

AUS DEM LEHRSTUHL
FÜR PSYCHIATRIE UND PSYCHOTHERAPIE
PROF. DR. H. E. KLEIN
DER FAKULTÄT FÜR MEDIZIN
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG

**NEURONALE KORRELATE DER EMOTIONSATTRIBUTION
BEI KINDERN: NEUTRALE UND UNMORALISCHE
INTENTIONEN IM VERGLEICH**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der
Fakultät für Medizin
der Universität Regensburg

vorgelegt von
Veronika Berberich

AUS DEM LEHRSTUHL
FÜR PSYCHIATRIE UND PSYCHOTHERAPIE
PROF. DR. H. E. KLEIN
DER FAKULTÄT FÜR MEDIZIN
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG

**NEURONALE KORRELATE DER EMOTIONSATTRIBUTION
BEI KINDERN: NEUTRALE UND UNMORALISCHE
INTENTIONEN IM VERGLEICH**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der
Fakultät für Medizin
der Universität Regensburg

vorgelegt von
Veronika Berberich

Dekan:	Prof. Dr. Bernhard Weber
1. Berichterstatter:	Prof. Dr. Göran Hajak
2. Berichterstatter:	Prof. Dr. Thomas Loew
Tag der mündlichen Prüfung:	17.02.2012

Inhalt

1. Theorie	7
1.1 Theory of Mind (ToM): Definition und einzelne Bestandteile	7
1.2 Theorien der ToM	8
1.3 Kognitive Entwicklung	10
1.3.1 ToM in der Entwicklung	10
1.3.2 Emotionsattribution bei unmoralischen Intentionen in der Entwicklung	12
1.4 Entwicklung und Reifung des Gehirns	17
1.5 Befunde der funktionellen Bildgebung	19
1.5.1 Neuronale Korrelate der Emotionsattribution bei Erwachsenen	20
1.5.2 Neuronale Korrelate der Verarbeitung moralisch relevanter Stimuli	24
1.5.3 Neuronale Korrelate der ToM bei Kindern	25
1.6 Zusammenfassung und Aufstellung der Untersuchungshypothesen	29
2. Methoden	33
2.1 Stichprobe	33
2.2 Material	34
2.2.1 Stimuli	34
2.2.2 Reizdarbietung	38
2.3 Versuchsablauf	38
2.4 Statistische Analyse	41
2.4.1 Versuchsplan	41
2.4.2 Analyse der Verhaltensdaten	42
2.4.2.1 Verhaltensdaten der fMRT-Messung	42
2.4.2.2 Daten des Emotionsratings	42
2.4.3 Analyse der fMRT-Daten	43
2.4.3.1 Datenerhebung	43
2.4.3.2 Datenvorverarbeitung	43
2.4.3.3 Statistische Analyse der fMRT-Daten	44
3. Ergebnisse	47
3.1 Verhaltensdaten	47
3.1.1 Verhaltensdaten der fMRT-Messung	47
3.1.2 Daten des Emotionsratings	47
3.2 fMRT-Daten	50
4. Diskussion	56
4.1 Verhaltensdaten	57
4.1.1 Verhaltensdaten der fMRT-Messung	57
4.1.2 Daten des Emotionsratings	60
4.2 fMRT-Daten	65
4.2.1 Superiorer temporaler Gyrus (BA 22)	67
4.2.2 Inferiöer frontaler Gyrus (BA 47)	68
4.2.3 Lateraler superiorer frontaler Gyrus (BA 9)	70
4.2.4 Mittlerer frontaler Gyrus (BA 8)	71
4.2.5 Cingulärer und medialer frontaler Gyrus (BA 32/8)	72
4.2.6 Precuneus (BA 7)	73
4.2.7 Anteriores Cingulum (BA 24)	75
4.2.8 Zusammenfassung der Befunde	77
4.3 Ausblick	78

5. Zusammenfassung	80
6. Literaturverzeichnis	81
7. Anhang	87
Erklärung	95
Danksagung	96

1. Theorie

1.1 Theory of Mind (ToM): Definition und einzelne Bestandteile

Das Konzept der Theory of Mind (ToM) beschreibt die Fähigkeit, sich selbst und anderen mentale Zustände wie Überzeugungen, Intentionen, Wünsche und auch Wissen zuzuschreiben. Die Attribution von mentalen Zuständen beinhaltet verschiedene Aspekte: das Bewusstsein über mentale Zustände, auch wenn diese meist nicht beobachtbar sind; das Wissen, dass die mentalen Zustände nicht der Realität entsprechen müssen und somit verschiedene Personen zur gleichen Zeit unterschiedliche Repräsentationen von ein und demselben Sachverhalt besitzen können; die Fähigkeit, mentale Zustände als Handlungsursachen zu betrachten und somit soziale Verhaltensweisen erklären und auch voraussagen zu können (z. B. Baron-Cohen, 1995; Blair, 2003; Flavell, 1999; Frith & Frith, 2003; Hynes, Baird & Grafton, 2005).

So besteht ein enger Zusammenhang zwischen der ToM-Entwicklung und der Entwicklung sozialer Kompetenzen. Im Bereich des Konfliktmanagements, der imaginativen Fähigkeiten, der Kommunikationsfähigkeiten sowie der globalen sozialen Kompetenz ist die ToM wichtige Voraussetzung, jedoch sind weitere Faktoren wie die Sprachentwicklung, die Qualität des Emotionsverständnisses und die Art der emotionalen Beziehungen von Bedeutung für die individuelle Entwicklung sozialen Verhaltens (Astington, 2003).

Der Begriff der Theory of Mind geht auf Premack und Woodruff (1987) zurück, die aufgrund ihrer Ergebnisse aus der empirischen Erforschung von Tierkognition die Existenz theoretischer Konzepte für die Zuschreibung mentaler Zustände postulierten. Neben der historischen Verwandtschaft zur Primatenforschung und der Philosophie gewann in den letzten Jahren die Zusammenarbeit mit kognitiven Neurowissenschaften an Bedeutung. So gehört der Bereich der ToM-Forschung zu den wohl produktivsten Forschungsfeldern der Entwicklungspsychologie der letzten 20 Jahre (Sodian & Thoermer, 2006). Es liegt eine Vielzahl von behavioralen Untersuchungen zu den ToM-Bestandteilen belief-Attribution, Intentionsattribution und Emotionsattribution vor und auch die Datenlage aus den bildgebenden Studien wird immer ausführlicher. Jedoch liegen bisher keine Ergebnisse über neuronale Korrelate der Emotionsattribution nach unmoralischen Intentionen bei Kindern vor, deren Untersuchung sich die vorliegende Studie zur Aufgabe gemacht hat.

Im Folgenden werden zuerst verschiedene Theorien zur Entstehung der ToM in der Individual-Entwicklung vorgestellt und nach der aktuellen Forschungslage auf ihre Gültigkeit hin bewertet. Anschließend wird ein Abriss über die kognitive Entwicklung der ToM im Allgemeinen und über die Emotionsattribution nach unmoralischen Intentionen im Speziellen

gegeben, um aufzuzeigen, welche Fähigkeiten von den Probanden im Altersbereich 10 bis 12 Jahre bei der Bearbeitung der hier verwendeten ToM-Aufgaben erwartet werden können. Es folgt ein Überblick über die morphologischen Reifungsprozesse des Gehirns in Kindheit und Jugend. Dabei wird deutlich, dass die Untersuchung der neuronalen Korrelate der Emotionsattribution an Kindern vor Eintritt in die Pubertät von großer Bedeutung ist, da deutliche strukturelle Veränderungen der Gehirns substanz noch bevorstehen, was sich entscheidend auf die Verarbeitung der ToM-Stimuli auswirken könnte. Im Anschluss werden Befunde aus der funktionellen Bildgebung vorgestellt. Da die Datenlage bei Kindern wenig umfangreich ist, werden vermehrt Studien mit erwachsenen Probanden vorgestellt, welche einerseits Korrelate der Emotionsattribution, andererseits die der Verarbeitung moralisch relevanter Stimuli untersuchen und so die Grundlage für die abzuleitenden Hypothesen bilden. Um abzuschätzen, welche Aktivierungen im Unterschied zu Erwachsenen bei Kindern erwartet werden können, werden einige Kinderstudien vorgestellt, deren Paradigmen dem hier verwendeten Paradigma möglichst nahekommen. Abschließend werden die berichteten Befunde zusammengefasst und daraus die Untersuchungshypothesen für die vorliegende Studie abgeleitet.

1.2 Theorien der ToM

Die derzeit verfügbare Evidenz legt bei der Entwicklung der ToM die Existenz eines genuinen Entwicklungsphänomens nahe. Jedoch gibt es unterschiedliche Theorien darüber, was genau sich im Altersbereich zwischen 3 und 5 Jahren bei Kindern entwickelt, sodass sie die Fähigkeit erlangen, zwischen Überzeugungen und Realität zu differenzieren. Derzeit wird in Fachkreisen die Annahme der domänenspezifischen Kognition mit dem frühen Erwerb spezifischer physikalischer, biologischer und psychologischer Denk- und Erklärungsmuster favorisiert (Wellman & Gelman, 1998). Dabei werden drei verschiedene domänenspezifische Theorien unterschieden: Die Theorie-Theorie, die Simulationstheorie und die Modularitätstheorie.

Die Theorie-Theorie geht von der Konstruktion einer Theorie aus, wobei eigene wie auch fremde mentale Zustände durch begriffliches Wissen erschlossen werden. Die theoretischen Terme erlangen ihre Bedeutung zum einen durch Beziehungen zu anderen Begriffen der Theorie, zum anderen durch ihren Bezug zu unbeobachtbaren mentalen Zuständen und Vorgängen (Gopnik & Wellman, 1992; 1994). Dabei vollzieht sich ein Wandel der Rahmentheorie: von einer Konzeptualisierung menschlichen Verhaltens in Begriffen von Wünschen und Emotionen hin zu einer Theorie, in der das Konzept der Überzeugungen von

zentraler Bedeutung ist. Essenziell für diesen Theoriewandel ist der Wandel von einem nicht-repräsentationalen zu einem repräsentationalen Verständnis des mentalen Bereichs, was sich ausdrückt in der Erweiterung der intuitiven Wunsch-Psychologie 2-Jähriger zu einer Wunsch+Überzeugungs-Psychologie bei 4-Jährigen. Perner (1991) sieht den Wandel darin, dass 3-Jährige zwar Modelle der Realität bilden und manipulieren können, jedoch erst 4-Jährige die Modelle als Modelle über die Realität verstehen und somit die Relation zwischen Modell und Realität auf einer Metaebene repräsentieren.

Die Simulationstheorie geht davon aus, dass die Interpretation eigenen und fremden Verhaltens nicht durch begriffliche Konstrukte, sondern durch unmittelbare Erfahrung eigenen psychischen Geschehens erfolgt. In Anlehnung an die Descartes'sche Intuition geht sie von einem unmittelbaren, präkonzeptuellen Zugang zu den eigenen mentalen Zuständen aus. Um die mentalen Zustände anderer zu attribuieren, projiziert sich das Individuum in die Situation des anderen und stellt sich vor, was es an dessen Stelle denken und fühlen würde (Goldman, 1992). Dieser Simulationsvorgang wird umso anspruchsvoller, je mehr Voreinstellungen verändert werden müssen. Wenn sich nämlich der fremde mentale Zustand vom eigenen unterscheidet, muss dieser ignoriert werden. Im Falle falscher Überzeugungen muss zusätzlich noch der Zustand der Realität ignoriert werden (Harris, 1992).

Die Modularitätstheorie geht von der Informationsverarbeitung in spezialisierten, konzeptuellen Modulen aus. Leslie (1994) beschreibt die neurologische Reifung domänenspezifischer modularer Mechanismen zur Repräsentation der Eigenschaften von Agenten in drei Schritten: Mit dem Theory of Body-Mechanismus, welcher in der ersten Hälfte des ersten Lebensjahres reift, werden Agenten von Nicht-Agenten anhand spontaner Bewegungsfähigkeit unterschieden. Gegen Ende des ersten Lebensjahres reift der Theory of Mind-Mechanismus 1, welcher die Repräsentation intentionaler Agenten mit zielgerichtetem Handeln ermöglicht. Darauf aufbauend entwickelt sich mit etwa 18 Monaten der Theory of Mind-Mechanismus 2 mit der Fähigkeit zur Metarepräsentation, womit propositionale Einstellungen (vorgeben, glauben, sich vorstellen, wünschen, dass ...) von Agenten repräsentiert werden können. Trotzdem können in diesem Alter noch keine false-belief-Aufgaben gelöst werden. Dies wird darauf zurückgeführt, dass zwar ein metarepräsentationales Verständnis falscher Überzeugungen vorhanden ist, die Kinder jedoch an der selektiven Informationsverarbeitung und der Inhibition konkurrierender Inhalte scheitern und somit ein Performanzproblem zugrunde liegt.

Die Modularitätstheorie ist zwar gut vereinbar mit der Universalität der ToM, jedoch scheitert sie an der Erklärung interindividueller Unterschiede in der ToM-Entwicklung.

Dahingegen gehen neuere Ansätze der Philosophie davon aus, dass Theorie-Theorie und Simulationstheorie nebeneinander Bestand haben. Je nach Aufgabentyp werden unterschiedliche Mechanismen genutzt. So wird beispielsweise theoriebasiertes Wissen zur Handlungsvorhersage genutzt, während zur Überzeugungs-Fixierung ein Simulationsmechanismus abläuft (Heal, 1996).

In welchen Schritten und mit welchem Alter diese Fähigkeiten erlernt werden, wird im folgenden Abschnitt erläutert, welcher einen Überblick über die kognitive Entwicklung in Hinblick auf die ToM allgemein und die Emotionsattribution nach unmoralischen Intentionen im Besonderen gibt.

1.3 Kognitive Entwicklung

1.3.1 ToM in der Entwicklung

Eine Vielzahl von behavioralen Studien untersucht die kognitive Entwicklung von Kindern und beschreibt den Erwerb der verschiedenen ToM-Fertigkeiten. So sind Kleinkinder schon im Alter von 18 Monaten in der Lage, eine Wechselwirkung zwischen Wunscherfüllung und nachfolgender emotionaler Reaktion zu erkennen. Auch liegen ab diesem Alter Hinweise auf das Verständnis der Subjektivität von Wünschen und somit für ein erstes Bewusstsein über verschiedene Perspektiven vor (Poulin-Dubois, 1999). Mit 2,5 bis 3 Jahren sind Kinder fähig, einen expliziten Zusammenhang zwischen Wunsch, Handlungsergebnis und emotionaler Reaktion herzustellen, jedoch erfolgt eine normative Bewertung der Handlung, welche in die Emotionsvorhersage miteinbezogen wird, erst ab einem Alter von 6 bis 8 Jahren (Yuill, 1984). Bereits bei 4-jährigen Kindern kann laut Feinfield, Lee, Flavell, Green und Flavell (1999) beobachtet werden, dass Wünsche als mentale Repräsentationen in deutlicher Abgrenzung zu realen Handlungen verstanden werden, was laut Autoren mit dem Erwerb der Fähigkeit zur Selbstkontrolle korreliert. In der vorliegenden Studie werden ebendiese Fertigkeiten von den Probanden zur Bearbeitung der verwendeten ToM-Aufgabe benötigt, nämlich das Herstellen eines Zusammenhangs zwischen Wunsch, Handlungsergebnis und emotionaler Reaktion, die normative Bewertung der Handlung sowie die Selbstkontrolle zur Bewertung der Emotion einer anderen Person bei gleichzeitigem Zurückstellen der eigenen Emotion. Doch sind in der ToM-Entwicklung neben dem Erwerb der Fähigkeit zur Emotionsattribution noch weitere Aspekte von großer Bedeutung.

Der größte Teil der ToM-Forschung befasst sich mit dem Konzept der falschen Überzeugungen (false-belief), welches durch die Fähigkeit, zwischen Überzeugung und Realität zu unterscheiden, ermöglicht, Handlungsvorhersagen aus Überzeugungen abzuleiten.

Das klassische und nach wie vor aktuelle Paradigma zur Prüfung solcher Fähigkeiten ist das sogenannte Maxi-Paradigma, welches 1983 von Wimmer und Perner entwickelt wurde und aufgrund seiner großen Bedeutung für die ToM-Forschung hier kurz vorgestellt wird:

Die Geschichtenfigur Maxi legt eine Tafel Schokolade in den Schrank und verlässt das Zimmer, um auf den Spielplatz zu gehen. In Maxis Abwesenheit legt die Mutter die Schokolade vom Schrank in die Schublade und verlässt anschließend die Szene. Maxi, der also den Transfer der Schokolade nicht beobachten konnte, kommt vom Spielplatz zurück. Die Probanden werden dann gefragt, wo Maxi nach der Schokolade suchen wird. Ohne die Fähigkeit, Maxi einen mentalen Zustand bzw. eine Überzeugung zuschreiben zu können, wird der Proband antworten, dass Maxi in der Schublade, also am Ort, der nicht mit Maxis Wissen übereinstimmt, suchen wird. Dagegen antwortet ein Proband mit der Fähigkeit zur mentalen Attribution (first-order-false-belief), dass Maxi gemäß seiner falschen Überzeugung im Schrank suchen wird. In Anlehnung an dieses vielfach verwendete ursprüngliche Paradigma wurden in der Folge weitere false-belief-Aufgaben entwickelt, darunter auch second-order-false-belief-Paradigmen. Bei diesen ist ein weiterer Schritt erforderlich, nämlich die Zuschreibung einer Überzeugung über eine Überzeugung zu einer Person (z. B. „John thinks that Mary feels that ...“). Bereits im Alter von 3,5 bis 4 Jahren kann bei Kindern ein implizites Verständnis falscher Überzeugungen beobachtet werden, welches ein begriffliches System zur Erschließung eigener sowie fremder mentaler Zustände erfordert (Gopnik, 1993). Mit Erlangen dieses Verständnisses sind die Kinder dann auch in der Lage, einfache false-belief-Aufgaben zu lösen (Wellman, Cross & Watson, 2001). Aufgaben zu Überzeugungen höherer Ordnung, also second-order-false-belief-Aufgaben, können Kinder ab einem Alter von 5 bis 6 Jahren erfolgreich bearbeiten (Sullivan, Zaitchik & Tager-Flusberg, 1994). Der Abschluss dieser zweistufigen Entwicklungssequenz befähigt Kinder auch zur Unterscheidung zwischen Täuschung und Lüge einerseits und Ironie und Witz andererseits, wozu das Wissen über die Repräsentation des mentalen Zustandes des Sprechers über den mentalen Zustand des Zuhörers nötig ist (Leekam, 1991).

Neben der erfolgreichen Bearbeitung von false-belief-Aufgaben stellt die Fähigkeit zur Perspektivenübernahme einen weiteren wichtigen Schritt in der ToM-Entwicklung dar. Hierbei wird von Flavell, Everett, Croft und Flavell (1981) zwischen visueller Ebene-1- und Ebene-2-Perspektivenübernahme unterschieden. Die Ebene-1-Perspektivenübernahme besteht darin, zu verstehen, dass ein anderer etwas sieht, was man selbst nicht sehen kann, und umgekehrt, und ist ab einem Alter von etwa 2,5 Jahren möglich. Erst mit 4 Jahren können Ebene-2-Aufgaben gelöst werden, bei denen verstanden werden muss, dass ein anderer ein-

und dasselbe Objekt anders wahrnimmt als man selbst. Dieser Entwicklungsschritt korreliert mit der Fähigkeit zur Schein-Sein-Differenzierung im Sinne der Metarepräsentation sowie dem Verständnis von Missrepräsentationen, in welchem Flavell und Miller (1998) ein genuines Entwicklungsphänomen sehen.

Bei der Entwicklung einiger ToM-Fertigkeiten wie der false-belief-Attribution und der Schein-Sein-Differenzierung scheint es sich um universelle Phänomene zu handeln, die in unterschiedlichen Kulturkreisen in ähnlichen Altersstufen erlangt werden (Vinden, 1996; Flavell, Zhang, Zou, Dong & Qi, 1983). Jedoch nehmen auf die individuelle Entwicklung der ToM verschiedene Faktoren Einfluss: So konnten Cole und Mitchell (2000) zeigen, dass die Art der sozialen Interaktion in der Familie eine Rolle spielt, Pears und Moses (2003) wiesen die positive Korrelation eines induktiven Erziehungsstils mit dem Erlangen von ToM-Kompetenzen nach, Cutting und Dunn (1999) belegten den Einfluss des Bildungsniveaus der Mutter, Youngblade und Dunn (1995) den der Art der Spielinteraktion zwischen Geschwistern. Intrapersonal scheinen Fantasienspielerfahrungen bedeutsam zu sein (Taylor & Carlson, 1997), am deutlichsten jedoch zeigte sich der Zusammenhang zwischen kindlicher Sprachkompetenz (Lockl, Schwarz & Schneider, 2004) sowie exekutiven Funktionen (Carlson & Moses, 2001) und ToM-Entwicklung.

