.46
Zufriedenheit	2.93	0.33	2.55	0.66	4.33	0.68	1.15	0.24
Schadenfreude	1.11	0.25	2.87	1.01	2.71	0.63	1.27	0.58
Traurigkeit	2.03	0.60	2.62	0.57	1.27	0.38	3.39	0.82
Ärger	2.39	0.58	2.73	0.52	1.36	0.56	3.76	0.64
Verlegenheit	2.35	0.51	3.10	0.53	1.53	0.50	3.92	0.77
Überraschtheit	2.68	0.43	2.83	0.58	1.66	0.89	3.84	0.53

Tabelle B 3: Prüfgrößen (*F*-Werte) und Signifikanzwerte (*p*-Werte) der Haupteffekte *Wunsch* (*neutral, unmoralisch*) und *Outcome* (*erfüllt, unerfüllt*) und der Interaktionseffekte *Wunsch x Outcome* für die acht Emotionen.

Emotion	<i>F</i> <i>df</i> = 14	<i>p</i>
Stolz		
<i>Wunsch</i>	8.320	.012
<i>Outcome</i>	425.815	.000
<i>Wunsch x Outcome</i>	8.093	.013
Freude		
<i>Wunsch</i>	30.000	.000
<i>Outcome</i>	116.328	.000
<i>Wunsch x Outcome</i>	9.789	.007
Zufriedenheit		
<i>Wunsch</i>	3.509	.082
<i>Outcome</i>	281.259	.000
<i>Wunsch x Outcome</i>	6.084	.027
Schadenfreude		
<i>Wunsch</i>	36.766	.000
<i>Outcome</i>	55.671	.000
<i>Wunsch x Outcome</i>	24.374	.000
Traurigkeit		
<i>Wunsch</i>	8.632	.011
<i>Outcome</i>	79.380	.000
<i>Wunsch x Outcome</i>	0.057	.815
Ärger		
<i>Wunsch</i>	3.100	.100
<i>Outcome</i>	113.815	.000
<i>Wunsch x Outcome</i>	0.944	.348
Verlegenheit		
<i>Wunsch</i>	18.096	.001
<i>Outcome</i>	80.811	.000
<i>Wunsch x Outcome</i>	0.281	.605
Überraschtheit		
<i>Wunsch</i>	1.393	.258
<i>Outcome</i>	52.526	.000
<i>Wunsch x Outcome</i>	2.449	.140

Anhang C

Tabelle C 1: Mittelwerte (*M*) und Standardabweichungen (*SD*) des prozentualen Anteils der während der fMRT-Messung per Tastendruck gewählten dichotomen Antwortalternativen (fröhlich blickendes Clipartgesicht, entspricht *positiv*; traurig blickendes Clipartgesicht, entspricht *negativ*) bei zugrunde liegendem neutralen bzw. unmoralischem Wunsch (Faktor *Wunsch*) und bei Erfüllung bzw. Nichterfüllung des Wunsches (Faktor *Outcome*).

Emotion	<i>Wunsch</i>				<i>Outcome</i>			
	<i>neutral</i>		<i>unmoralisch</i>		<i>erfüllt</i>		<i>unerfüllt</i>	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
<i>positiv</i>	50.57	4.76	35.80	17.19	77.23	17.97	9.13	6.09
<i>negativ</i>	49.43	4.76	64.20	17.19	22.77	17.97	90.87	6.09

Tabelle C 2: Mittelwerte (*M*) und Standardabweichungen (*SD*) der auf der Ratingskala mit Werten von 1 (*gar nicht*) bis 5 (*sehr stark*) eingeschätzten Intensität der acht einzelnen Emotionen bei zugrunde liegendem neutralen bzw. unmoralischen Wunsch (Faktor *Wunsch*) und bei Erfüllung bzw. Nichterfüllung des Wunsches (Faktor *Outcome*).