1.3.2 Emotionsattribution bei unmoralischen Intentionen in der Entwicklung

Während Kinder bereits im Alter von ca. 3 Jahren in der Lage sind, Emotionen in Abhängigkeit von Erfüllung oder Nichterfüllung einer neutralen Intention korrekt zu attribuieren (s. o.), wird die Fähigkeit zur Emotionsattribution unter normativer Bewertung erst später erlangt, nämlich wenn die Intention mit einer Regelverletzung oder einem moralischen Konflikt verbunden ist. Zudem ist die Datenlage auf diesem Gebiet uneinheitlich und die Autoren kommen in ihren Studien zu unterschiedlichen Ergebnissen. Diese sollen im Folgenden vorgestellt und in einen Zusammenhang gebracht werden.

Lagatutta (2005) befragte Kinder im Alter zwischen 4 und 7 Jahren anhand von Bildergeschichten nach der Emotion des jeweiligen Protagonisten, wobei dessen Intention mit Handlungsausgang sowie eine normative Komponente in die Bewertung miteinbezogen werden musste. Die verwendeten Geschichten beinhalteten dabei drei Arten von Regeln, nämlich aus den Bereichen Sicherheit (z. B. „Man soll nicht schnell auf die Straße rennen.“), Gesundheit (z. B. „Man soll keine Süßigkeiten vor der Mahlzeit essen.“) und Eigentum (z. B. „Man soll den Computer des Vaters nicht anrühren.“), und standen jeweils mit einer Intention in Konflikt. Die Intention wurde entweder unter Regelbruch erfüllt oder unter

Regeleinhaltung nicht erfüllt (z. B. „Ben spielt alleine Ball. Der Ball rollt auf die Straße. Ben will schnell auf die Straße rennen, um seinen Ball zu holen, aber ... Ben denkt „Ich sollte NICHT auf die Straße rennen.“. Mal sehen, wie Ben entscheidet. a) Ben rennt auf die Straße und holt seinen Ball (unter Regelbruch erfüllt) oder b) Ben bleibt von der Straße weg (unter Regeleinhaltung unerfüllt).“). Als Kontrollbedingung dienten einfache Geschichten mit Intentionen im regelfreien Kontext, die wiederum entweder erfüllt oder unerfüllt endeten (z. B. „Emma möchte zum Spielzeugladen gehen und mit einem Spielzeug spielen. Sie geht zum Laden und a) spielt mit dem Spielzeug (erfüllt) oder b) sieht, dass der Laden geschlossen ist (unerfüllt).“). Die Kinder sollten für beide Bedingungen einerseits vorhersagen, wie sich der Protagonist fühlt (unter Verwendung einer Vierpunktskala von „sehr schlecht“ bis „sehr gut“), und andererseits bei vorgegebener, der Regelverletzung oder -einhaltung entsprechenden Emotionsattribution diese erklären (im Nachhinein kategorisiert nach ziel-, regel- oder zukunftsorientierter Argumentation). Es zeigte sich, dass die jüngeren Kinder dem Protagonisten Emotionen mehrheitlich gemäß der Erfüllung bzw. Nichterfüllung der Intention zuschrieben, also „feel good“ bei erfüllter Intention unter Regelbruch und „feel bad“ bei unerfüllter Intention unter Regeleinhaltung. Jedoch wurde an der Skalierung deutlich, dass sie die Regelverletzung bzw. -einhaltung in ihre Bewertung miteinbezogen: Im Vergleich zu den regelfreien Situationen bewerteten sie die emotionalen Konsequenzen einer unter Regelverletzung erfüllten Intention mit „weniger gut“ und einer unter Regeleinhaltung nicht erfüllten Intention mit „weniger schlecht“. Die Siebenjährigen dagegen attribuierten dem Protagonisten öfter entsprechend der Regelverletzung schlechte bzw. bei Regelbefolgung gute Gefühle oder auch unter Miteinbeziehung der Intentionserfüllung bzw. -nichterfüllung gemischte Emotionen. Diese Ergebnisse decken sich mit der Beobachtung der Autoren, dass die jüngeren Kinder die Emotionsattribution mehrheitlich zielorientiert begründeten, während die Siebenjährigen signifikant häufiger Regeln oder Auswirkungen auf die Zukunft zur Erklärung heranzogen. Zwar bleibt das zielorientierte Argumentationsmuster laut Autorin bis ins Erwachsenenalter bestehen, doch sind Kinder ab dem Alter von etwa 7 Jahren in der Lage, mehrere Ursachen der Emotionsgenerierung zu integrieren und bei der Zuschreibung von Emotionen verschiedene Perspektiven einzunehmen.

Ein ähnliches Paradigma verwendeten Nunner-Winkler und Sodian (1988). Im ersten Experiment ihrer Studie sollten 4- bis 8-jährige Kinder die emotionalen Konsequenzen einer erfüllten Intention unter Regelverletzung bzw. einer unerfüllten Intention unter Regeleinhaltung beurteilen. Auch hier zeigte sich ein altersabhängiger Trend: Bei den jüngeren Kindern beobachteten die Autorinnen mehrheitlich die Zuschreibung positiver

Emotionen gemäß der Intentionserfüllung, wenn z. B. ein Kind einem anderen Kind etwas wegnehmen will und dies auch erreicht. Dagegen schrieben sie einem Kind, das einer Versuchung widersteht, somit aber die eigene Intention nicht erfüllt, negative Emotionen zu. Bei den älteren Kindern kehrte sich das Muster der Emotionsattribution um (negative Emotionen bei erfüllter unmoralischer Intention, positive Emotionen bei unerfüllter unmoralischer Intention unter Regeleinhaltung). Die Argumentation zeigte einen mit dieser Entwicklung konsistenten Wandel von ziel- zu moralorientiert, nämlich durch Begründung der Emotionsattribution mit der Regeleinhaltung oder -verletzung anstatt der Intentionserfüllung oder -nichterfüllung. Des Weiteren zeigte sich im zweiten Experiment, dass weder die Schwere des Regelbruchs (der Protagonist lügt ein anderes Kind an (milder Regelbruch) bzw. verletzt ein anderes Kind körperlich (schwerer Regelbruch)) noch der daraus entstehende Profit (der Protagonist will ein Objekt besitzen (konkreter Profit) bzw. will ein anderes Kind ärgern (kein konkreter Profit)) die Emotionsattribution fünfjähriger Kinder beeinflusst. Obwohl die Kinder laut einer Kontrollfrage im Experiment um die Regelverletzung wissen, sind sie nicht in der Lage, diese zu konzeptualisieren. So werden im Konflikt zwischen persönlichen Motiven und moralischen Standards letztere vernachlässigt und die Emotion allein aufgrund des Handlungsausgangs (Outcome) attribuiert. Im dritten Experiment wurde bestätigt, dass Fünfjährige dem Protagonisten nur dann positive Emotionen zuschreiben, wenn Intention und Outcome übereinstimmen: Einem Protagonisten mit unmoralischem Motiv wurden positive Emotionen zugeschrieben, wenn das beabsichtigte Kind verletzt wurde, nicht jedoch, wenn versehentlich ein anderes Kind zum Opfer wurde. Auch einem neutralen Protagonisten, der versehentlich ein anderes Kind verletzt, sowie einem unbeteiligten Zuschauer attribuierten die Probanden negative Emotionen. Sie sind somit laut den Autorinnen in der Lage, empathisch und auch moralisch zu urteilen, fokussieren jedoch im Konfliktfall zwischen Intention und moralischen Standards auf die persönlichen Motive, also die Intentionserfüllung.

Yuill, Perner, Pearson, Peerbhoy und van den Ende (1996) untersuchten die Entwicklung der Emotionsattribution im Zusammenhang mit der Verletzung moralischer Regeln an Kindern im Alter von 3 bis 10 Jahren. Als Paradigma wurden kurze Geschichten verwendet, in welchen Kinder miteinander Ball spielten. In der neutralen Bedingung wurde zwischen „match“- und „mismatch“-Outcome unterschieden, wobei ein Kind den Ball entweder zum beabsichtigten oder zu einem anderen Kind spielte. In der „bad motive“-Bedingung (nur mit „match“-Outcome) verletzte ein Kind ein anderes absichtlich beim Spielen. Nach jedem einzelnen Outcome wurden die Probanden gefragt, ob der Protagonist der Geschichte

fröhlich, traurig oder etwas dazwischen sei („happy or sad or in between“). Während die Kinder aller Altersgruppen in der neutralen Bedingung erwartungsgemäß entsprechend der Erfüllung oder Nichterfüllung der Intention Emotionen attribuierten, zeigte sich bei der Emotionsattribution in der „bad motive“-Bedingung eine Entwicklung in drei Schritten: Kinder im Alter von 3 Jahren attribuierten mehrheitlich negative Gefühle („sad“), Fünf- und Siebenjährige positive („happy“) und Zehnjährige wiederum negative oder auch gemischte Emotionen („sad“, „in between“). Bei der nachträglichen Kategorisierung der abgegebenen Erklärungen für die Emotionsattribution zeigte sich, dass die Dreijährigen überwiegend eine objektive Sichtweise einnahmen und das Outcome als solches – nämlich dass ein Kind verletzt wird, unabhängig von der vorangegangenen Intention – als schlecht einstufen und dementsprechend negative Emotionen auf den Protagonisten attribuierten. Die Fünf- und Siebenjährigen dagegen argumentierten mehrheitlich zielorientiert und schrieben dem Protagonisten positive Emotionen zu, wenn das Ziel – unabhängig von moralischen Gesichtspunkten – erreicht wurde. Im Alter von 10 Jahren schließlich schrieben die meisten Kinder dem Protagonisten unter moralischen Überlegungen negative oder auch gemischte Emotionen zu und beriefen sich hierbei auf Gefühle wie Scham, Schuld oder Mitleid, konsistent mit den Ergebnissen von Nunner-Winkler und Sodian (1988). Sie sind somit in der Lage, die emotionalen Konsequenzen einer erfüllten unmoralischen Intention vollständig zu verstehen und simultan einerseits eine zielorientierte, andererseits eine moralische Sichtweise einzunehmen.

Der Befund, dass Kinder unter 6 oder 7 Jahren Protagonisten, die unter Erfüllung der eigenen Intention unmoralisch handeln und z. B. ein anderes Kind verletzen, positive Emotionen zuschreiben, ist als Happy-Victimizer-Phänomen in die Literatur eingegangen. Sokol (2004) hat in seiner Arbeit Befunde und Erklärungsversuche zu diesem Phänomen zusammengetragen, wobei zwei verschiedene Interpretationsweisen unterschieden werden können: Neben der Position, welche auch die in der vorliegenden Arbeit zitierten Studien vertreten, dass nämlich Kinder zielorientiert argumentieren und somit dem Victimizer ungeachtet der Regelverletzung positive Emotionen attribuieren, gibt es ein Kollektiv an Forschern, welches das bei Kindern schon im Alter von 3 Jahren gut ausgebildete Moralbewusstsein im Gegensatz zu deren Emotionsattribution sieht und der Frage nachgeht, warum das emotionale vom kognitiven Moralwissen dissoziiert (z. B. Turiel, 1983). Nunner-Winkler und Sodian (1988), Blasi (1995) und andere argumentieren als Vertreter der zuerst genannten Position, dass das Happy-Victimizer-Phänomen auf der zielorientierten Sichtweise der jüngeren Kinder beruht. Zwar besitzen die Kinder ein kognitives Moralverständnis,

jedoch hat dies einen mehr informativen Wert, bevor die moralischen Prinzipien als persönlich bindend angesehen werden. Erst durch die Verknüpfung der kognitiven und motivationalen Aspekte der eigenen Identität erhält die Moral ihre intrinsische Motivationskraft. Eine andere Theorie und damit die zweitgenannte Position vertreten Weiner und Kollegen (Graham & Weiner, 1986; Weiner, 1986): Der Prozess der Emotionsattribution verläuft grundsätzlich in zwei Schritten. Im ersten Schritt, dem „primary appraisal“, werden eher generelle positive oder negative Emotionen wie „glücklich“ und „traurig“ attribuiert, welche als „outcome-dependent“ bezeichnet werden und somit gewissermaßen der o. g. zielorientierten Perspektive entsprechen. Jedoch folgt in einem zweiten Schritt, dem „second appraisal“, im Zuge der Suche nach den Ursachen für den Handlungsausgang eine Modifizierung der Emotion, welche als „attribution-dependent“ bezeichnet wird. Hierbei werden komplexere Emotionen wie Stolz, Schuld, Ärger oder Dankbarkeit miteinbezogen und verleihen so der Emotionsattribution mehr Facetten. Das Happy-Victimizer-Phänomen resultiert nun daraus, dass jüngere Kinder an der kausalen Analyse des zweiten Schrittes scheitern und somit die Situation nur im „primary appraisal“ nach dem Handlungsausgang beurteilen. Jedoch attribuieren laut Weiner (1986) sogar Erwachsene in alltäglichen Situationen zumeist suffizient allein mit dem ersten Schritt, während der zweite Schritt erst notwendig wird, wenn der Handlungsausgang besonders negativ, unerwartet oder wichtig ist. Einen weiteren Erklärungsversuch aus der zweitgenannten Position liefern Arsenio und Kramer (1992), Chandler (2001) und andere, die das Happy-Victimizer-Phänomen darin begründet sehen, dass jüngere Kinder noch nicht in der Lage sind, mehrere Perspektiven gleichzeitig einzunehmen. Neben der Zielerreichung des Victimizers steht der Schaden des Opfers, jedoch können die Kinder diese beiden Aspekte der Handlung nicht zeitgleich in den Prozess der Emotionsattribution integrieren. Werden sie konkret darauf hingewiesen, attribuieren sie auch negative Emotionen, jedoch vollzieht sich der Wandel, dass beide Perspektiven spontan und ohne Nachfragen miteinbezogen und gemischte Emotionen attribuiert werden, erst graduell bis ins Alter von 10 Jahren. Harter und Kollegen (Harter, 1983; Harter & Buddin, 1987; Harter & Whitesell, 1989) beschreiben ein fünfstufiges Modell, welches nach der zeitgleichen Einnahme mehrerer Perspektiven u. a. auf die Attribution kontroverser Emotionen fokussiert. Sokol (2004) kommt zusammenfassend in seiner Arbeit zu dem Schluss, dass das Happy-Victimizer-Phänomen größtenteils darauf beruht, dass jüngere Kinder an der Balance und Integration der verschiedenen Perspektiven einer Situation scheitern, da auf Nachfragen durchaus auch gemischte Emotionen attribuiert werden. Des Weiteren sieht er die kognitive Einschränkung bei der kausalen Analyse des

Situationsausgangs, resultierend aus der noch in der Entwicklung befindlichen ToM der Kinder, als ursächlich für das Phänomen an.

Neben der kognitiven Entwicklung, welche auf der Verhaltensebene untersucht werden kann, findet parallel auch eine morphologische Reifung des Gehirns statt, welche von der Embryonalentwicklung bis zum Tod fort dauert. Im folgenden Abschnitt werden einige dieser Reifungsprozesse beschrieben und wenn möglich mit den entsprechenden behavioralen Entwicklungen in Zusammenhang gesetzt.

1.4 Entwicklung und Reifung des Gehirns

Das menschliche Gehirn entwickelt sich von der embryonalen Anlage ausgehend über die gesamte Lebensdauer hinweg weiter, es finden ständige Umbauprozesse sowie der Auf- und Abbau von Gehirns substanz statt, wofür der Begriff der neuronalen Plastizität geprägt wurde.

Betrachtet man das Gehirn vor dem Hintergrund der Evolution, so fällt auf, dass der Neokortex als ganzes an Volumen in Relation zur Körpergröße zunimmt. Der präfrontale Kortex (PFC), der am meisten rostral gelegene Anteil des sich entwickelnden Neopalliums, verzeichnet hierbei verhältnismäßig die stärkste Größenzunahme: Während der PFC bei der Katze nur 3,5 % des gesamten Neokortex ausmacht, sind dies beim Menschen 29 % (Fuster, 2002). Ähnlich verhält es sich mit temporalen und parietalen Kortexanteilen, welche ebenfalls stark an Größe zunehmen. Diese Entwicklung hängt laut Autor eng mit der Entwicklung kognitiver Fähigkeiten wie zeitlicher Integration, Arbeitsgedächtnis und inhibitorischer Kontrolle zusammen, für welche sich Korrelate im PFC sowie im temporalen und parietalen Assoziationskortex finden lassen. Auch Übereinstimmungen zwischen Phylo- und Ontogenese des Neokortex wies Fuster nach: Die entwicklungsgeschichtlich jüngeren Anteile des Gehirns, zu denen der PFC gehört, reifen auch in der individuellen Entwicklung erst spät heran. Es lässt sich wiederum ein Zusammenhang zwischen Zeitpunkt der morphologischen Reifung und Höhe der dazugehörigen Funktion finden. So zeigt der laterale Anteil des PFC das späteste Wachstum des Neokortex und ist gleichzeitig ein wichtiges neuronales Korrelat für die höchste evolutionäre kognitive Funktion, nämlich die Sprache.

Innerhalb der ontogenetischen Gehirnreifung wird deutlich, dass das Gehirn während des gesamten Lebens einem strukturellen Wandel unterliegt, sowohl bei Betrachtung der grauen als auch der weißen Substanz. Dieser Wandel findet nicht synchron in allen Gehirnarealen statt, sondern unterscheidet sich je nach Region in Geschwindigkeit, Zeitpunkt der maximalen/minimalen Volumina sowie in der relativen Substanzzu- oder abnahme, wofür Giedd et al. (1999) den Begriff der *Heterochronizität* der Gehirnreifung prägten.

Die Reifung der grauen Substanz entspricht einem nicht-linearen Prozess: Nach einer anfänglichen Zunahme erreicht das Volumen der Gehirnzellen ein Maximum, um später wieder abzufallen. Dieses Maximum wird nach Giedd et al. (1999) im frontalen und parietalen Kortex im Alter von 12 Jahren erreicht, im temporalen Kortex im Alter von 16 Jahren, wohingegen im occipitalen Kortex noch über die zweite Lebensdekade hinaus ein Zuwachs an grauer Substanz beobachtet werden kann. Gogtay et al. (2004) beschreiben einen Reifungsprozess, bestehend im Verlust von grauer Substanz, der in dorso-parietalen Regionen beginnt und sich dann nach rostral auf den Frontallappen sowie nach caudal und lateral auf den Parietal-, Occipital- und Temporallappen fortsetzt. Während Frontal- und Occipitalpol früh ausreifen, dauert dieser Prozess beim PFC bis spät in die Adoleszenz fort. Innerhalb des Frontallappens vollzieht sich die Reifung gewissermaßen von dorsal nach frontal: vom präzentralen Gyrus über den superioren und inferioren frontalen Gyrus bis hin zum Abschluss im PFC. Die Reifung der weißen Substanz kann als lineare Zunahme deren Volumens verstanden werden und hat ihre Ursache in der fortdauernden Myelinisierung der Axone. So steigt die Masse der weißen Substanz vom 4. bis zum 20. Lebensjahr um 12,4 % an (Giedd et al., 1999). Der Anstieg dauert fort bis ins Alter von ca. 43 Jahren, später nimmt die Dichte der weißen Substanz infolge degenerativer Prozesse wieder ab (Sowell et al., 2003).

Für das Verständnis der Reifung des PFC, der für verschiedene kognitive Funktionen eine wichtige Rolle spielt, schaffte Tsujimoto (2008) einen Überblick über die vorhandene Literatur. So scheint die neuronale Dichte des PFC schon in der Kindheit abzunehmen, ebenso die synaptische Dichte, die ihr Maximum im Alter von 3,5 Jahren erreicht. Ab diesem Zeitpunkt werden diejenigen Synapsen, die nicht ständig Impulse weiterleiten, abgebaut, wohingegen oft benutzte Verschaltungen optimiert werden („synaptische Plastizität“). Während die Neuronendichte abnimmt, nimmt die Länge der einzelnen Dendriten der Nervenzellen zu. So nimmt auch insgesamt die Masse der grauen Substanz im PFC bis in die Präadoleszenz zu, wo sie ihr Maximum erreicht, um anschließend wieder abzunehmen. Auch die Masse der weißen Substanz steigt während der Kindheit und auch darüber hinaus im PFC stetig an, was durch die bis in die 3. Lebensdekade fortdauernde Myelinisierung der Axone, insbesondere der kortiko-kortikalen Axone, verursacht wird.

Die Befunde der morphologischen Veränderungen im Zuge der Gehirnreifung werden von den Autoren mit funktionellen Entwicklungsprozessen in Verbindung gesetzt. Phylogenetisch alte Anteile des Neokortex, wie sensomotorische Areale, reifen früh heran und bilden das Korrelat niedriger kognitiver Funktionen, während phylogenetisch jüngere Anteile, wie die sogenannten „high-order-association areas“, erst später reifen und dementsprechend mit

höheren kognitiven Fähigkeiten wie Aufmerksamkeit oder exekutiven Funktionen im Zusammenhang stehen (Gogtay et al., 2004). Auch am Beispiel der Sprache lässt sich laut Sowell et al. (2003) die Entsprechung von morphologischer und funktioneller Entwicklung beobachten: Der anteriore Sprachkortex (Broca-Zentrum) reift in der Ontogenese früh heran und erfährt im Alter eine Abnahme an Volumen, womit die alterskorrelierte Abnahme von Fähigkeiten wie Sprachproduktion und Wortfindung in Verbindung gesetzt wird. Der posteriore Sprachkortex (BA 21, 22, 40) dagegen reift erst spät und wird assoziiert mit der lang andauernden Entwicklung von robusten Sprachfertigkeiten wie Vokabular und generellen Sprachkenntnissen. Die Reifung präfrontaler Areale korreliert laut Yurgelun-Todd (2007) mit den Fähigkeiten auf Gebieten wie abstraktem Begründen, Aufmerksamkeitslenkung und zielgerichtetem Verhalten. Im Laufe der Entwicklung verändern frontale Netzwerke ihre Prozessierung von kognitiven wie affektiven Stimuli und erhalten so die wachsende regulatorische Rolle z. B. bei der Impulskontrolle. Für viele kognitive und affektive Aufgaben scheinen Kinder auf andere Wege der Prozessierung, welche nicht im PFC stattfinden, zurückzugreifen oder größere Areale als Erwachsene im dorsolateralen PFC zu rekrutieren. Erst im Lauf der Entwicklung steigt die präfrontale Aktivität linear an. Es findet sozusagen eine Frontalisierung funktioneller Aktivität statt, welche laut Autorin der inhibitorischen und besonders auch affektiven Prozessierung entspricht. Somit wird die frontale Aktivität fokaler und spezialisierter. Diese Entwicklung der präfrontalen Modulation von emotionalen Stimuli dauert bis ins frühe Erwachsenenalter an.

Die morphologische Reifung des Gehirns korreliert wie beschrieben mit der Entwicklung auf Verhaltensebene. Daneben lässt sich ein weiteres Korrelat dieser beiden Ebenen der Entwicklung finden, nämlich in der funktionellen Bildgebung. Deren Befunde zu den für die vorliegende Studie relevanten Bereichen, nämlich der Emotionsattribution sowie der Verarbeitung moralisch relevanter Stimuli, werden im folgenden Abschnitt erläutert.

1.5 Befunde der funktionellen Bildgebung

Durch die Möglichkeiten der modernen technischen Verfahren gibt es unterschiedliche Versuche, neuronale Korrelate von kognitiven Vorgängen nachzuweisen. Dazu zählen die Positronen-Emissions-Tomographie (PET), die Single-Photon-Emissions-Computer-Tomographie (SPECT) und die funktionelle Magnetresonanztomographie (fMRT). Die auch in der vorliegenden Studie verwendete fMRT misst dabei indirekt den Sauerstoffverbrauch einzelner Gehirnareale anhand der magnetischen Eigenschaften des Hämoglobins, welche

sich mit der Bindung von Sauerstoff verändern. Der so bestimmte Energieumsatz korreliert nach dem aktuellen Forschungsstand mit der Aktivität der entsprechenden Regionen (Coelho, Sanches & Lauterbach, 2008; Sirotin & Das, 2009).

Auf diesem Nachweisverfahren für die neuronalen Korrelate der verschiedenen Prozesse beruhen auch die meisten der im Folgenden vorgestellten Studien. Da aktuell noch keine bildgebenden Studien zum Happy-Victimizer-Paradigma vorliegen, erfolgt eine Annäherung von zwei Seiten: Über Studien zur Emotionsattribution sowie zu moralisch relevanten Stimuli. So wird versucht, die beim Happy-Victimizer-Paradigma ablaufenden Prozesse einzeln zu erfassen und für die Ableitung der Hypothesen zusammenzuführen. Für beide Prozesse liegen speziell mit Kindern keine Daten über neuronale Korrelate vor, sodass Kinderstudien vorgestellt werden, die dem vorliegenden Paradigma möglichst nahekommen, um so eine näherungsweise Grundlage für die Ableitung der Hypothesen zu erhalten.

1.5.1 Neuronale Korrelate der Emotionsattribution bei Erwachsenen

Mit Emotionsattribution aufgrund rein visueller Stimuli beschäftigte sich ein Studie von Ochsner et al. (2004). Die Probanden betrachteten Fotos aus dem International Affective Picture System (Lang et al., 1993) und sollten einerseits beurteilen, ob das abgebildete Gesicht freundlich, unfreundlich oder neutral ist („fremd“-Bedingung), und andererseits angeben, welches der drei Gefühle durch Betrachtung des Fotos bei ihnen selbst hervorgerufen wird („selbst“-Bedingung). In der Kontrollbedingung sollten die Probanden beurteilen, wo das Foto aufgenommen wurde („inside“, „outside“ oder „undetermined“). In beiden Experimentalbedingungen zeigten sich gegenüber der Kontrollbedingung Mehraktivierungen im medialen präfrontalen Kortex (MPFC), im posterioren Cingulum/Precuneus und im superioren temporalen Gyrus (STG). So wurde die laut den Autoren für ToM-Vorgänge zentrale Rolle des MPFC deutlich, welchem u. a. die Aufgabe der emotionalen Regulation zugeschrieben wird. Die Mehraktivierungen im posterioren Cingulum/Precuneus und STG erklärten die Autoren mit dem Vorgang der Dekodierung von Signalen affektiver Stimuli. In der „fremd“-Bedingung, also bei der Zuschreibung von Emotionen zu den fotografierten Gesichtern, zeigte sich gegenüber der „selbst“-Bedingung eine Mehraktivierung im lateralen präfrontalen Kortex, welcher mit der Verarbeitung externer Informationen und semantischen Wissens zur Emotionsattribution assoziiert wurde. Im gleichen Kontrast zeigte sich eine Mehraktivierung im medialen okzipitalen Kortex, welche die Autoren mit erhöhter Aufmerksamkeit bei der Verarbeitung visuellen Inputs über die mentalen Zustände anderer in Verbindung bringen.

Wicker, Perrett, Baron-Cohen und Decety (2003) führten eine PET-Studie zur Emotionsattribution mit Erwachsenen durch, wobei die Dekodierung von Emotionen aus Blicken gefordert war. Dazu wurden den Probanden kurze Videos gezeigt, auf welchen die Augenpartie eines Schauspielers zu sehen war. Der Blick richtete sich entweder auf den Probanden hin oder von ihm weg (Bedingung „direkter Blick“ bzw. „abgewendeter Blick“) und zeigte anschließend entweder einen freundlichen oder feindlichen Gesichtsausdruck, was die Probanden mittels Knopfdruck angeben sollten (Bedingung „Emotionsattribution“). Als Baseline diente das gleiche Szenario, bei dem der Ausdruck jedoch neutral blieb und die Probanden den Fokus der Aufmerksamkeit über die Blickrichtung des gefilmten Schauspielers angeben sollten (Bedingung „Kontrolle“). Bei der Emotionsattributionsbedingung zeigten sich gegenüber der Kontrollbedingung Mehraktivierungen im dorso-medialen präfrontalen Kortex, anterioren Cingulum, orbitofrontalen Kortex, Temporalpol und Amygdala. Im dorso-medialen präfrontalen Kortex waren dies ein eher dorsaler, laut Autoren ToM-typischer Anteil und ein mehr ventral gelegener Teil, dessen Aktivierung die Autoren auf den Vorgang der Prozessierung von Emotionen zurückführten. Auch die Mehraktivierung im anterioren Cingulum interpretierten die Autoren mit diesem Vorgang, jedoch scheint hier im Gegensatz zur Emotionsprozessierung im ventralen dorso-medialen präfrontalen Kortex eine eher automatisch ablaufende Zuschreibung von Basisemotionen, ähnlich dem impliziten sozialen Urteilen, im Vordergrund zu stehen. Die Mehraktivierung im orbitofrontalen Kortex deuteten die Autoren mit der Wahrnehmung von Stimuli mit emotionaler oder sozialer Bedeutung. Auf die Bewertung derartiger visueller Stimuli führten sie die Mehraktivierungen in Temporalpol und Amygdala zurück.

Eine Studie von Heberlein und Saxe (2005) beschäftigte sich mit Emotionsattribution aufgrund von Bewegungsmustern. Hierfür wurden den Probanden, während sie im Kernspintomographen lagen, kurze Videos mit sogenannten „point-light walker body movements“ gezeigt. In den Videosequenzen wurden von einem Schauspieler, auf dessen Körper Lichtpunkte fixiert waren, in einem abgedunkelten Raum bestimmte Emotionen dargestellt, sodass abstrahierte menschliche Bewegungsmuster zu sehen waren. Nach Betrachtung jedes einzelnen Videos bekamen die Probanden eine der vier Emotionen *fröhlich*, *traurig*, *ärgerlich* oder *ängstlich* in Form eines vorher eingeübten 3-Buchstaben-Codes präsentiert und sollten mittels Knopfdruck auf einer Reaktionsbox (vier Tasten entsprechend einer Vier-Punkte-Likert-Skala) beurteilen, wie stark die jeweilige Emotion mit dem gesehenen Bewegungsmuster übereinstimmt. Anhand der gleichen Stimuli sollten in einem

vergleichbaren Prozedere außerdem Persönlichkeitsmerkmale beurteilt werden, wobei sich die Beurteilungen von Emotion und Persönlichkeit abwechselten. Im Vergleich zur Zuschreibung der Persönlichkeitsmerkmale zeigte sich bei der Emotionsattribution eine signifikante Mehraktivierung im rechten postzentralen Gyrus bzw. im rechten somatosensorischen/supramarginalen Gyrus. Dieser Befund replizierte das Ergebnis einer früheren Läsionsstudie (Heberlein et al., 2004), laut welcher Verletzungen in dieser Gehirnregion zu einem Defizit bei der Emotionsattribution führen. Die Mehraktivierung wurde von den Autoren als Korrelat eines relativ automatisch ablaufenden Vorgangs interpretiert, bei dem anderen Personen einfache Basisemotionen unter Benutzung eines Simulationsmechanismus' zugeschrieben werden.

Den Vorgang der bewussten Perspektivenübernahme untersuchten Hynes, Baird und Grafton (2005) und verglichen hierbei Aufgaben mit emotionalem und kognitivem Inhalt. Dazu wurden den im MRT liegenden Probanden kurze Geschichten, jeweils in einer Frage mit drei Antwortalternativen endend, vorgelesen. So ergaben sich drei Bedingungen: „kognitive Perspektivenübernahme“ (z. B. Ein Einbrecher wird auf frischer Tat von einem Polizisten ertappt und gibt auf. Warum gibt der Einbrecher auf? 1.) Er hat entschieden, dass der Einbruch ein Fehler war. 2.) Er denkt, der Polizist weiß, dass er den Einbruch begangen hat. 3.) Er schützt seinen weglaufernden Partner.), „emotionale Perspektivenübernahme“ (z. B. Ruth fährt von Debbies Haus weg. Als sie über etwas drüberfährt, denkt sie, sie hat die Katze überfahren. Als sie aussteigt, sieht sie, dass es eine Schwelle war und dass die Katze sicher auf der anderen Straßenseite ist. Wie fühlt sich Ruth? 1.) Sie ist froh, dass sie die Katze nicht getötet hat. 2.) Sie ist besorgt, weil sie angehalten hat. 3.) Sie ärgert sich, weil die Katze überlebt hat.) und die Kontrollbedingung, in der rationales Entscheiden, z. B. für einen Ratenkauf, analog mit 3 Antwortalternativen begründet werden soll. Vor jeder Geschichte wurden die Probanden aufgefordert, sich je nach Bedingung entweder auf die Gedanken oder die Gefühle des Protagonisten oder auf die Details der Geschichte zu konzentrieren und sich bei Erscheinen der Antwortalternativen per Tastendruck zu entscheiden. Die Bedingungen wurden in Blockdesign präsentiert. Bei beiden Versuchsbedingungen zeigte sich gegenüber der Kontrollbedingung eine Mehraktivierung im medialen präfrontalen Kortex und der temporoparietalen Junction, was die Autoren als Korrelat der Perspektivenübernahme im Allgemeinen interpretierten. Ebenfalls in beiden Bedingungen zeigten sich Aktivierungen in lateralen orbitalen Regionen (BA 47), welche durch bewusste oder auch unbewusste Regulation der durch die Stimuli hervorgerufenen Emotionen erklärt wurde. Beim Vergleich der emotionalen mit der kognitiven Perspektivenübernahme zeigte sich eine Mehraktivierung

in medialen orbitofrontalen Regionen (BA 11). Diese wurde von den Autoren als Korrelat eines Simulationsvorgangs gedeutet, durch welchen die Probanden die emotionale Perspektive des Protagonisten einnahmen.

Zaki, Weber, Bolger und Ochsner (2009) untersuchten die Korrelate des Vorgangs der Emotionsattribution in einem möglichst natürlichen Setting. Als Stimuli verwendeten sie kurze Videos, auf denen Menschen zu sehen sind, die von einem realen autobiographischen Ereignis berichten, welches eine stark positive oder negative emotionale Komponente hat. Nach Aufnahme der Videos beurteilten die Gefilmten selbst anhand einer Neun-Punkte-Likert-Skala, wie positiv oder negativ sie sich beim Erzählen (nicht beim Erleben des Erzählten) gefühlt hätten. Den im Kernspintomographen befindlichen Probanden wurden diese Videos gezeigt. Jeweils am Ende einer Sequenz sollte der Proband anhand der gleichen Neun-Punkte-Likert-Skala beurteilen, wie positiv oder negativ sich die gefilmte Person auf dem Video fühlt. Während des von den Autoren „empathically accurate judgement“ genannten Vorgangs (ähnliche Beurteilung der emotionalen Gehalts durch den Probanden wie durch die gefilmte Person selbst) zeigten sich Mehraktivierungen in zwei verschiedenen Netzwerken: Zum Einen im dorsalen und rostralen medialen präfrontalen Kortex und im superioren temporalen Sulcus, welche laut Autoren Bestandteil eines Systems von Neuronen sind, das zur Zuschreibung mentaler Zustände (mental state attributions, MSA) rekrutiert wird. Zum Anderen zeigten sich Mehraktivierungen im inferioren parietalen Lobulus und im dorsalen prämotorischen Kortex, welche zum Spiegelneuronensystem gezählt werden (shared representations, SR). Die Autoren folgerten daraus, dass zur Attribution von Emotionen beide Systeme rekrutiert werden. Der Vorgang der Emotionszuschreibung bestehe sowohl im Aufrechterhalten und Lenken der Aufmerksamkeit hin zu den gesendeten verbalen und nonverbalen affektiven Signalen einer anderen Person (repräsentiert durch die Aktivität im Spiegelneuronensystem), als auch in der Deduktion des mentalen Zustandes der Person durch die Integration dieser Signale (repräsentiert durch die Aktivität im MSA-System). Laut Autoren könnte das gefundene Aktivierungsmuster in beiden Systemen gut dem komplexen Vorgang der Emotionsattribution entsprechen, bei welchem gerade in natürlichen Settings multimodale, dynamische und kontextgebundene Informationen integriert werden müssen.

Bei Zusammenschau der vorgestellten Studien werden einige Gehirnareale übereinstimmend, andere jedoch voneinander abweichend als neuronale Korrelate der Emotionsattribution bei Erwachsenen bezeichnet. In Abschnitt 1.6 werden diese noch einmal zusammenfassend gegenübergestellt und daraus unter Miteinbeziehung der Befunde aus den folgenden beiden Abschnitten über die Korrelate moralisch relevanter Stimuli sowie über die

ToM-Korrelate bei Kindern die Untersuchungshypothesen für die vorliegende Studie abgeleitet.

1.5.2 Neuronale Korrelate der Verarbeitung moralisch relevanter Stimuli

Da in der vorliegenden Studie die Emotionsattribution nach neutralen und unmoralischen Intentionen miteinander verglichen wird, liegt die Frage nach neuronalen Korrelaten für die Verarbeitung moralisch relevanter Stimuli nahe. Einige bildgebende Studien beschäftigten sich mit der Suche nach einem Gehirnnareal, welches spezifisch Aufgaben mit moralischem Inhalt prozessiert.

So untersuchten Moll, Oliveira-Souza, Bramati und Grafman (2002) erwachsene Probanden, welche während einer fMRT-Messung verschiedenartige kurze Sätze zu lesen bekamen und beurteilen sollten, ob diese richtig oder falsch seien. In der Bedingung „neutral“ waren dies einfache Aussagen (z. B. „Alte Menschen schlafen nachts mehr.“), in der Bedingung „moralisch“ emotional aversive Situationen mit moralischem Inhalt (z. B. „Alte Menschen sind nutzlos.“) und in der Bedingung „nicht moralisch“ emotional aversive Situationen ohne moralischen Inhalt (z. B. „Alte Menschen essen lebendige Kröten.“). Die Bedingungen „moralisch“ und „nicht moralisch“ wurden jeweils mit der Bedingung „neutral“ als Baseline verglichen. Während sich in der Bedingung „nicht moralisch“ eine Mehraktivierung im lateralen orbitofrontalen Kortex und der Amygdala zeigte, waren in der Bedingung „moralisch“ mediale Anteile des orbitofrontalen Kortex (medialer OFC) sowie der superiore temporale Sulcus (STS) signifikant stärker aktiviert. In beiden Versuchsbedingungen zeigte sich gegenüber der Baseline eine Mehraktivierung im Temporalpol. Die Aktivierung in der Amygdala führten die Autoren zurück auf deren Rolle bei der Verarbeitung angenehmer wie auch aversiver emotionaler Stimuli. Der mediale OFC scheint bei der Integration von moralischem Wissen und Emotionen eine Rolle zu spielen. Über Projektionen vom STS findet dort laut Autoren ebenso die Verarbeitung von Informationen über die Intentionen und Emotionen anderer statt. Die Mehraktivierung im Temporalpol in beiden Versuchsbedingungen interpretierten die Autoren als Korrelat nicht-spezifischer emotionaler Prozessierung, unabhängig vom moralischen Gehalt der Aufgabe.

Finger, Marsh, Kamel, Mitchell und Blair (2006) untersuchten, welche Gehirnnareale in Situationen mit moralischen oder sozialen Regelverletzungen aktiv sind. Die Probanden lasen während einer fMRT-Messung kurze Geschichten, in denen eine Ausgangssituation (z. B. „Du bist auf einer Party und trinkst Bier. Du weißt, dass du betrunken bist.“) entweder neutral (Bedingung „neutral“, z. B. „Du läufst durch die dunklen Straßen und vorbei an vielen

Häusern nach Hause.“), mit moralischer Regelverletzung (Bedingung „moralisch“, z. B. „Du fährst nach Hause. An einer Ampel rammst du ein anderes Auto und tötest den Insassen.“) oder mit sozial unangebrachtem Verhalten (Bedingung „sozial“, z. B. „Dein Freund bietet an, dich nach Hause zu fahren. Bevor du einsteigst, übergibst du dich hinter einem Baum.“) endete. Des Weiteren wurde unterschieden, ob in der Geschichte Zuschauer anwesend waren, die Zeugen der Regelverletzung wurden, oder ob diese unbeobachtet geschah (Bedingung „Zuschauer anwesend“ (z. B. „Die Leute auf dem Gehsteig starren dich an.“) und Bedingung „Zuschauer abwesend“ (z. B. „Niemand sieht dich dabei.“)). Die Geschichten waren so formuliert, dass der Proband sich als Protagonist der jeweiligen Situation fühlte. Im ventrolateralen (BA 47) und dorsomedialen präfrontalen Kortex (BA 8) zeigten sich die stärksten Aktivierungen in der Bedingung „moralisch“ (unabhängig von der Anwesenheit von Zuschauern), gefolgt von der Bedingung „sozial“ (nur unter Anwesenheit von Zuschauern) und der geringsten Aktivierung in der Bedingung „neutral“. Dies interpretierten die Autoren als Korrelat der Verarbeitung von aversiven sozialen Informationen oder einem Konflikt, der das Nachdenken über eine Lösungsstrategie, z. B. eine Änderung des eigenen Verhaltens, veranlasst. Der Temporalpol/superiore temporale Gyrus (BA 22 und 38) zeigte unabhängig von der Anwesenheit von Zuschauern die stärkste Aktivierung in der Bedingung „moralisch“ im Vergleich mit den Bedingungen „sozial“ und „neutral“. Mehraktivierungen in der temporoparietalen Junction (BA 40) zeigten sich in den Bedingungen „moralisch“ und „sozial“ gegenüber der Bedingung „neutral“ – wiederum unabhängig von der Anwesenheit von Zuschauern. Diese laut Autoren ToM-typischen Areale sind involviert in die Prozessierung moralischer oder sozialer Normen.

So scheint es einige Gehirnareale zu geben, deren Aktivierung mit der Verarbeitung moralisch relevanter Stimuli korreliert. Nach der Erläuterung einiger bildgebender Studien zur ToM bei Kindern werden sämtliche Befunde für die Hypothesenableitung zusammengefasst.

1.5.3 Neuronale Korrelate der ToM bei Kindern

Während es auf der Verhaltensebene zahlreiche Studien gibt, die die Theory of Mind unter entwicklungspsychologischen Gesichtspunkten an Kindern verschiedener Altersgruppen untersucht haben, ist die Datenlage im Bereich der Bildgebung weniger umfangreich. Da zur Emotionsattribution im Speziellen bisher keine Untersuchungen vorliegen, werden im Folgenden Studien vorgestellt, die andere Komponenten der ToM, wie z. B. die Belief-Attribution oder auch ToM-Vorläufer-Funktionen, bei Kindern und im Altersvergleich

untersucht haben und damit der vorliegenden Studie bezüglich der untersuchten mentalen Vorgänge möglichst nahekommen.