Emotion	<i>Wunsch</i>				<i>Outcome</i>			
	<i>neutral</i>		<i>unmoralisch</i>		<i>erfüllt</i>		<i>unerfüllt</i>	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Stolz	2.62	0.51	2.23	0.60	3.75	0.86	1.09	0.21
Freude	2.68	0.33	2.16	0.78	3.78	0.95	1.06	0.12
Zufriedenheit	2.83	0.26	2.38	0.52	4.16	0.60	1.06	0.18
Schadenfreude	1.00	0.00	2.51	0.69	2.37	0.71	1.14	0.23
Traurigkeit	2.38	0.54	2.47	0.62	1.26	0.36	3.59	0.98
Ärger	2.47	0.48	2.58	0.62	1.15	0.30	3.90	0.91
Verlegenheit	2.04	0.75	2.74	0.72	1.48	0.46	3.31	1.03
Überraschtheit	2.21	0.64	2.33	0.63	1.74	0.75	2.79	0.90

Tabelle C 3: Prüfgrößen (*F*-Werte) und Signifikanzwerte (*p*-Werte) der Haupteffekte *Wunsch* (*neutral, unmoralisch*) und *Outcome* (*erfüllt, unerfüllt*) und der Interaktionseffekte *Wunsch x Outcome* für die acht Emotionen.

Emotion	<i>F</i> <i>df</i> = 14	<i>P</i>
Stolz		
<i>Wunsch</i>	7.000	.019
<i>Outcome</i>	167.160	.000
<i>Wunsch x Outcome</i>	2.114	.168
Freude		
<i>Wunsch</i>	8.936	.010
<i>Outcome</i>	126.084	.000
<i>Wunsch x Outcome</i>	8.008	.013
Zufriedenheit		
<i>Wunsch</i>	13.572	.002
<i>Outcome</i>	415.009	.000
<i>Wunsch x Outcome</i>	7.461	.016
Schadenfreude		
<i>Wunsch</i>	72.099	.000
<i>Outcome</i>	34.874	.000
<i>Wunsch x Outcome</i>	34.874	.000
Traurigkeit		
<i>Wunsch</i>	0.640	.437
<i>Outcome</i>	77.844	.000
<i>Wunsch x Outcome</i>	7.411	.017
Ärger		
<i>Wunsch</i>	1.020	.330
<i>Outcome</i>	141.341	.000
<i>Wunsch x Outcome</i>	1.628	.223
Verlegenheit		
<i>Wunsch</i>	11.877	.004
<i>Outcome</i>	51.910	.000
<i>Wunsch x Outcome</i>	0.087	.772
Überraschtheit		
<i>Wunsch</i>	0.782	.391
<i>Outcome</i>	11.985	.004
<i>Wunsch x Outcome</i>	3.844	.070

Anhang D

*Tabelle D 1: Mittelwerte (*M*) und Standardabweichungen (*SD*) der für den Haupteffekt *Gruppe* auf der Ratingskala mit Werten von 1 (*gar nicht*) bis 5 (*sehr stark*) von den Erwachsenen bzw. Kindern eingeschätzten Intensität der acht einzelnen Emotionen*

Emotion	Erwachsene		Kinder	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Stolz	2.61	0.37	2.42	0.48
Freude	2.54	0.47	2.42	0.49
Zufriedenheit	2.74	0.35	2.61	0.33
Schadenfreude	1.99	0.47	1.76	0.34
Traurigkeit	2.33	0.44	2.43	0.53
Ärger	2.56	0.41	2.53	0.51
Verlegenheit	2.73	0.40	2.39	0.62
Überraschtheit	2.75	0.45	2.27	0.57

Curriculum Vitae

Schulbildung

09/1992 – 06/2001 Gymnasium, Abitur in Eschenbach i. d. OPf.;
Note: 1,6

Hochschulstudium

10/2001 – 03/2007 Universität Regensburg, Studium der
Psychologie

03/2007 Diplom Psychologie; Note: 1,0

Berufserfahrung

seit 05/2007 Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für
Psychiatrie (Prof. Dr. H.E. Klein), Klinik und
Poliklinik für Psychiatrie, Psychotherapie und
Psychosomatik der Universität Regensburg am
Bezirksklinikum

seit 06/2007 Freiberufliche Sachverständige im Bereich der
Aussagepsychologie in der Sachverständigen-
gemeinschaft Forensische Psychologie
(Regensburg)

seit 06/2010 Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für
Entwicklungspsychologie (Prof. Dr. Beate
Sodian), Department für Psychologie der Ludwig-
Maximilians-Universität München

07/2010 Doktorarbeit am Lehrstuhl für Entwick-
lungspsychologie (Prof. Dr. Beate Sodian),
Department für Psychologie der Ludwig-
Maximilians-Universität München, Abschluss mit
"magna cum laude"

Titel der Doktorarbeit:
Neuronale Netzwerke der wunschbasierten
Emotionsattribution im Altersvergleich