Kobayashi, Glover und Temple (2007) untersuchten die neuronalen Aktivierungsmuster bei der Bearbeitung von verbalen und nichtverbalen false-belief-Aufgaben an 8- bis 12-jährigen Kindern im Vergleich zu Erwachsenen. Dazu wurden den im Scanner liegenden Probanden alternierend in schriftlicher und in Bildform second-order-false-belief-Geschichten, non-ToM-Kontroll-Geschichten sowie nicht zusammenhängende Sätze bzw. Bilder (Baseline) gezeigt. Diese wurden jeweils in fünf einzelnen Sätzen bzw. Bildern präsentiert, gefolgt von zwei möglichen Sätzen bzw. Bildern als Ausgang der Geschichte (Outcome). Aus diesen mussten die Probanden mittels Knopfdruck auf einer im MRT befindlichen Reaktionsbox die richtige Alternative auswählen. In der Baseline-Bedingung wurden als Outcome zwei verschiedene Sätze bzw. Bilder präsentiert, von welchen die Probanden diejenige Alternative auswählen sollten, die in den gerade gesehenen fünf Sätzen bzw. Bildern vorkam. Bei beiden Probandengruppen (Erwachsene und Kinder) zeigten sich bei der ToM-Bedingung im Vergleich mit der non-ToM-Bedingung Aktivierungen im inferioren parietalen Lobulus (IPL) und im dorsolateralen präfrontalen Kortex (DLPFC)/mittleren frontalen Gyrus (MFG). Der IPL wird als Teil des Spiegelneuronen-Systems diskutiert und bildet so laut Autorenmeinung über Imitation und Simulation die Basis für höhere ToM-Fähigkeiten. Die Aktivierungen im DLPFC/MFG wurden als Korrelat einer zur Bearbeitung der second-order-false-belief-Aufgaben nötigen höheren Funktion gedeutet, nämlich der inhibitorischen Kontrolle des eigenen sowie eines weiteren fremden mentalen Zustandes. Im Vergleich zu den Erwachsenen fiel bei den Kindern eine diffusere Aktivierung auf, so unter anderem im rechten superioren temporalen Gyrus. Dieser wurde in früheren Studien als zuständig für verschiedene ToM-Vorläufer-Funktionen wie Empathiefähigkeit durch Imitation oder das Verfolgen von Blickrichtungen beschrieben (Akiyama et al., 2006; Leslie, Johnson-Frey & Grafton, 2004). Beim Vergleich der verbalen mit den nonverbalen Geschichten fiel ein unterschiedliches Aktivierungsmuster der beiden Probandengruppen auf: Während der linke inferiore frontale Gyrus (IFG) und die temporoparietale Junction (TPJ) bei den Erwachsenen bei Bearbeitung der Geschichten in Schriftform signifikant mehr aktiviert wurde als beim Bearbeiten der Cartoons, war dies bei den Kindern umgekehrt (Mehraktivierungen in diesen Arealen beim Bearbeiten der Bild- gegenüber der schriftlichen Form). Der IFG wurde ebenfalls als Teil des Spiegelneuronen-Systems beschrieben, während die TPJ laut Autoren an der Unterscheidung zwischen eigenen und fremden Handlungen sowie an der Prozessierung von belief-Konzepten beteiligt ist. Beide gefundenen

Mehraktivierungen zusammen ließen die Autoren darauf schließen, dass Kinder die ToM-Aufgaben eher visuell bearbeiten, während dies bei Erwachsenen vorrangig auf verbaler Ebene geschieht.

Diese Ergebnisse wurden durch eine Studie von Sommer, Meinhardt, Eichenmüller, Sodian, Döhnelt und Hajak (2010) vertieft und erweitert. Sie untersuchten die neuronalen Korrelate von true- und false-belief-Aufgaben an 10- bis 12-jährigen Kindern im Vergleich mit Erwachsenen. Als Stimuli dienten nonverbale Bildergeschichten mit dem leicht modifizierten klassischen false-belief-Paradigma: In vier Bildern wird das durch den Protagonisten beobachtete (true-belief-Bedingung) oder unbeobachtete (false-belief-Bedingung) Verschieben eines Objektes an einen anderen Ort dargestellt. Auf dem fünften Bild (Outcome) sucht der Protagonist am ursprünglichen oder am neuen Ort, was durch den im fMRT befindlichen Probanden durch Drücken auf einer Reaktionsbox mit „erwartet“ oder „unerwartet“ bewerten werden soll. In beiden Probandengruppen zeigten sich Aktivierungen im medialen dorsalen präfrontalen Kortex (mdPFC)/dorsalen anterioren Cingulum. Im Vergleich zu den erwachsenen Probanden fanden sich bei den Kindern insgesamt größere Areale mit Mehraktivierungen, stärkere Aktivierungen darunter im posterioren Cingulum und im rostralen präfrontalen Kortex (rPFC). Dagegen fehlte die bei Erwachsenen nachgewiesene Mehraktivierung in der temporoparietalen Junction (TPJ). Die Aktivierungen im mdPFC und anterioren Cingulum repräsentieren laut Autoren das kontinuierliche Aktualisieren möglicher zukünftiger Handlungen zur Verhaltensmodifizierung, was im Rahmen der Belief-Attribution von Bedeutung ist. Die Aktivierung im rPFC wurde im Zusammenhang mit dem Verstehen und Prozessieren sozialer Informationen allgemein und dem Nachdenken über Intentionen interpretiert. Die bei den Kindern fehlende Aktivierung in der TPJ ist laut Autoren Ausdruck der Modulation der kortikalen Netzwerke im Lauf der Gehirnentwicklung. So repliziert dieser Befund die Ergebnisse von Saxe, Whitfield-Gabrieli und Pelphrey (2009), welche die Rolle der TPJ im Wandel der Entwicklung so beschrieben: Bei Kindern finde dort eine wenig spezifische, generelle Verarbeitung sozialer Informationen statt. Erst später entwickle sich die selektivere Verarbeitung und Spezialisierung in der sozialen Domäne, wie sie bei Erwachsenen in Zusammenhang mit ToM-Funktionen gefunden wird. Dies lässt folgern, dass die kortikalen Netzwerke zur Bearbeitung von Mentalisierungsaufgaben im Alter von 10 bis 12 Jahren noch in Entwicklung befindlich sind.

Moriguchi, Ohnishi, Mori, Matsuda und Komaki (2007) untersuchten an 9- bis 16-jährigen Kindern und Jugendlichen die neuronalen Korrelate der ToM in der Entwicklung. Sie verwendeten als Stimuli 20 Sekunden dauernde Videos mit animierten Triangel-Formen,

welche menschlichen Interaktionsweisen nachempfunden waren, so z. B. gegenseitiges Überzeugen, Täuschen oder Überraschen (entwickelt von Abell, Happé und Frith, 2000). Als Kontrollbedingung dienten Videosequenzen, in welchen die beiden Triangel-Formen zufällige, ungerichtete Bewegungen ausführten. Die Probanden bekamen während der Betrachtung der Videos im MRT die Anweisung, über die Handlungen und Gedanken der animierten Formen nachzudenken. Nach der Messung wurden sie gefragt, was sie während dieser gedacht hatten, um sicherzustellen, dass sie den Triangeln Intentionen zugeschrieben hatten. Beim Vergleich der Versuchsbedingung mit der Baseline zeigte sich im Allgemeinen ein laut Autoren ToM-typisches Aktivierungsmuster, wie es in früheren Studien bei erwachsenen Probanden festgestellt wurde, nämlich im medialen präfrontalen Kortex (MPFC), superioren temporalen Sulcus (STS) und Temporalpol (TP), außerdem gab es Mehraktivierungen im Cerebellum, dorsalen prämotorischen Kortex und fusiformen Gyrus. Innerhalb der untersuchten Probandengruppe zeigte sich eine altersabhängige Korrelation in der Aktivierung des MPFC: Während die 9- bis 12-jährigen Kinder vornehmlich ventrale Anteile aktivierten, waren bei den älteren Jugendlichen eher dorsale Anteile aktiv, was dem Aktivierungsmuster erwachsener Probanden entspricht. Dies interpretierten die Autoren als Entwicklungsvorgang des bis ins späte Jugendalter reifenden Frontalkortex sowie als unterschiedlich ablaufenden Prozess bei der Zuschreibung mentaler Zustände: Der ventrale Anteil des MPFC wird bei Aufgaben mit emotionalem Kontext und Mentalisierungsvorgängen mit Selbstbezug rekrutiert, der dorsale Anteil eher bei kognitiven Aufgaben und speziell im Rahmen der sozialen Kognition. Daraus leiteten die Autoren ab, dass anderen Personen mentale Zustände zuerst über Simulationsmechanismen zugeschrieben werden, wohingegen mit fortschreitender Entwicklung das sozial-kognitive Verstehen anderer Individuen in den Vordergrund rückt. Bei der Reifung des beschriebenen ToM-Systems liegt also eine Verschiebung der Rekrutierung von ventralen hin zu dorsalen Anteilen vor. Im Gegensatz zu diesem Maturationsprozess wurde bei der Aktivierung von STS und TP innerhalb der untersuchten Probandengruppe keine altersabhängige Veränderung beobachtet. Diese Areale wurden als zuständig für ToM-Vorläuferfunktionen beschrieben, welche schon im Kleinkindalter vollständig ausgebildet sind. Diese Befunde lassen folgern, dass die funktionelle Reifung von STS und TP im Alter von 9 Jahren größtenteils abgeschlossen ist.

Das gleiche Paradigma verwendeten auch Onishi et al. (2004) und untersuchten außerdem den Zusammenhang zwischen Spiegelneuronensystem und Mentalisierungsvorgängen. Die Autoren suchten nach Übereinstimmungen und Unterschieden in der Aktivierung von Gehirnarealen, wenn entweder nur das Spiegelneuronensystem benötigt wird (durch

Betrachtung von alltäglichen Bewegungen, Bedingung „mirror system“), oder eine Mentalisierungsaufgabe ausgeführt wird (durch Betrachtung von animierten Triangel-Figuren (s. o.) und Zuschreibung von Intentionen, Bedingung „mentalizing“). Übereinstimmende Aktivierung bei beiden Bedingungen zeigte sich u. a. im superioren temporalen Sulcus (STS) und im fusiformen Gyrus. Diese Areale wurden im Zusammenhang mit der Wahrnehmung von Bewegungen belebter Entitäten und intentionalen Handlungen im Rahmen der sozialen Perzeption beschrieben. Die Autoren deuteten dies als Beleg für die Entwicklung der höheren ToM-Fertigkeiten aus der Fähigkeit der Bewegungswahrnehmung, welcher das Spiegelneuronensystem als neuronales Korrelat zugeschrieben wird. Der am weitesten posterior gelegene Teil des STS (der Übergang zum inferioren parietalen Kortex) sowie der Temporalpol zeigten eine Mehraktivierung in der Mentalisierungsbedingung gegenüber der „mirror system“-Bedingung. Beide gelten als ToM-typische Areale: Der inferiore parietale Kortex wurde im Zusammenhang mit Perspektivenübernahme bzw. der Unterscheidung zwischen sich selbst und anderen beschrieben (Ruby & Decety, 2001). Die Temporalpole gelten als Teil eines Netzwerks zur Prozessierung von Informationen über Intentionen. Die Autoren folgerten daraus, dass sich die Fähigkeit zum Mentalisieren aus einfacheren Vorstufen entwickelt, wobei dafür zusätzlich zu den für diese Vorstufen benötigten Gehirnregionen (wie z. B. dem Spiegelneuronensystem) weitere Areale rekrutiert werden.

Die vorgestellten Studien zu neuronalen Korrelaten der ToM bei Kindern bilden hinsichtlich der untersuchten Prozesse eine Annäherung an das Paradigma der vorliegenden Studie, welche die neuronalen Korrelate der Emotionsattribution bei Kindern untersucht. So werden im folgenden und letzten Abschnitt die Ergebnisse der Verhaltensstudien zur kognitiven Entwicklung, die Daten über die morphologische Reifung des Gehirns sowie die Befunde aus den bildgebenden Studien zusammengefasst und daraus die Untersuchungshypothesen für die vorliegende Studie abgeleitet.

1.6 Zusammenfassung und Aufstellung der Untersuchungshypothesen

Während es zu den ToM-Konzepten der belief-Attribution und Intentionsattribution bzw. zu deren Vorläufern bildgebende Studien auch mit Kinder gibt, fehlen diese auf dem Gebiet der Emotionsattribution. Dies zu untersuchen, hat sich die vorliegende Studie zur Aufgabe gemacht.

Auf Verhaltensebene kann beobachtet werden, dass die Zuschreibung von Emotionen aufgrund einer erfüllten oder unerfüllten Intention bereits im Alter von 3 Jahren möglich ist (Yuill, 1984), im Zusammenhang mit einer normativen Bewertung nach unmoralischen

Wünschen jedoch erst im Alter von 10 Jahren. Übereinstimmend wird aus den Ergebnissen von Lagatutta (2005), Nunner-Winkler und Sodian (1988) und Yuill et al. (1996) deutlich, dass erst dann die Konsequenzen der Erfüllung einer unmoralischen Intention verstanden werden und einerseits eine zielorientierte wie auch andererseits eine moralische bzw. regelorientierte Sichtweise integriert werden können.

Für die vorliegende Studie an 10- bis 12-jährigen Kindern zur Emotionsattribution nach neutralen und unmoralischen Intentionen wird auf Verhaltensebene erwartet, dass die Probanden im Kernspintomographen bei der Bedingung „*neutral erfüllt*“ dem Protagonisten einen fröhlichen Smiley zuordnen und bei der Bedingung „*neutral unerfüllt*“ einen traurigen, was auf eine zielorientierte Sichtweise zurückgeführt wird, welche gemäß Yuill (1984) schon ab einem Alter von 3 Jahren ausgebildet ist. Auch bei der Bedingung „*unmoralisch unerfüllt*“ wird die Wahl des traurigen Smileys erwartet, da sowohl ziel- als auch moralorientierte Sichtweise zur Attribution negativer Emotionen führen. Bei der gewissermaßen kritischen Bedingung „*unmoralisch erfüllt*“, bei der Intentionserfüllung und Regelverletzung um gegensätzliche Emotionen konkurrieren, wird erwartet, dass dem Protagonisten ein trauriger Smiley zugeordnet wird, da laut Nunner-Winkler und Sodian (1988) und Yuill et al. (1996) eine moralorientierte Sichtweise vorherrscht, welche die Intentionserfüllung hinter die Regelverletzung zurückstellt. Beim Rating wird erwartet, dass die Bedingung „*neutral erfüllt*“ mit positiven und die Bedingungen „*neutral unerfüllt*“ und „*unmoralisch unerfüllt*“ mit negativen Emotionen bewertet werden. Für die Bedingung „*unmoralisch erfüllt*“ werden als Folgerung aus den Ergebnissen von Lagatutta (2005) und Yuill et al. (1996) negative oder auch gemischte Emotionen erwartet, da von 10- bis 12-jährigen Kindern sowohl die moralorientierte als auch die zielorientierte Perspektive simultan eingenommen werden können.

Die Altersspanne der untersuchten Kinder ist auch unter dem Gesichtspunkt der morphologischen Reifung des Gehirns von großem Interesse. Das gesamte Gehirn, besonders jedoch der oft in Verbindung mit ToM-Aufgaben beschriebene Frontalkortex, unterliegt einem andauernden Reifungsprozess. Während sich das Volumen der grauen Substanz im Frontalkortex in der Kindheit stetig vergrößert, findet ab dem 12. Lebensjahr ein Abbau der grauen Substanz in diesem Areal statt (Giedd et al., 1999). Gogtay et al. (2004) und Tsujimoto (2008) beschreiben eine bis in die späte Adoleszenz andauernde Reifung des präfrontalen Kortex. Yurgelun-Todd (2007) schließlich fand bei Kindern eine vom Muster erwachsener Probanden abweichende Prozessierung kognitiver wie auch affektiver Stimuli mit vergleichsweise diffuser Aktivierung und Rekrutierung größerer Areale des präfrontalen

Kortex'. Also kann im Alter von 10 bis 12 Jahren erwartet werden, dass zwar die Emotionsattributionsaufgaben korrekt bearbeitet werden können, jedoch, wie auch Kobayashi et al. (2007) und Moriguchi et al. (2007) berichten, zum Teil andere und wohl auch diffusere Aktivierungsmuster als bei erwachsenen Probanden gefunden werden, da noch ein gravierender morphologischer Reifungsprozess des Gehirns bevorsteht.

Da keine Studien zu neuronalen Korrelaten der Emotionsattribution bei Kindern vorliegen, müssen die Hypothesen über die erwartete Aktivierung von Gehirnarealen aus Studien mit erwachsenen Probanden und Studien mit Kindern zu anderen ToM-Bereichen abgeleitet werden. Als neuronale Korrelate der Emotionsattribution bei Erwachsenen werden verschiedene Gehirnareale beschrieben. Relativ konsistent berichten Ochsner et al. (2004), Wicker et al. (2003), Hynes et al. (2005) und Zaki et al. (2009) von Aktivierungen im medialen präfrontalen Kortex (MPFC). Auch temporoparietale Areale werden beschrieben. So fanden Ochsner et al. (2004) und Zaki et al. (2009) Aktivierungen im superioren temporalen Gyrus/Sulcus, Wicker et al. (2003) im Temporalpol, Hynes et al. (2005) in der temporoparietalen Junction, Heberlein und Saxe (2005) im postzentralen Gyrus des Parietallappens und Zaki et al. (2009) im inferioren parietalen Lobulus. Bei Ochsner et al. (2004) und Wicker et al. (2003) werden außerdem Aktivierungen im Bereich des Cingulums/Precuneus' beschrieben. In ihren ToM-Studien an Kindern aus Bereichen, die dem hier verwendeten Paradigma möglichst nahekommen, fanden Kobayashi et al. (2007), Sommer et al. (2010) und Moriguchi et al. (2007) Aktivierungen im lateralen und medialen präfrontalen Kortex, außerdem im superioren temporalen Sulcus/Gyrus, von dem auch Onishi et al. (2004) berichten. Aus diesen Befunden wird für die vorliegende Studie die Hypothese abgeleitet, dass bei den 10- bis 12-jährigen Probanden während des Vorgangs der Emotionsattribution Aktivierungen im MPFC, in temporoparietalen Regionen sowie im Bereich des Cingulums/Precuneus' beobachtet werden können.

Zur Fragestellung nach neuronalen Korrelaten der Emotionsattribution nach unmoralischen Intentionen liegen weder Studien mit Erwachsenen noch mit Kindern vor, welche mit dem vorliegend untersuchten Paradigma vergleichbar sind. Am nächsten kommen dem vermuteten zugrunde liegenden Prozessierungsmechanismus die Studien von Moll et al. (2002) und Finger et al. (2006) an erwachsenen Probanden. Diese berichten übereinstimmend von Aktivierungen im medialen orbitofrontalen bzw. ventrolateralen präfrontalen Kortex sowie im superioren temporalen Sulcus/Gyrus bei der Verarbeitung moralisch relevanter Stimuli. Deshalb werden für die vorliegende Untersuchung zusätzliche oder stärkere Aktivierungen in

diesen Regionen erwartet, wenn der Emotionsattribution eine unmoralische anstelle einer neutralen Intention vorausging.

2. Methoden

2.1 Stichprobe

An der Studie nahmen insgesamt 15 Probanden teil. Die 7 Mädchen und 8 Buben, allesamt Rechtshänder, waren zwischen 10 und 12 Jahre alt, der Durchschnitt lag bei 10.93 Jahren ($SD = 0.70$). Alle Kinder besuchten die fünfte oder sechste Klasse eines Regensburger Gymnasiums. Die IQ-Spanne lag zwischen 101 und 138 Punkten bei einem Mittelwert von 117.20 Punkten und einer Standardabweichung von 9.85 Punkten. Bei einem vorhergehenden telefonischen Kurzinterview wurde das Vorliegen von ADHS, Autismus und anderen psychiatrischen Erkrankungen ausgeschlossen. Des Weiteren durften keine metallischen Implantate, eine Zahnsperre oder eine nicht durch Kontaktlinsen korrigierbare Sehschwäche über 6.0 Dioptrien vorliegen. Diese Kriterien wurden von allen Versuchspersonen erfüllt. Von den anfänglich 24 rekrutierten Probanden mussten 9 aufgrund abgebrochener Messungen, zu starker Bewegungen während der Messung oder anderweitig nicht verwertbarer Daten von der Auswertung ausgeschlossen werden.

Die Probanden wurden über zwei unterschiedliche Wege rekrutiert. Zum Einen wurden Mitglieder des Cantemus-Chores der Musikschule Regensburg im Anschluss an eine Chorprobe über die Studie informiert und zur Teilnahme aufgerufen. Zum Anderen wurden an verschiedenen Regensburger Gymnasien (Albertus-Magnus-Gymnasium, Albrecht-Altdorfer-Gymnasium und Pindl-Gymnasium) in Rücksprache mit den Direktoren Informationszettel (s. Anlage A im Anhang) in den fünften und sechsten Klasse verteilt. Bei Interesse wurde von den Schülern ein abtrennbarer Abschnitt an die Schule zurückgegeben, woraufhin die Versuchsleiterin telefonisch mit den Schülern bzw. deren Eltern in Kontakt trat.

Bei der Vorstellung zur Messung bekamen Kinder und Eltern jeweils ein ausführliches Informationsblatt zu lesen (s. Anlage B und C im Anhang). Nach Klärung eventueller Fragen wurde von beiden eine Einverständniserklärung gemäß den Richtlinien der Ethikkommission unterzeichnet (s. Anlage D im Anhang). Die Einhaltung der Datenschutzbestimmungen wurde zugesichert.

Alle Probanden nahmen freiwillig an der Studie teil. Zur Belohnung erhielten die Kinder wahlweise einen Drogeriemarkt-Einkaufsgutschein oder einen Kinogutschein im Wert von jeweils 20 Euro. Außerdem wurde den Kindern nachträglich der Ausdruck einer Aufnahme ihres eigenen Gehirns zugeschickt. Die Eltern erhielten eine Aufwandsentschädigung von zehn Euro für anfallende Benzinkosten und Parkgebühren.

2.2 Material

2.2.1 Stimuli

Die verwendeten Stimuli der fünf Bedingungen bestanden aus Bildergeschichten mit vier einzelnen Bildern, die jeweils mit einer kurzen Textbeschreibung versehen waren (entwickelt in Anlehnung an Yuill et al., 1996). Zu sehen waren, wie in Abbildung 2.1 dargestellt, stets drei Kinder, die mit einem Gegenstand spielten. In den Experimentalbedingungen wurde auf dem ersten Bild die Intention eines der Kinder, des Protagonisten, vorgestellt, wobei unterschieden wurde zwischen neutralen und unmoralischen Intentionen: Bei einer neutralen Intention wollte der Protagonist den Gegenstand, z.B. einen Ball, zu einem anderen Kind spielen, während er in der unmoralischen Bedingung ein anderes Kind mit dem Gegenstand verletzen wollte. Auf dem zweiten Bild war der Handlungsausgang (Outcome) zu sehen, wobei die Intention entweder erfüllt wurde oder einem anderen Kind als dem beabsichtigten der Gegenstand zugespielt wurde (neutrale Bedingung) bzw. in der unmoralischen Bedingung ein anderes Kind als das beabsichtigte mit dem Gegenstand verletzt wurde. Auf dem dritten Bild (Target) war der Protagonist allein zu sehen mit der Frage „Wie fühlt sich [Protagonist]?“. Auf allen Bildern waren der Protagonist sowie die übrigen Kinder ohne Gesichtszüge dargestellt, sodass der Proband die Frage allein in Hinblick auf die Intention und deren Erfüllung bzw. Nicht-Erfüllung ohne einen Hinweis durch den Gesichtsausdruck zu beantworten hatte. Auf dem vierten Bild (Antwort) waren nebeneinander ein fröhlicher und ein trauriger Smiley zu sehen, zwischen welchen der Proband mittels Tastendruck mit Zeige- oder Mittelfinger auf der Reaktionsbox im Scanner wählen sollte.

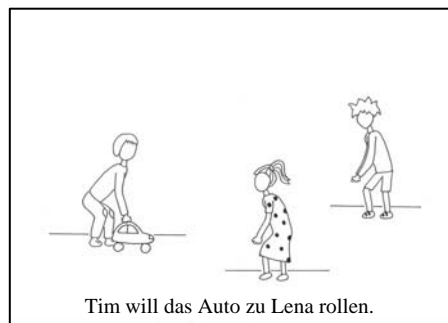
In der Realitätsbedingung waren auf dem ersten Bild drei spielende Kinder zu sehen, der dazugehörige Text gab an, mit welchem Gegenstand die Kinder spielten. Auf dem zweiten Bild hatte eines der Kinder, der Protagonist, den entsprechenden Gegenstand in der Hand. Auf dem dritten Bild war der Protagonist zu sehen mit der Frage „Womit spielt [Protagonist]?“. Auf dem vierten Bild (Antwort) standen nebeneinander zwei Spielzeuge zur Auswahl, aus welchen der Proband wiederum mittels Tastendruck das richtige auswählen sollte. Die Realitätsbedingung wurde zur Bestimmung der Baseline verwendet. Sie besaß die gleiche optische Komplexität sowie ähnlich lange Textbausteine wie die Versuchsbedingungen, erforderte jedoch keine Attribution von Emotionen. Die Namen der spielenden Kinder, die Spielzeuge sowie die Position der

Smileys/Spielzeuge auf dem Antwortbild waren randomisiert und über die Bedingungen ausbalanciert.

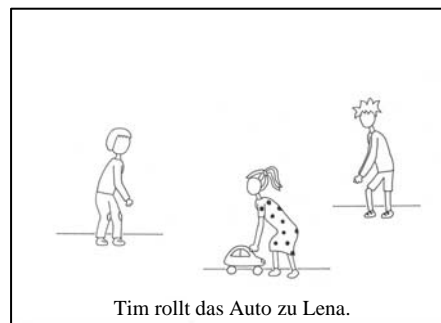
Somit ergaben sich die vier Experimentalbedingungen „*neutral erfüllt*“, „*neutral unerfüllt*“, „*unmoralisch erfüllt*“ und „*unmoralisch unerfüllt*“ und die Realitätsbedingung.

Insgesamt bekam jeder Proband 100 Bildergeschichten während der Messung gezeigt, davon jeweils 20 pro Bedingung. Die Reihenfolge der verschiedenen Bedingungen war hierbei randomisiert. Bei jeder Bildergeschichte waren die ersten drei Bilder, also Intention, Outcome und Target, für jeweils 3000 ms zu sehen, das vierte Bild mit der Antwortauswahl für 1500 ms. Zwischen den einzelnen Bildergeschichten wurde ein Fixationskreuz für die Dauer von 2000 ms eingeblendet. Außerdem war vor dem dritten Bild, also dem Target, ein weiteres Fixationskreuz eingeblendet, wobei die Dauer zwischen 500 und 2000 ms in 500 ms-Schritten gejittert war. Dadurch sollte vermieden werden, dass das BOLD-Signal während des Targets durch vorhergehende Aktivierungen überlagert wird.

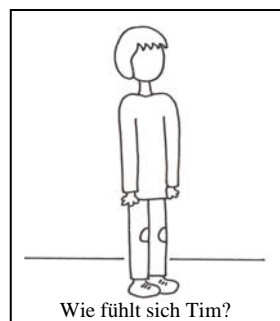
Bedingung „*neutral erfüllt*“



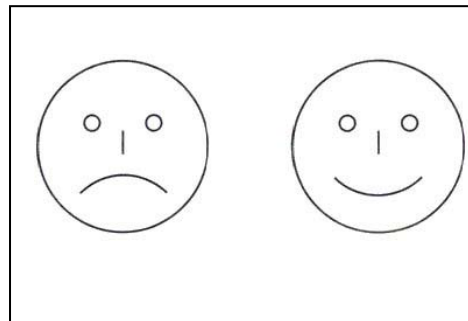
1. Intention



2. Outcome



3. Target



4. Antwort

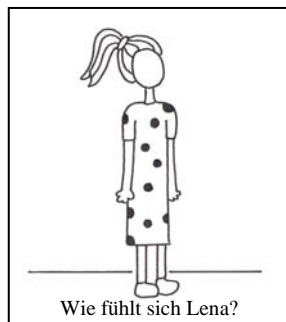
Bedingung „neutral unerfüllt“



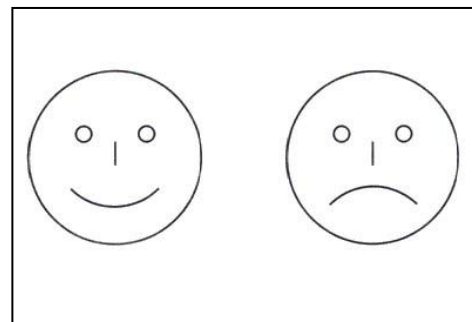
1. Intention



2. Outcome



3. Target



4. Antwort

Bedingung „unmoralisch erfüllt“



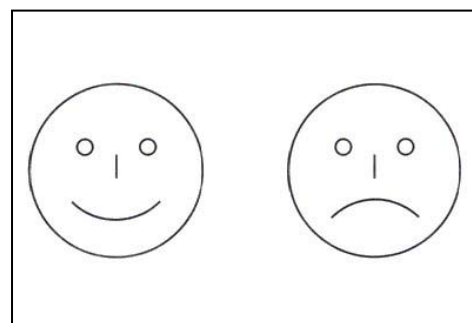
1. Intention



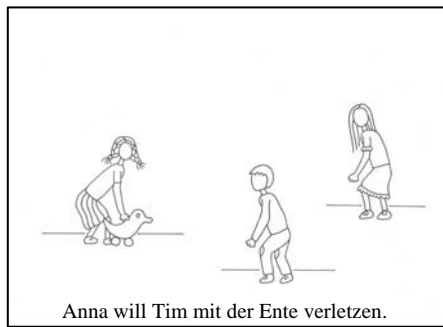
2. Outcome



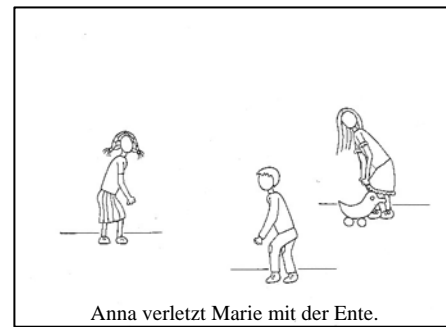
3. Target



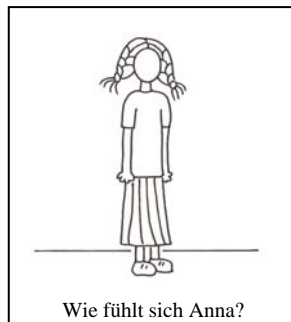
4. Antwort

Bedingung „*unmoralisch unerfüllt*“

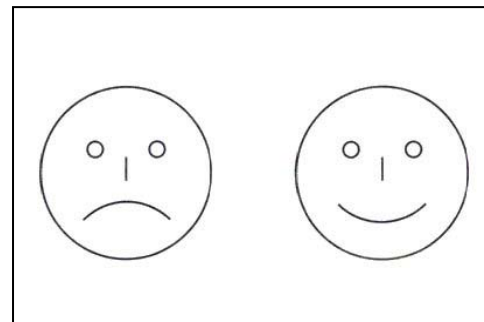
1. Intention



2. Outcome



3. Target



Realitätsbedingung (Baseline)

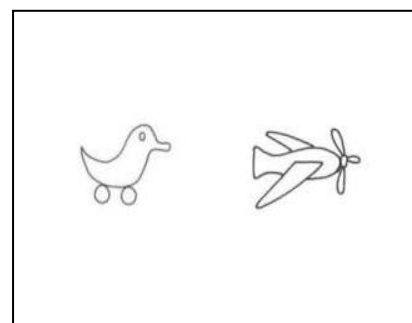
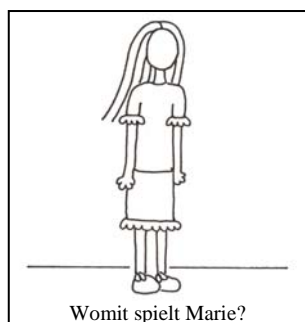


Abbildung 2.1: Verwendete Stimuli; jeweils eine exemplarische Bildergeschichte für die vier Emotionsattributionbedingungen und die Realitätsbedingung

Zusätzlich zur Bearbeitung der Aufgaben während der fMRT-Messung wurde von allen Probanden ein schriftliches Emotionsrating zu einer Auswahl derselben Bildergeschichten durchgeführt (Beispiel s. Anlage E im Anhang). Hierfür waren jeweils die ersten drei Bilder der Bildergeschichten abgebildet, also bis zur Darstellung des Protagonisten mit der Frage „Wie fühlt sich [Protagonist]?“. Anstelle des vierten Bildes waren die acht Emotionen „stolz“, „traurig“, „fröhlich“, „verlegen“, „überrascht“, „verärgert“, „zufrieden“ und „schadenfroh“ mit einer Ratingskala abgebildet. Auf dieser Skala musste jede Emotion mit einem Wert zwischen 1 (trifft gar nicht zu) und 5 (trifft sehr stark zu) bewertet werden. Insgesamt wurden zehn Bildergeschichten auf diese Weise geratet, davon jeweils drei zu den Bedingungen „neutral erfüllt“ und „unmoralisch unerfüllt“ und jeweils zwei zu den Bedingungen „neutral unerfüllt“ und „unmoralisch erfüllt“.

2.2.2 Reizdarbietung

Die Bildergeschichten wurden mit der Software *Presentation* (Neurobehavioral Systems Inc., Albany, CA) auf einem Rechner der Marke *Dell* abgespielt und mit einem Beamer der Marke *NEC* (Modell MT 1030+) auf eine hinter dem Kernspintomographen befindliche Leinwand projiziert, welche die Probanden über einen in der Kopfspule angebrachten Spiegel einsehen konnten. Die Antwort erfolgte per Tastendruck mit Zeige- und Mittelfinger der rechten Hand auf einer MR-kompatiblen Reaktionsbox der Firma *LUMItouch* (Photon Control Inc., Burnaby, Canada). Die Reaktionszeiten und gewählten Antworten wurden ebenfalls mit der Software *Presentation* aufgezeichnet.

2.3 Versuchsablauf

Alle Kinder wurden am vereinbarten Termin zur Messung von einem Elternteil begleitet. Nach der Begrüßung durch die Versuchsleiterin im MRT-Vorraum am Bezirksklinikum Regensburg wurden die Kinder und Eltern über den genauen Ablauf informiert. Zuerst bekamen sie jeweils ein Informationsblatt über die Studie im Allgemeinen und die Kernspinnmessung im Speziellen zu lesen. Auf diesem musste durch die Eltern nochmals bestätigt werden, dass ihr Kind weder Metallteile im Körper hat noch andere Kontraindikationen vorliegen und das Kind somit für die Messung im MRT geeignet ist. Eltern und Kinder unterschrieben eine Einverständniserklärung über die Studienteilnahme inklusive Kernspinnuntersuchung (s. Anlagen B, C und D im

Anhang). Von den Kindern wurde ein Stammdatenblatt mit Angaben zur eigenen Person wie Alter, Händigkeit und Schulbildung ausgefüllt (s. Anlage F im Anhang).

Für die Kernspinmessung wurden die Kinder zuerst über die zu bearbeitenden Aufgaben instruiert. Es wurden exemplarisch fünf Bildergeschichten, auf DinA4-Papier ausgedruckt, gezeigt, um das Prinzip der Geschichten und die Aufgabenstellung zu erklären. Durch Fragen an die Kinder, wie sich der Protagonist in der Geschichte fühlt, stellte die Versuchsleiterin das Verständnis der Aufgabe sicher. Anschließend konnten die Kinder auf einem Laptop mit dem Programm *Presentation* die Bearbeitung der Bildergeschichten üben. Die Darstellungsweise sowie das Tempo entsprachen dabei den Bedingungen im MRT-Gerät, sodass die Kinder auf die Messsituation vorbereitet waren. Sobald sich die Kinder bei der Bearbeitung sicher fühlten, wurde durch die Versuchsleiterin anhand der aufgezeichneten Antworten und Misses (Tastendruck außerhalb des vorgegebenen Zeitfensters) im Programm *Presentation* überprüft, ob die Aufgaben problemlos gelöst werden konnten.

Anschließend wurde den Kindern der Ablauf der Kernspinuntersuchung mit den einzelnen Messungen, deren Dauer und der Aufgabe während der Messung noch einmal detailliert erklärt. Die Kinder durften den Kernspintomographen ansehen und auf Wunsch auch Probe liegen. Dazu wurden sie gebeten, Gürtel und sämtlichen Schmuck abzulegen sowie ihre Taschen von Geldbeutel, Schlüssel und anderen metallischen Gegenständen zu entleeren. Sie wurden darauf vorbereitet, dass es während der Messung zwar etwas eng und laut werden würde, dass die Untersuchung aber nicht gefährlich sei. Außerdem wurde den Kindern versichert, dass die Messung bei Auftreten von Problemen jederzeit und ohne negative Konsequenzen abgebrochen werden könne. Nach Klärung etwaiger weiterer Fragen konnte dann die eigentliche Messung beginnen.

Nach Anbringen von Oropax und einem Kopfhörer als Lärmschutz legte sich der Proband auf die MRT-Liege. Es wurde darauf geachtet, dass vor allem der Kopf in einer geraden Position und der Körper insgesamt bequem gelagert waren. Der Kopf wurde mit Schaumstoffpolstern seitlich fixiert und Knie sowie Ellbogen mit einem Kissen von unten abgestützt. In die rechte Hand bekamen die Versuchspersonen die Versuchsbox mit den zu drückenden Tasten, in die linke Hand den Alarmknopf für etwaige Zwischenfälle. Über dem Kopf wurde dann die Messspule mit dem integrierten Spiegel zur Betrachtung der Bildergeschichten angebracht. Die Kinder wurden gebeten, sich während der gesamten Messung möglichst wenig zu bewegen, die Beine und Arme nicht zu überkreuzen und vor allem den Kopf ruhig zu halten. Nachdem sich die

Versuchsleiterin vergewissert hatte, dass der Proband bequem lag und bereit für den Beginn der Messung war, wurde die Liege in das Kernspingerät gefahren und sichergestellt, dass die Abbildungen für die Kinder vollständig auf dem Spiegel zu sehen waren.

Während der anfänglichen anatomischen Referenzmessung mussten noch keine Bildergeschichten bearbeitet werden. Durch diese wenige Sekunden dauernde Messung wurde überprüft, ob der Kopf in einer optimalen Position lag, und das Fenster für die Aufnahmen wurde definiert. Sofern keine Korrektur der Lage nötig war, wurde dann die eigentliche Messung gestartet. Den Kindern wurde Bescheid gegeben, dass sie nun die Bildergeschichten betrachten und wie zuvor geübt mit Knopfdruck antworten sollten. Die Geschichten wurden zusammenhängend in einem Durchgang präsentiert. Nach Abschluss wurden die Versuchspersonen informiert, dass der Aufgabenteil beendet sei und sie die restliche Zeit von etwa 7 Minuten, welche für die strukturellen Aufnahmen benötigt wurde, in der gleichen Position liegen bleiben sollten. Nachdem auch diese Messung beendet war, wurden die Probanden aus dem Kernspintomographen herausgefahren und nach ihrem Befinden gefragt. Keines der Kinder äußerte körperliche oder psychische Beschwerden.

Nach einer kurzen Phase zum Ausruhen und der Aushändigung der vorher abgelegten persönlichen Gegenstände folgte das Emotionsrating. Hierfür bekamen die Kinder in einem Nebenraum nochmals zehn der bereits bearbeiteten Geschichten mit verschiedenen Emotionen und einer Bewertungsskala, auf DinA4-Papier ausgedruckt, vorgelegt. Die Kinder wurden angeleitet, wie die Skala entsprechend der eigenen Beurteilung des emotionalen Befindens des Protagonisten in den Geschichten anzukreuzen ist. Durch Rückfragen vergewisserte sich die Versuchsleiterin, dass den Kindern die Bedeutung aller Emotionen bekannt war und sie deren Ausprägung somit gemäß der eigenen Einschätzung beurteilen konnten.

Als letzter Bestandteil des Experiments wurde für ein grobes Intelligenzscreening der CFT-20 durchgeführt, welcher die Fähigkeit zum formal-logischen Denken erfasst.

Nach Abschluss der Bearbeitung wurden Kind und Eltern befragt, ob sie den Ausdruck einer strukturellen Aufnahme des eigenen Gehirns zugeschickt bekommen möchten, und gegebenenfalls die Adresse notiert. Die Versuchsleiterin bedankte sich bei Kind und Eltern für die Teilnahme an der Studie und händigte dem Kind den gewählten Gutschein sowie den Eltern die Aufwandsentschädigung aus.

Nach den Auswertungen wurden Briefe an die Kinder und deren Eltern verschickt, in welchen sich die Versuchsleiterin nochmals für die Teilnahme an der Studie bedankte und eine Zusammenfassung der Ergebnisse mitteilte. Außerdem enthielt der Brief den Ausdruck einer strukturellen Aufnahme des Gehirns des jeweiligen Kindes. Zusätzlich wurden Briefe an die Direktoren der teilnehmenden Gymnasien verschickt. Neben dem Bericht über die Ergebnisse der Studie bedankte sich die Versuchsleiterin für die Kooperation.

2.4 Statistische Analyse

2.4.1 Versuchsplan

Die Studie basiert auf einem Messwiederholungsdesign mit zweifaktoriellem Versuchsplan. Als unabhängige Variablen wurden die Messwiederholungsfaktoren *Moral* und *Kompatibilität* definiert. Der Faktor *Moral* hatte die Ausprägungen „neutral“ und „unmoralisch“, der Faktor *Kompatibilität* „erfüllt“ und „unerfüllt“. Daraus ergab sich der 2 x 2-Versuchsplan wie in Tabelle 2.1 abgebildet.

Für die Erhebungen im Scanner wurde auf Verhaltensebene in der Realitätsbedingung die Bearbeitungsgenauigkeit als abhängige Variable definiert und operationalisiert durch die Trefferrate in Prozent. Da es nicht für alle vier Experimentalbedingungen eine korrekte Antwort als solche und somit keine Trefferrate gibt, wurde in diesen die Emotionsattribution durch die Anzahl der Entscheidungen für den jeweiligen Smiley operationalisiert. Für die Berechnung der t-Tests wurde der prozentuale Anteil an Negativantworten, also der traurigen Smileys, verwendet. Der prozentuale Anteil der Positivantworten ergab sich somit aus der Gegenwahrscheinlichkeit. Beim Emotionsrating wurde die Ausprägung der zu bewertenden Emotionen als abhängige Variable definiert. Operationalisiert wurde diese durch die Werte 1 (trifft gar nicht zu) bis 5 (trifft sehr stark zu) auf einer Ratingskala. Die abhängige Variable der fMRT-Messung wurde als die Aktivierung von Gehirnarealen definiert, operationalisiert durch die Veränderung des zerebralen Blutflusses, das sogenannte BOLD-Signal (Blood Oxygenation Level Dependent).

Tabelle 2.1: 2 x 2-Versuchsplan

	Moral	
Kompatibilität	neutral	unmoralisch
erfüllt		
unerfüllt		

2.4.2 Analyse der Verhaltensdaten

Zur statistischen Auswertung sämtlicher Verhaltensdaten aus der fMRT-Messung und dem Emotionsrating wurde die Software SPSS15.0 für Windows verwendet. Für alle statistischen Analysen wurde ein Signifikanzniveau von $\alpha = .05$ festgelegt.

2.4.2.1 Verhaltensdaten der fMRT-Messung

Für die Verhaltensdaten aus der fMRT-Messung wurden die aufgezeichneten Knopfdrücke während des vierten Bildes ausgewertet.

Die abhängige Variable *Emotionsattribution* wurde analysiert, indem für jede Bedingung der Mittelwert der Prozenträte gebildet wurde, mit welcher die Probanden den traurigen Smiley gewählt hatten. Die Mittelwerte der vier Experimentalbedingungen wurden durch t-Tests miteinander verglichen. So ergaben sich die vier Vergleiche „*neutral erfüllt*“ vs. „*neutral unerfüllt*“, „*unmoralisch erfüllt*“ vs. „*unmoralisch unerfüllt*“, „*neutral erfüllt*“ vs. „*unmoralisch erfüllt*“ und „*neutral unerfüllt*“ vs. „*unmoralisch unerfüllt*“.

Die Antworten aus der Realitätsbedingung wurden als Kontrolle zur Überprüfung der Aufmerksamkeit der Probanden während der gesamten Messung ausgewertet.

2.4.2.2 Daten des Emotionsratings

Zur Auswertung der Daten des Emotionsratings wurden die Mittelwerte der mit den Werten 1 bis 5 skalierten Ausprägung der einzelnen Emotionen für jede der vier Experimentalbedingungen berechnet. Mit diesen wurde innerhalb jeder einzelnen der acht zu bewertenden Emotionen eine univariate, zweifaktorielle Varianzanalyse mit den beiden zweifach gestuften Messwiederholungsfaktoren *Moral* („*neutral*“, „*unmoralisch*“) und *Kompatibilität* („*erfüllt*“, „*unerfüllt*“) durchgeführt. Mit dem Mauchly-Sphärizitätstest wurden Unabhängigkeit und Varianzhomogenität der beiden Variablen geprüft, bei Verletzung dieser Voraussetzungen wurden die Freiheitsgrade mit dem Korrekturfaktor α nach Greenhouse-Geisser korrigiert.

In Abhängigkeit der signifikanten Interaktionseffekte wurden zur weiteren Analyse post-hoc t-Tests über die vier Bedingungen gerechnet.

2.4.3 Analyse der fMRT-Daten

2.4.3.1 Datenerhebung

Die Messung erfolgte am Bezirksklinikum Regensburg in einem 3-Tesla MR-System der Marke *Siemens Allegra* (Erlangen, Deutschland). Der Kopf wurde mit Schaumstoff fixiert, um Bewegungsartefakte zu minimieren, und die Signale mit einer systemkonform angepassten Kopfspule erfasst. Nach der Localizer-Aufnahme zur optimalen Positionierung des Kopfes in der Spule wurden die funktionellen Aufnahmen in Form der BOLD-Signale aufgezeichnet. Diese T2-gewichtete EPI-Sequenz (Echo-Planar-Imaging-Sequenz) hatte die Parameter 494 Messungen, TR = 2.82 s, TE = 50 ms, $\alpha = 90^\circ$ bei einer ebenen Matrix von 64 x 64 mm, FoV = 192 mm (Field of View). Eine EPI-Sequenz bestand aus 32 axialen Schichten bei einer Schichtdicke von 3 mm und somit einer Voxelgröße von 3 x 3 x 3 mm. Abschließend wurde eine hoch auflösende strukturelle T1-gewichtete isotrope 3D-Gradienten-Echo-Sequenz, die sogenannte MPAGE (Magnetization Prepared Rapid Gradient Echo), aufgezeichnet. Diese hatte die Parameter 160 axiale Schichten, TR = 2.25 s, TE = 2.6 ms, TI = 900 ms bei einer Matrix von 256 x 256 x 256 mm und einer Voxelgröße von 1 x 1 x 1 mm.

Aus der wenige Sekunden dauernden Localizer-Messung, der etwa 23 Minuten dauernden EPI-Sequenz und dem etwa 7 Minuten dauernden MPAGE ergab sich eine Gesamtmessdauer von gut 30 Minuten.

2.4.3.2 Datenvorverarbeitung

Um eine statistische Analyse der gewonnenen MRT-Daten zu ermöglichen, wurden diese mit der Statistik-Software *SPM5* innerhalb des mathematischen Programms *Matlab7.0* (The MathWorks Inc., Natick, MA) vorverarbeitet. In einem ersten Schritt wurden die Scanzeiten der 494 Messungen der EPI-Sequenz korrigiert, um eine zeitgleiche Aufnahme aller Schichten eines Volumes zu simulieren (slice time correction). Dabei wurden die einzelnen Aufnahmen jedes Volumes auf dessen mittlere Schicht angepasst. Im nächsten Schritt wurde eine 3D-Bewegungskorrektur der durch Kopfbewegungen entstandenen Artefakte durchgeführt (realignment), wobei hier das erste der 494 Volumes als Referenzvolume diente. Außerdem wurden alle Messungen auf ein funktionelles mean image gemittelt, welches im nächsten Schritt über die strukturelle Aufnahme der jeweiligen Versuchsperson gelegt wurde (coregistration). Im vierten Schritt wurden nacheinander das strukturelle und das gemittelte funktionelle Bild mit dem MNI-Referenzgehirn (Montreal Neurological Institute) abgeglichen

(Collins, Neelin, Peters & Evans, 1994), um allgemein gültige Koordinaten für die Benennung der Gehirnareale zu erhalten (normalizing). Im fünften und letzten Schritt wurde das Signal-Rausch-Verhältnis durch eine räumliche Glättung mit einem FWHM (full-width half-maximum) Gaussschen Filter von 8 mm optimiert (smoothing).

2.4.3.3 Statistische Analyse der fMRT-Daten

Die wie beschrieben vorverarbeiteten fMRT-Daten wurden nach dem Allgemeinen Linearen Modell (general linear model; GLM) ausgewertet. Die box car waveform wurde als Grundmodell verwendet, um zeitliche und räumliche Abweichungen der hämodynamischen Antwort auf die Stimuli zu berücksichtigen (Friston et al., 1998). Die Analyse wurde außerdem angepasst durch eine Fehlerkonstante über alle Scans und die Verwendung von sechs Kovariablen zur Korrektur von Bewegungsartefakten. Des Weiteren wurden die Daten mit einem Hochfrequenzfilter mit einem cut-off bei 128 ms zeitlich gefiltert.

Es folgte die first-level Analyse, also die Berechnung der Kontraste für jede Versuchsperson einzeln. In allen fünf Bedingungen wurde ausschließlich die hämodynamische Antwort auf das dritte Bild (Target) der jeweiligen Bildergeschichte ausgewertet, während welchem der Vorgang der Emotionsattribution in den Experimentalbedingungen als am stärksten ausgeprägt vermutet wird. Als Baseline diente dabei stets die Realitätsbedingung. Folgende Kontraste wurden in Hinblick auf die jeweilige Fragestellung berechnet:

- Kontrast „*ToM* > *Baseline*“ („*neutral erfüllt*“, „*neutral unerfüllt*“, „*unmoralisch erfüllt*“ und „*unmoralisch unerfüllt*“ zusammen > *Baseline*)

Fragestellung: Aktivierungen beim Vorgang der Emotionsattribution gegenüber der Baseline generell

- Kontrast „*Neutral* > *Baseline*“ („*neutral erfüllt*“ und „*neutral unerfüllt*“ zusammen > *Baseline*)
 - Kontrast „*Neutral erfüllt* > *Baseline*“
 - Kontrast „*Neutral unerfüllt* > *Baseline*“

Fragestellung: Aktivierungen beim Vorgang der Emotionsattribution nach neutraler Intention gegenüber der Baseline generell sowie bei erfüllter und unerfüllter neutraler Intention einzeln

- Kontrast „*Unmoralisch* > *Baseline*“ („*unmoralisch erfüllt*“ und „*unmoralisch unerfüllt*“ zusammen > *Baseline*)

- Kontrast „*Unmoralisch erfüllt* > *Baseline*“
- Kontrast „*Unmoralisch unerfüllt* > *Baseline*“

Fragestellung: Aktivierungen beim Vorgang der Emotionsattribution nach unmoralischer Intention gegenüber der Baseline generell sowie bei erfüllter und unerfüllter unmoralischer Intention einzeln

- Kontrast „*Neutral* > *unmoralisch*“ („*neutral erfüllt*“ und „*neutral unerfüllt*“ zusammen > „*unmoralisch erfüllt*“ und „*unmoralisch unerfüllt*“ zusammen)
 - Kontrast „*Neutral erfüllt* > *unmoralisch erfüllt*“
 - Kontrast „*Neutral unerfüllt* > *unmoralisch unerfüllt*“

Fragestellung: Aktivierungen beim Vorgang der Emotionsattribution nach neutraler Intention gegenüber unmoralischer Intention generell sowie bei erfüllten und unerfüllten Intentionen einzeln

- Kontrast „*Unmoralisch* > *neutral*“ („*unmoralisch erfüllt*“ und „*unmoralisch unerfüllt*“ zusammen > „*neutral erfüllt*“ und „*neutral unerfüllt*“ zusammen)
 - Kontrast „*Unmoralisch erfüllt* > *neutral erfüllt*“
 - Kontrast „*Unmoralisch unerfüllt* > *neutral unerfüllt*“

Fragestellung: Aktivierungen beim Vorgang der Emotionsattribution nach unmoralischer Intention gegenüber neutraler Intention generell sowie bei erfüllten und unerfüllten Intentionen einzeln

- Kontrast „*Erfüllt* > *unerfüllt*“ („*neutral erfüllt*“ und „*unmoralisch erfüllt*“ zusammen > „*neutral unerfüllt*“ und „*unmoralisch unerfüllt*“ zusammen)
 - Kontrast „*Neutral erfüllt* > *neutral unerfüllt*“
 - Kontrast „*Unmoralisch erfüllt* > *unmoralisch unerfüllt*“

Fragestellung: Aktivierungen beim Vorgang der Emotionsattribution nach erfüllter Intention gegenüber unerfüllter Intention generell sowie bei neutralen und unmoralischen Intentionen einzeln

- Kontrast „*Unerfüllt* > *erfüllt*“ („*neutral unerfüllt*“ und „*unmoralisch unerfüllt*“ zusammen > „*neutral erfüllt*“ und „*unmoralisch erfüllt*“ zusammen)
 - Kontrast „*Neutral unerfüllt* > *neutral erfüllt*“
 - Kontrast „*Unmoralisch unerfüllt* > *unmoralisch erfüllt*“

Fragestellung: Aktivierungen beim Vorgang der Emotionsattribution nach unerfüllter Intention gegenüber erfüllter Intention generell sowie bei neutralen und unmoralischen Intentionen einzeln

Nach Berechnung dieser 19 Kontraste auf Einzelniveau wurden diese in der second-level random-effect Analyse durch t-Tests über alle 15 Probanden analysiert. Aus der Berechnung der t-Tests ergab sich für jeden einzelnen Kontrast eine SPM map der Gebiete mit Mehraktivierung. Für diese wurde ein Signifikanzniveau von $p < .05$ (korrigiert für mehrere Vergleiche) auf Clusterlevel auf einem T-Wert von 3.79 festgelegt.

3. Ergebnisse

3.1 Verhaltensdaten

3.1.1 Verhaltensdaten der fMRT-Messung

Die Realitätsbedingung wurde zu 96,3 % richtig beantwortet bei einer Standardabweichung von 4,9 %. In den vier Experimentalbedingungen wird wie bereits beschrieben die Prozentrate der Wahl des traurigen Smileys angegeben, welche so auch für die Berechnung der t-Tests verwendet wurde und in Abbildung 3.1 dargestellt ist. In der Bedingung „*neutral erfüllt*“ wurde die negative Antwort zu 9,7 % (SD = 5,5 %) gewählt, in der Bedingung „*neutral unerfüllt*“ zu 89,1 % (SD = 7,6 %), in der Bedingung „*unmoralisch erfüllt*“ zu 35,8 % (SD = 35,4 %) und in der Bedingung „*unmoralisch unerfüllt*“ zu 92,6 % (SD = 7,3 %). Bei der Berechnung der t-Tests ergaben sich folgende signifikante Unterschiede: Der traurige Smiley wurde in der Bedingung „*neutral unerfüllt*“ signifikant häufiger gewählt als in der Bedingung „*neutral erfüllt*“ ($T = 33.45$, $p < .001$). Ebenso wurde in der Bedingung „*unmoralisch unerfüllt*“ signifikant häufiger als in der Bedingung „*unmoralisch erfüllt*“ die negative Antwort gewählt ($T = 5.83$, $p < .001$) und in der Bedingung „*unmoralisch erfüllt*“ häufiger als in der Bedingung „*neutral erfüllt*“ ($T = 2.83$, $p = .013$). Kein signifikanter Unterschied zeigte sich im Vergleich der Bedingungen „*neutral unerfüllt*“ und „*unmoralisch unerfüllt*“ ($T = 1.59$, $p = .135$).

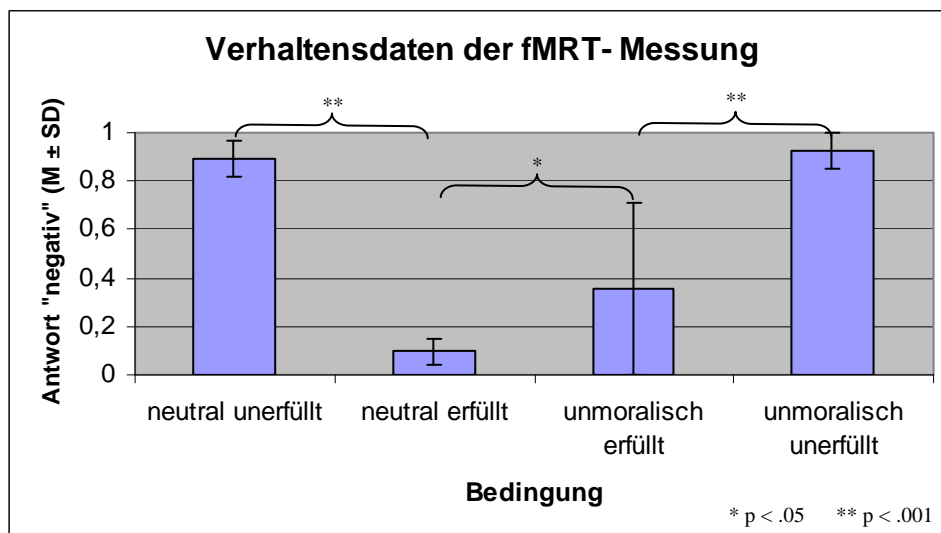


Abbildung 3.1: Verhaltensdaten aus der fMRT-Untersuchung; Prozentrate der Wahl des traurigen Smileys in den vier Experimentalbedingungen (Mittelwert \pm Standardabweichung)

3.1.2 Daten des Emotionsratings

Beim Emotionsrating wurde die Ausprägung der einzelnen Emotionen in den vier Versuchsbedingungen beurteilt, operationalisiert durch eine Ratingskala mit den Werten 1 bis

5. Dabei ergaben sich Mittelwerte und Standardabweichungen wie in Tabelle 3.1 dargestellt. Aus diesen Mittelwerten wurden wiederum Mittelwerte gebildet für die Ausprägung der Emotionen innerhalb der Faktoren *Kompatibilität* und *Moral* in ihren jeweiligen Ausprägungen („erfüllt“ und „unerfüllt“; „neutral“ und „unmoralisch“). Diese sind in Tabelle 3.2 zu sehen.

Tabelle 3.1: Intensität der einzelnen Emotionen in den vier Versuchsbedingungen, im Emotionsrating mit den Werten 1 bis 5 beurteilt; Angabe von Mittelwert und Standardabweichung (M \pm SD)

	Bedingung			
	neutral erfüllt	neutral unerfüllt	unmoralisch erfüllt	unmoralisch unerfüllt
Emotion				
fröhlich	4.29 \pm .62	1.07 \pm .18	3.27 \pm 1.53	1.04 \pm .12
zufrieden	4.58 \pm .44	1.10 \pm .28	3.73 \pm 1.02	1.02 \pm .09
stolz	4.07 \pm .88	1.17 \pm .36	3.43 \pm 1.18	1.02 \pm .09
schadenfroh	1.00 \pm .00	1.00 \pm .00	3.87 \pm 1.03	1.29 \pm .45
überrascht	1.84 \pm .83	2.57 \pm .96	1.63 \pm .74	3.02 \pm 1.12
verlegen	1.16 \pm .52	2.93 \pm 1.28	1.80 \pm .82	3.69 \pm 1.05
traurig	1.02 \pm .88	3.73 \pm 1.05	1.50 \pm .73	3.44 \pm 1.01
verärgert	1.00 \pm .00	3.93 \pm .96	1.30 \pm .59	3.87 \pm 1.03

Tabelle 3.2: Intensität der einzelnen Emotionen in den jeweiligen Ausprägungen der Faktoren *Kompatibilität* und *Moral*; Angabe von Mittelwert und Standardabweichung (M \pm SD)

	Faktor Kompatibilität		Faktor Moral	
	erfüllt	unerfüllt	neutral	unmoralisch
Emotion				
fröhlich	3.78 \pm .95	1.06 \pm .12	2.68 \pm .33	2.16 \pm .78
zufrieden	4.16 \pm .60	1.06 \pm .18	2.84 \pm .26	2.38 \pm .52
stolz	3.75 \pm .86	1.09 \pm .21	2.62 \pm .51	2.23 \pm .60
schadenfroh	2.37 \pm .71	1.14 \pm .23	1.00 \pm .00	2.51 \pm .69
überrascht	1.74 \pm .75	2.80 \pm .90	2.21 \pm .64	2.33 \pm .63
verlegen	1.48 \pm .46	3.31 \pm 1.03	2.04 \pm .75	2.74 \pm .72
traurig	1.26 \pm .36	3.59 \pm .98	2.38 \pm .54	2.47 \pm .62
verärgert	1.15 \pm .30	3.90 \pm .91	2.47 \pm .48	2.58 \pm .62

In der Varianzanalyse zeigten sich verschiedene Haupt- und Interaktionseffekte. Eine Übersicht über die signifikanten wie auch nicht signifikanten Effekte mit den jeweiligen F- und p-Werten ist in Tabelle 3.3 zu sehen. Es zeigte sich bei allen acht Emotionen hinsichtlich des Haupteffekts *Kompatibilität* zwischen den Ausprägungen „erfüllt“ und „unerfüllt“ ein signifikanter Unterschied. So wurden die Emotionen „fröhlich“, „zufrieden“, „stolz“ und „schadenfroh“ in der Ausprägung „erfüllt“ als stärker zutreffend bewertet, während die Emotionen „überrascht“, „verlegen“, „traurig“ und „verärgert“ in der Ausprägung „unerfüllt“ signifikant höher geratet wurden. Ein signifikanter Haupteffekt für den Faktor *Moral* („neutral“ vs. „unmoralisch“) zeigte sich bei insgesamt fünf Emotionen. So wurden die

Emotionen „fröhlich“, „zufrieden“ und „stolz“ in der Ausprägung „neutral“ signifikant höher geratet, in der Ausprägung „unmoralisch“ die Emotionen „schadenfroh“ und „verlegen“.

Ein signifikanter Interaktionseffekt „Kompatibilität x Moral“ ergab sich für vier Emotionen, die F- und p-Werte der signifikanten wie auch nicht signifikanten Effekte sind in Tabelle 3.3 dargestellt. Post-hoc t-Tests zeigten in der Bedingung „neutral erfüllt“ gegenüber der Bedingung „unmoralisch erfüllt“ eine signifikant stärkere Ausprägung der Emotionen „fröhlich“ ($T = 2.93$, $p = .011$) und „zufrieden“ ($T = 3.24$, $p = .006$), während bei der Bedingung „unmoralisch erfüllt“ gegenüber der Bedingung „neutral erfüllt“ die Emotionen „schadenfroh“ ($T = 7.43$, $p < .001$) und „traurig“ ($T = 2.46$, $p = .028$) als stärker zutreffend bewertet wurden (Abb. 3.2). Bei der Bedingung „unmoralisch unerfüllt“ zeigte sich gegenüber der Bedingung „neutral unerfüllt“ eine signifikant stärkere Ausprägung der Emotion „schadenfroh“ ($T = 2.48$, $p = .027$).

Tabelle 3.3: Haupt- und Interaktionseffekte des Emotionsratings (Varianzanalyse mit den Faktoren Kompatibilität und Moral); Angabe von F- und p-Werten

Emotion	Haupteffekt Kompatibilität		Haupteffekt Moral		Interaktionseffekt Kompatibilität x Moral	
	F-Wert	p-Wert	F-Wert	p-Wert	F-Wert	p-Wert
fröhlich	126.1	< .001	8.9	.010	8.0	.013
zufrieden	415.0	< .001	13.6	.002	7.5	.016
stolz	167.2	< .001	7.0	.019	2.1	.168
schadenfroh	34.9	< .001	72.1	< .001	34.9	< .001
überrascht	12.0	.004	.8	.391	3.8	.070
verlegen	51.9	< .001	11.9	.004	.9	.772
traurig	77.8	< .001	.6	.437	7.4	.017
verärgert	141.3	< .001	1.0	.330	1.6	.223

In Abbildung 3.2 sind die Ergebnisse der post-hoc t-Tests über die Bedingungen „neutral erfüllt“ gegenüber „unmoralisch erfüllt“ graphisch dargestellt. Die signifikanten Effekte sind entsprechend ihres zugehörigen p-Werts gekennzeichnet. In Abbildung 3.3 sind analog die Ergebnisse der post-hoc t-Tests über die Bedingungen „neutral unerfüllt“ gegenüber „unmoralisch unerfüllt“ dargestellt.

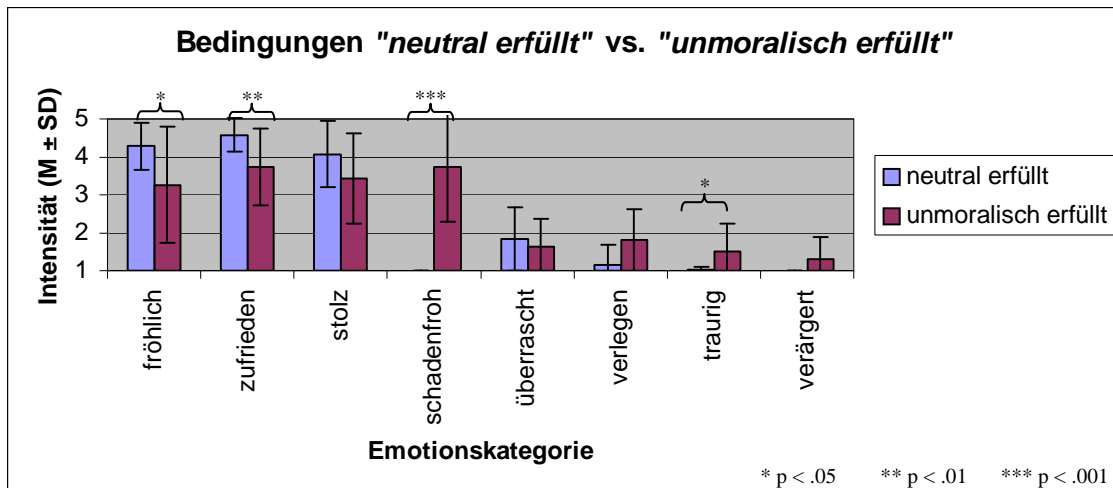


Abbildung 3.2: Intensität der Ausprägung der einzelnen Emotionen im Emotionsrating; Auftragung von Mittelwert und Standardabweichung mit Kennzeichnung signifikanter Effekte der t-Tests für den Vergleich der Bedingungen „neutral erfüllt“ und „unmoralisch erfüllt“

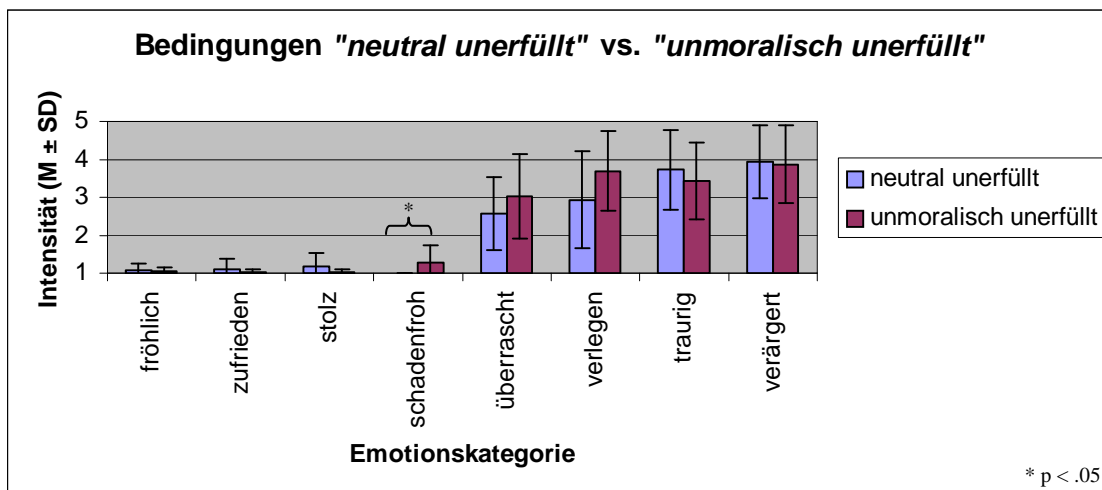


Abbildung 3.3: Intensität der Ausprägung der einzelnen Emotionen im Emotionsrating; Auftragung von Mittelwert und Standardabweichung mit Kennzeichnung signifikanter Effekte der t-Tests für den Vergleich der Bedingungen „neutral unerfüllt“ und „unmoralisch unerfüllt“

3.2 fMRT-Daten

Im Folgenden wird über Mehraktivierungen berichtet, welche auf Clusterlevel unter einem Signifikanzniveau von $p < .05$ lagen.

Bei der Berechnung des Kontrastes „*ToM > Baseline*“ wurden Areale ermittelt, die in allen vier Emotionsattributionsbedingungen zusammen gegenüber der Baseline eine Mehraktivierung zeigen. Dabei fanden sich Areale in Frontallappen, Cingulum, Temporallappen und in der Insel, wie in Tabelle 3.3 aufgeführt und in Abbildung 3.4 dargestellt.

Tabelle 3.3: Gehirnareale mit signifikanter Mehraktivierung im Kontrast „ToM > Baseline“ („neutral erfüllt“, „neutral unerfüllt“, „unmoralisch erfüllt“ und „unmoralisch unerfüllt“ zusammen > Baseline)

Areal	MNI-Koordinaten				Z-Wert	p-Wert ^{a)}	Cluster- größe
	Brodmann- Areal						
		x	y	z			
"ToM > Baseline"							
Superiorer frontaler Gyrus (R)	6	12	26	66	4.97	.007	215
Inferiorer frontaler Gyrus (L)	47	-36	16	-16	4.29	< .001	449
Anteriores Cingulum (L)	32	-10	24	38	4.34	< .001	824
Anteriorer superiorer temporaler Sulcus (R)	21	58	2	-10	3.88	.003	256
Superiorer temporaler Gyrus (R)	22	48	-36	0	4.60	< .001	529
Insel (R)	13	40	22	-22	3.89	.013	187

^{a)} p-Wert korrigiert, auf Clusterlevel

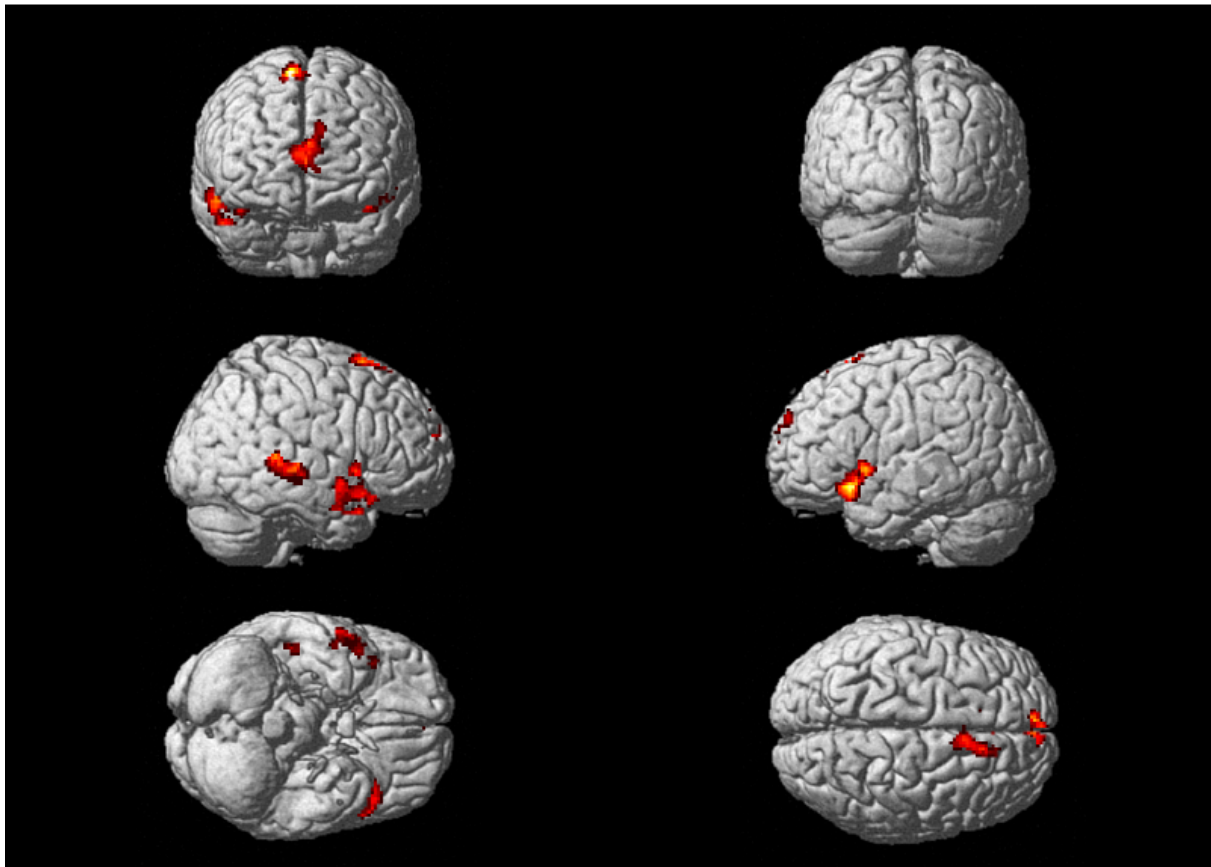


Abbildung 3.4: Darstellung der Gehirnareale mit signifikanter Mehraktivierung im Kontrast „ToM > Baseline“ („neutral erfüllt“, „neutral unerfüllt“, „unmoralisch erfüllt“ und „unmoralisch unerfüllt“ zusammen > Baseline)

Der Kontrast „Neutral > Baseline“ ermittelte Areale, welche bei den Bedingungen „neutral erfüllt“ und „neutral unerfüllt“ zusammen gegenüber der Baseline eine Mehraktivierung zeigen. In den Kontrasten „Neutral erfüllt > Baseline“ und „Neutral unerfüllt > Baseline“ wurden die jeweiligen Bedingungen einzeln mit der Baseline verglichen. Wie in Tabelle 3.4 dargestellt fanden sich bei diesen drei Kontrasten Areale im anterioren Cingulum, in der Insel

und im Temporallappen. In Abbildung 3.5 sind die Mehraktivierungen der Kontraste „*Neutral erfüllt* > *Baseline*“ und „*Neutral unerfüllt* > *Baseline*“ gegenübergestellt.

Tabelle 3.4: Gehirnareale mit signifikanter Mehraktivierung in den Kontrasten „*Neutral* > *Baseline*“ („*neutral erfüllt*“ und „*neutral unerfüllt*“ zusammen > *Baseline*), „*Neutral erfüllt* > *Baseline*“ und „*Neutral unerfüllt* > *Baseline*“

Areal	MNI-Koordinaten				Z-Wert	p-Wert ^{a)}	Cluster- größe
	Brodmann- Areal	x	y	z			
<i>"Neutral > Baseline"</i>							
Anteriores Cingulum (R)	24	8	38	8	4.60	< .001	393
Superiorer temporaler Gyrus (R)	22	54	-38	6	4.22	< .001	355
Insel (R)	13	38	12	-4	3.91	.021	139
<i>"Neutral erfüllt > Baseline"</i>							
Anteriores Cingulum (L)	24	4	36	10	5.12	< .001	475
<i>"Neutral unerfüllt > Baseline"</i>							
Mittlerer temporaler Gyrus (R)	22	46	-40	2	4.31	< .001	300

^{a)} p-Wert korrigiert, auf Clusterlevel

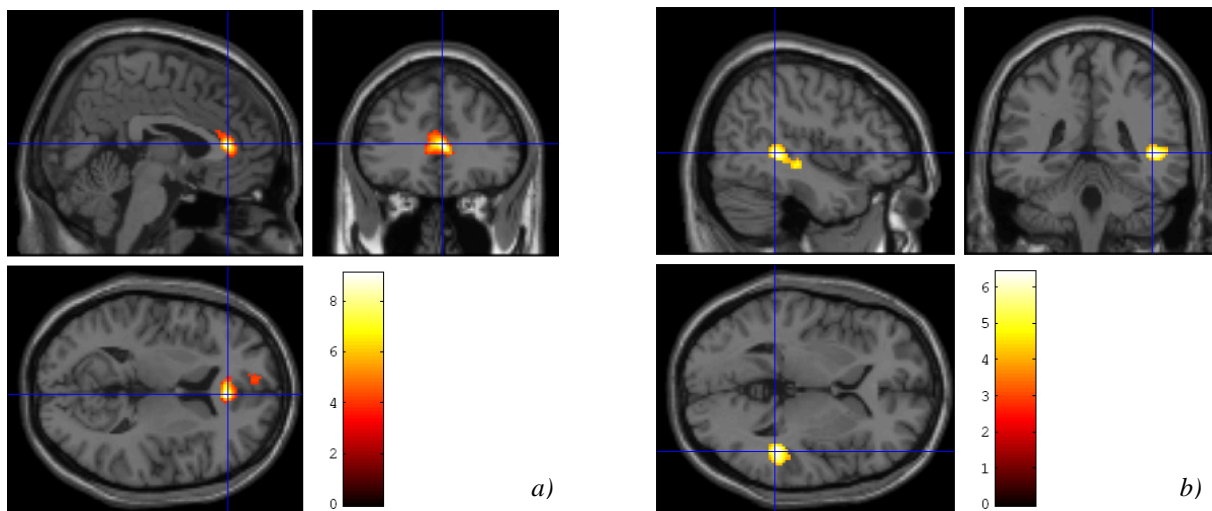


Abbildung 3.5: a) Darstellung der signifikanten Mehraktivierung im anterioren Cingulum (BA 24) beim Kontrast „*Neutral erfüllt* > *Baseline*“; b) Darstellung der signifikanten Mehraktivierung im mittleren temporalen Gyrus (BA 22) beim Kontrast „*Neutral unerfüllt* > *Baseline*“

Im Kontrast „*Unmoralisch* > *Baseline*“ wurden Areale mit Mehraktivierung in den Bedingungen „*unmoralisch erfüllt*“ und „*unmoralisch unerfüllt*“ zusammen gegenüber der Baseline ermittelt. Analog wurden die beiden Bedingungen in den Kontrasten „*Unmoralisch erfüllt* > *Baseline*“ und „*Unmoralisch unerfüllt* > *Baseline*“ einzeln mit der Baseline verglichen. Wie in Tabelle 3.5 und Abbildung 3.6 dargestellt zeigten sich bei diesen drei Kontrasten Mehraktivierungen in Frontallappen, Cingulum, Temporallappen und in der Insel.

Tabelle 3.5: Gehirnareale mit signifikanter Mehraktivierung in den Kontrasten „Unmoralisch > Baseline“ („unmoralisch erfüllt“ und „unmoralisch unerfüllt“ zusammen > Baseline), „Unmoralisch erfüllt > Baseline“ und „Unmoralisch unerfüllt > Baseline“

Areal	MNI-Koordinaten				Z-Wert	p-Wert ^{a)}	Cluster- größe
	Brodmann- Areal	x	y	z			
<i>"Unmoralisch > Baseline"</i>							
Superiorer frontaler Gyrus (R)	6	12	30	66	5.99	.001	381
Superiorer frontaler Gyrus (L)	9	-32	50	30	4.21	.024	188
Inferiorer frontaler Gyrus (L)	47	-46	22	-10	4.07	< .001	604
Medialer frontaler Gyrus (R)	10	6	64	16	3.89	.003	283
Cingulärer Gyrus (R)	32	-10	24	38	4.49	.001	351
Anteriorer Temporalpol (R)	38	52	12	-16	3.93	.006	256
Superiorer temporaler Gyrus (R)	22	48	-36	0	4.63	< .001	591
<i>„Unmoralisch erfüllt > Baseline“</i>							
Superiorer frontaler Gyrus (R)	9	22	54	40	4.60	.026	172
Superiorer frontaler Gyrus (R)	6	12	30	64	5.08	< .001	625
Inferiorer frontaler Gyrus (L)	47	-44	20	-20	4.16	< .001	477
Anteriorer cingulärer Gyrus (L)	32	-10	22	40	4.41	< .001	545
Mittlerer und posteriorer Temporallappen (R)	22	48	-38	0	4.58	< .001	379
Anteriore Insel (R)	13	44	12	2	4.20	< .001	528
<i>"Unmoralisch unerfüllt > Baseline"</i>							
Inferiorer frontaler Gyrus (L)	47	-44	24	-10	4.00	.001	358
Medialer frontaler Gyrus (L)	10	-6	58	22	3.76	.014	202
Superiorer temporaler Gyrus (R)	22	50	-34	0	4.40	< .001	503
Mittlerer temporaler Gyrus (R)	21	58	2	-10	3.96	.011	212

^{a)} p-Wert korrigiert, auf Clusterlevel

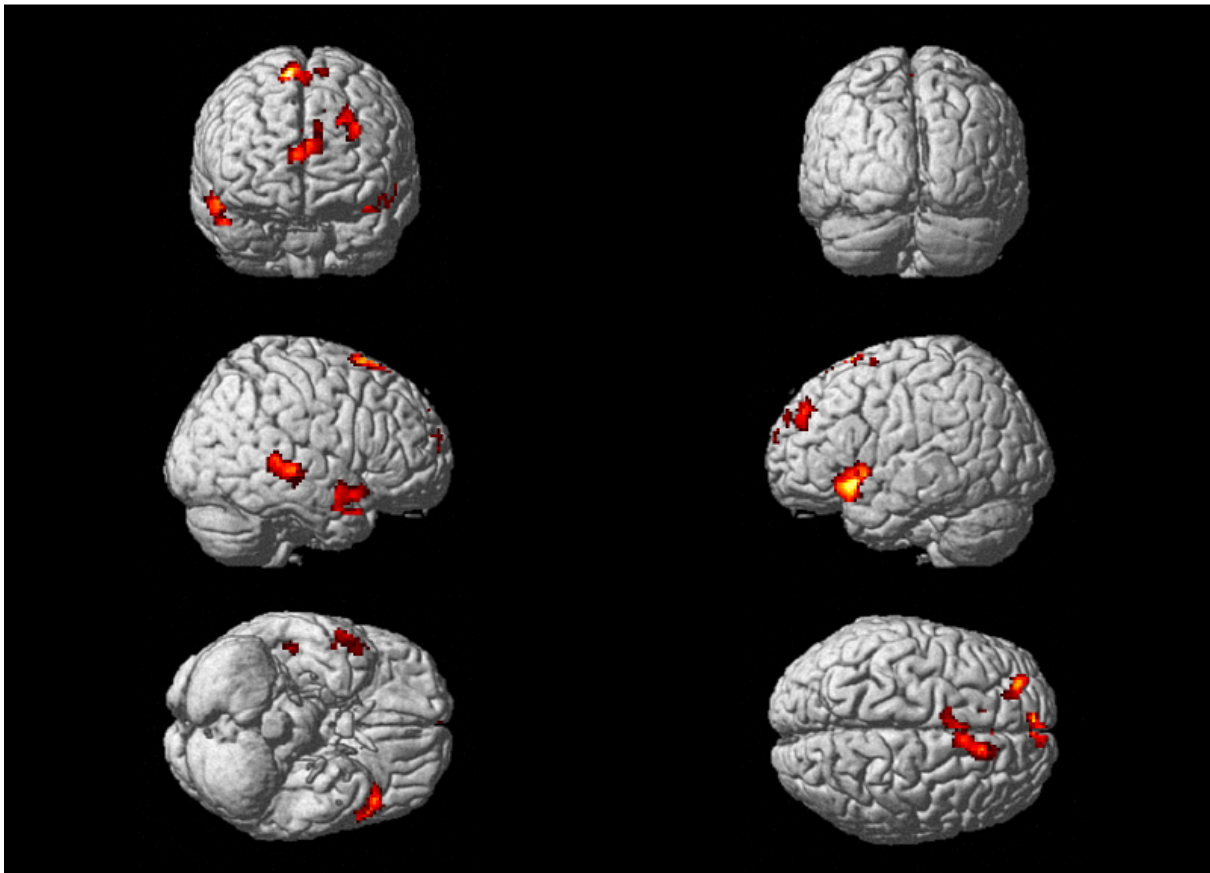


Abbildung 3.6: Darstellung der Gehirnareale mit signifikanter Mehraktivierung in den Kontrasten „Unmoralisch > Baseline“ („unmoralisch erfüllt“ und „unmoralisch unerfüllt“ zusammen > Baseline), „Unmoralisch erfüllt > Baseline“ und „Unmoralisch unerfüllt > Baseline“

Beim Kontrast „Neutral > unmoralisch“ („neutral erfüllt“ und „neutral unerfüllt“ zusammen > „unmoralisch erfüllt“ und „unmoralisch unerfüllt“ zusammen) zeigte sich keine signifikante Mehraktivierung. Ohne signifikante Effekte blieb auch die Berechnung der Kontraste „Neutral erfüllt > unmoralisch erfüllt“ und „Neutral unerfüllt > unmoralisch unerfüllt“.

Beim Kontrast „Unmoralisch > neutral“ („unmoralisch erfüllt“ und „unmoralisch unerfüllt“ zusammen > „neutral erfüllt“ und „neutral unerfüllt“ zusammen) und den Kontrasten „Unmoralisch erfüllt > neutral erfüllt“ und „Unmoralisch unerfüllt > neutral unerfüllt“ zeigten sich Mehraktivierungen in Frontallappen, Parietallappen und Precuneus. Diese sind in Tabelle 3.6 dargestellt. Abbildung 3.7 stellt die Mehraktivierungen in den Kontrasten „Unmoralisch erfüllt > neutral erfüllt“ und „Unmoralisch unerfüllt > neutral unerfüllt“ gegenüber.

Tabelle 3.6: Gehirnareale mit signifikanter Mehraktivierung in den Kontrasten „Unmoralisch > neutral“ („unmoralisch erfüllt“ und „unmoralisch unerfüllt“ zusammen > „neutral erfüllt“ und „neutral unerfüllt“ zusammen), „Unmoralisch erfüllt > neutral erfüllt“ und „Unmoralisch unerfüllt > neutral unerfüllt“

Areal	MNI-Koordinaten				Z-Wert	p-Wert ^{a)}	Cluster- größe
	Brodmann- Areal						
		x	y	z			
<i>"Unmoralisch > neutral"</i>							
Inferiorer frontaler Gyrus (L)	47	-48	24	-8	4.22	.046	135
Mittlerer frontaler Gyrus (L)	9	-42	12	42	4.33	< .001	338
Inferiorer parietaler Lobulus (R)	40	56	-64	38	4.23	.043	137
<i>"Unmoralisch erfüllt > neutral erfüllt"</i>							
Mittlerer frontaler Gyrus (L)	8	-46	16	44	4.47	.012	185
Medialer frontaler Gyrus (L)	8	-8	32	44	4.81	< .001	598
<i>"Unmoralisch unerfüllt > neutral unerfüllt"</i>							
Precuneus (L)	7	-12	-62	44	3.62	.035	139

^{a)} p-Wert korrigiert, auf Clusterlevel

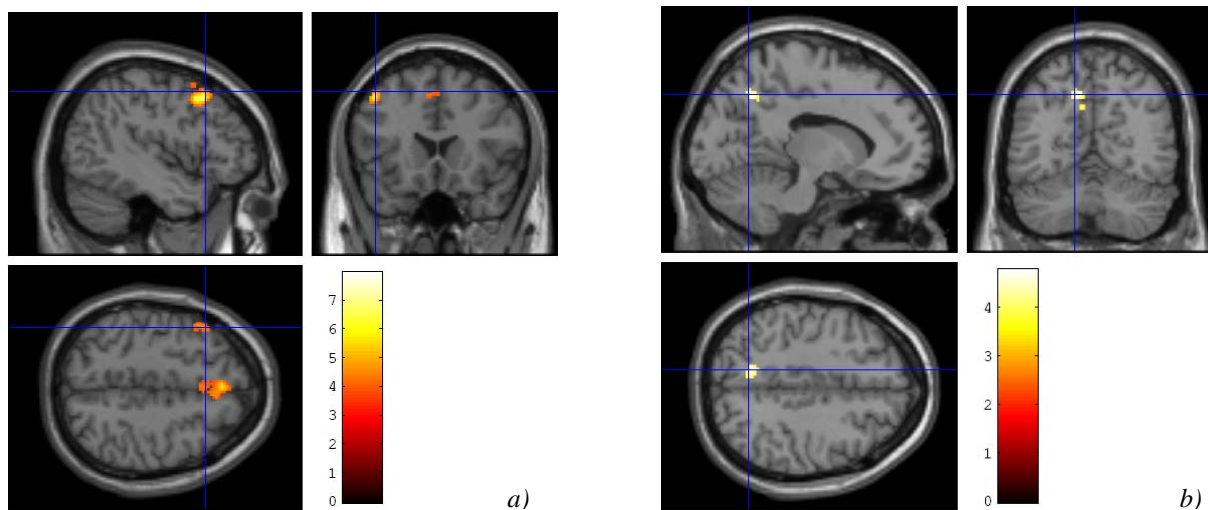


Abbildung 3.7: a) Darstellung der signifikanten Mehraktivierung im mittleren und medialen frontalen Gyrus (BA 8) beim Kontrast „Unmoralisch erfüllt > neutral erfüllt“; b) Darstellung der signifikanten Mehraktivierung im Precuneus (BA 7) beim Kontrast „Unmoralisch unerfüllt > neutral unerfüllt“

Der Kontrast „Erfüllt > unerfüllt“ („neutral erfüllt“ und „unmoralisch erfüllt“ zusammen > „neutral unerfüllt“ und „unmoralisch unerfüllt“ zusammen) sowie die Kontraste „Neutral erfüllt > neutral unerfüllt“ und „Unmoralisch erfüllt > un-moralisch unerfüllt“ zeigten keine signifikanten Mehraktivierungen. Auch der inverse Vergleich, also bei den Kontrasten „Unerfüllt > erfüllt“ („neutral unerfüllt“ und „unmoralisch unerfüllt“ zusammen > „neutral erfüllt“ und „unmoralisch erfüllt“ zusammen), „Neutral unerfüllt > neutral erfüllt“ und „Unmoralisch unerfüllt > un-moralisch erfüllt“ zeigten sich keine signifikanten Effekte.

4. Diskussion

In der vorliegenden Studie wurden die neuronalen Korrelate der Emotionsattribution nach neutralen und unmoralischen Intentionen im Vergleich an 10- bis 12-jährigen Kindern untersucht. Als Paradigma dienten Bildergeschichten (entwickelt in Anlehnung an Yuill et al., 1996), bei denen die Probanden einem Protagonisten im Zusammenhang mit der Erfüllung oder Nichterfüllung einer neutralen oder unmoralischen Intention Emotionen attribuieren sollten.

Auf Verhaltensebene wurden dafür zum einen die während der fMRT-Messung aufgezeichneten Reaktionen ausgewertet. Hier wurde erwartet, dass die Kinder in der Bedingung „*neutral erfüllt*“ mehrheitlich den fröhlichen Smiley auswählen, in der Bedingung „*neutral unerfüllt*“ den traurigen. Laut Yuill (1984) ist die hierfür notwendige Fähigkeit zur zielorientierten Emotionsattribution bereits im Alter von 3 Jahren ausgebildet. In der Bedingung „*unmoralisch unerfüllt*“ wurde die Wahl des traurigen Smileys erwartet, da sowohl eine ziel- als auch eine moralorientierte Sichtweise zur Attribution negativer Emotionen führen. In der kritischen Bedingung „*unmoralisch erfüllt*“, bei welcher Intentionserfüllung und Regelverletzung um gegensätzliche Emotionen konkurrieren, wurde die mehrheitliche Wahl des traurigen Smileys erwartet. Laut Nunner-Winkler und Sodian (1988) und Yuill et al. (1996) wird vermutet, dass bei den 10- bis 12-jährigen Probanden eine moralorientierte Sichtweise vorherrscht, welche die Intentionserfüllung hinter die Regelverletzung zurückstellt. Zum anderen wurde im Anschluss an die Kernspinuntersuchung ein Emotionsrating mit einer Auswahl der Bildergeschichten durchgeführt. Hierbei sollten die Kinder dem Protagonisten verschiedene Emotionen in ihrer jeweiligen Ausprägung, geratet auf einer Skala mit den Werten 1 bis 5, zuschreiben. Hier wurde erwartet, dass in der Bedingung „*neutral erfüllt*“ positive Emotionen, in den Bedingungen „*neutral unerfüllt*“ und „*unmoralisch unerfüllt*“ negative Emotionen als stark ausgeprägt bewertet werden. In der Bedingung „*unmoralisch erfüllt*“ wurde erwartet, dass die Intentionserfüllung und die Regelverletzung entgegengesetzte Emotionen hervorrufen und die Probanden somit entweder moralorientiert vermehrt negative oder unter simultaner Einnahme von moral- und zielorientierter Sichtweise gemischte Emotionen attribuieren (Lagatutta, 2005; Yuill et al., 1996).

Für die Ergebnisse aus der Bildgebung wurde erwartet, dass während des Vorgangs der Emotionsattribution bei den 10- bis 12-jährigen Probanden Aktivierungen im MPFC, in temporoparietalen Regionen und im Bereich des Cingulums/Precuneus zu finden sind (Heberlein und Saxe, 2005; Hynes et al., 2005; Kobayashi et al., 2007; Moriguchi et al., 2007;

Onishi et al., 2004; Ochsner et al., 2004; Wicker et al., 2003). Beim Vergleich der Emotionsattribution nach neutralen und unmoralischen Intentionen wurde erwartet, dass sich bei unmoralischen Intentionen zusätzlich Mehraktivierungen im medialen orbitofrontalen bzw. ventrolateralen präfrontalen Kortex sowie im superioren temporalen Sulcus/Gyrus zeigen (Finger et al., 2006; Moll et al., 2002).

Im Folgenden werden die aufgestellten Untersuchungshypothesen anhand der Ergebnisse überprüft und es wird versucht, diese in die aktuelle Datenlage einzuordnen. Dabei werden zuerst die Verhaltensdaten aus der fMRT-Messung, anschließend die des Emotionsratings und zuletzt die fMRT-Daten selbst diskutiert. Abgeschlossen wird die vorliegende Arbeit durch einen kurzen Ausblick.

4.1 Verhaltensdaten

4.1.1 Verhaltensdaten der fMRT-Messung

Bei der Auswertung der Reaktionen aus der fMRT-Messung zeigte sich, dass die Probanden in der Realitätsbedingung zu 96,3 % die richtige Antwortalternative auswählten. Also kann davon ausgegangen werden, dass während der gesamten Messung ein ausreichend hohes Maß an Konzentration aufrechterhalten wurde und auch die Versuchsbedingungen gewissenhaft bearbeitet wurden.

Für die Bedingungen „*unmoralisch erfüllt*“ und „*unmoralisch unerfüllt*“ wurde in den Untersuchungshypothesen die mehrheitliche Wahl des negativen Smileys erwartet. Jedoch zeigte sich im Vergleich beider Bedingungen ein signifikanter Unterschied, da die kritische Bedingung „*unmoralisch erfüllt*“ in fast zwei Dritteln der Fälle mit dem fröhlichen Smiley bewertet wurde. Somit muss zwar die Untersuchungshypothese abgelehnt werden, dennoch lässt sich eine Tendenz in die erwartete Richtung feststellen: Der signifikante Unterschied zwischen den Bedingungen „*unmoralisch erfüllt*“ und „*neutral erfüllt*“ zeigt, dass in der kritischen Bedingung nicht einheitlich wie bei der neutralen Bedingung positive Emotionen attribuiert wurden, sondern zu etwa einem Drittel wie erwartet negative, was auf dem Einnehmen einer moralorientierten Sichtweise beruhen dürfte. Der Vergleich der Bedingungen „*neutral unerfüllt*“ und „*unmoralisch unerfüllt*“ zeigt keinen signifikanten Unterschied.

In der Bedingung „*neutral erfüllt*“ schrieben die Probanden dem Protagonisten mehrheitlich positive Emotionen zu (90,3 %), in der Bedingung „*neutral unerfüllt*“ mehrheitlich negative (89,1 %). Somit entspricht die Emotionsattribution nach erfüllten oder unerfüllten neutralen Intentionen der aufgestellten Untersuchungshypothese und die 10- bis

12-jährigen Kinder attribuierten in diesen Bedingungen wie erwartet. Die Abweichungen von etwa 10 % in beiden Bedingungen dürften auf versehentliche Falschantworten im relativ kurzen Antwortzeitfenster und nicht auf die bewusste Auswahl des jeweils anderen Smileys zurückzuführen sein.

In der Bedingung „*unmoralisch unerfüllt*“ wählten die Probanden mehrheitlich den negativen Smiley (92,6 %). Da bei dieser Bedingung sowohl eine ziel- als auch eine moralorientierte Sichtweise und selbst die bei Yuill et al. (1996) beschriebene objektive Sichtweise Dreijähriger zur Attribution negativer Emotionen führt, entspricht auch dieses Ergebnis den Erwartungen.

In der kritischen Bedingung „*unmoralisch erfüllt*“ entschieden sich etwa zwei Drittel der Probanden für den fröhlichen Smiley. An dieser Antwortauswahl und der hohen Standardabweichung von 35,4 % (vs. 5,5 %, 7,3 % und 7,6 % in den übrigen drei Versuchsbedingungen) wird deutlich, dass hier die Zuschreibung des fröhlichen oder traurigen Smileys weniger eindeutig erfolgte. Aus der Datenlage wurde die mehrheitliche Wahl des negativen Smileys erwartet, da laut Nunner-Winkler und Sodian (1988) und Yuill et al. (1996) im Alter von 10 Jahren eine moralorientierte Sichtweise vorherrscht. Dies würde zum Zurückstellen der aus der Intentionserfüllung resultierenden positiven Emotionen hinter die aus der Regelverletzung resultierenden negativen Emotionen führen. Die zu dieser Hypothese konträren Ergebnisse der vorliegenden Studie mit der vorwiegenden Attribution positiver Emotionen nach erfüllter unmoralischer Intention könnten im Sinne des Modells von Weiner (1986) diskutiert werden. Dieser beschreibt in seinem Modell über die Emotionsattribution beim Happy-Victimizer-Phänomen einen ersten Schritt („primary appraisal“), der als „outcome-dependent“ bezeichnet wird und in der hier betrachteten kritischen Bedingung entsprechend der Intentionserfüllung zur Attribution positiver Emotionen führt. Erst der zweite Schritt („second appraisal“) würde mit der Suche nach den Ursachen für den Handlungsausgang („attribution-dependent“) die Regelverletzung miteinbeziehen und so zu negativen oder gemischten Emotionen führen. Weiner (1986) berichtet, dass die zielorientierte Sichtweise mit alleinigem Durchlaufen des ersten Schritts in vielen alltäglichen Situationen sogar bis ins Erwachsenenalter vorherrscht, was auch bei den vorliegenden Ergebnissen die Attribution von positiven Emotionen durch die Mehrheit der 10- bis 12-jährigen Kinder begründen könnte. Harter und Kollegen (Harter, 1983; Harter & Buddin, 1987; Harter & Whitesell, 1989) postulieren ein 5-Stufen-Modell für die Entwicklung der Emotionsattribution beim Happy-Victimizer-Phänomen, in welchem graduell bis ins Alter von 10 Jahren die Fähigkeit erlangt wird, spontan verschiedene Perspektiven simultan

einzunehmen und gemischte Emotionen zu attribuieren. Jedoch sind derartige Altersgrenzen zum einen niemals Absolutwerte, sodass ein Teil der Kinder möglicherweise auf einer vorhergehenden Stufe steht und somit allein zielorientiert attribuiert. Zum anderen mussten sich die Probanden während der fMRT-Messung für eine Emotion entscheiden und hatten nicht die Möglichkeit, eventuell simultan auftretende gemischte Emotionen anzugeben. Während die Probanden also in der fMRT-Messung einer Emotion den Vorrang geben mussten, konnten sie beim Emotionsrating mehrere verschiedene Emotionen attribuieren, sodass dieses weitere Aufschlüsse über das Zutreffen des Modells von Harter und Kollegen geben könnte. Eine andere mögliche Erklärung für die Attribution des fröhlichen Smileys in der Bedingung „*unmoralisch erfüllt*“ könnte sich im gewählten Stimulusmaterial finden. Die Kinder in den Bildergeschichten sind zwar relativ abstrakt dargestellt, jedoch könnte aufgrund des einfachen Spiels, welches beschrieben wird (Ballspiel etc.), unbewusst eine Einstufung der abgebildeten Kinder in eine niedrigere Altersklasse erfolgen. Die Probanden wurden nicht instruiert, aus ihrer eigenen Sichtweise zu urteilen, sondern sollten sich vorstellen, wie sich der Protagonist in der entsprechenden Situation fühlt. Dadurch wurde möglicherweise dem als jünger eingeschätzten Protagonisten keine moralorientierte Sichtweise zugetraut, sondern ihm wurde die einer niedrigeren Altersstufe entsprechende zielorientierte Sichtweise mit resultierenden positiven Emotionen zugeschrieben. Für nachfolgende Studien wäre anzudenken, dass beim Erklären der Bildergeschichten und der Aufgabenstellung darauf eingegangen wird, dass die abgebildeten Kinder das gleiche Alter haben wie die Probanden und sich dementsprechend in einem ähnlichen kognitiven Entwicklungsstadium befinden. Auch für Studien mit erwachsenen Probanden sollte dieses Problem berücksichtigt werden und stets eine Altersklasse der abgebildeten Figuren angegeben werden oder das Stimulusmaterial so gewählt werden, dass die Protagonisten altersgerechte Handlungen ausführen.

Zusammenfassend kann also festgestellt werden, dass die 10- bis 12-jährigen Probanden in den neutralen Bedingungen erwartungsgemäß zielorientiert attribuierten. In der Bedingung „*unmoralisch unerfüllt*“ antworteten sie ebenfalls erwartungsgemäß, jedoch kann nicht abschließend beurteilt werden, ob der Entscheidung eine ziel- oder moralorientierte oder gar eine objektive Sichtweise zugrunde lag, da in allen Fällen die Attribution des traurigen Smileys resultiert. Aufschlüsse darüber können ansatzweise aus dem Emotionsrating gezogen werden, die genaue Untersuchung der Argumentation könnte Inhalt einer weiterführenden Studie sein. In der kritischen Bedingung „*unmoralisch erfüllt*“ attribuierten die Probanden zu fast zwei Dritteln positive Emotionen, was die Untersuchungshypothese widerlegt und

wahrscheinlich auf das Vorherrschen einer zielorientierten Sichtweise bei den Probanden zurückzuführen ist. Ob die Probanden simultan verschiedene Sichtweisen einnahmen, kann durch das Emotionsrating, bei welchem die Angabe von gemischten Emotionen möglich war, aufgeklärt werden. Über die zugrunde liegende Sichtweise können jedoch auch dort nur Vermutungen angestellt werden, da in der vorliegenden Studie nicht nach der Argumentation für die Attribution gefragt wurde.

4.1.2 Daten des Emotionsratings

Für das Emotionsrating bewerteten die Probanden zehn der gesehenen Bildergeschichten hinsichtlich der Ausprägung der acht Emotionen „fröhlich“, „zufrieden“, „stolz“, „schadenfroh“, „überrascht“, „verlegen“, „traurig“ und „verärgert“. Für die Diskussion der Ergebnisse wird eine Einteilung der Emotionen vorgenommen: Während die ersten drei Emotionen („fröhlich“, „zufrieden“ und „stolz“) als positive Emotionen gelten, sind die letzten drei („verlegen“, „traurig“ und „verärgert“) den negativen Emotionen zuzuordnen. Die beiden Emotionen „schadenfroh“ und „überrascht“ können indes nicht eindeutig zugeordnet werden. Für die Schadenfreude ist der Blickwinkel der Beurteilung ausschlaggebend: Während für die Person, welche die Emotion empfindet, die Schadenfreude als eine Form der Freude und somit als positive Emotion eingestuft werden kann, steht aus objektiver Sicht der moralische Aspekt im Vordergrund, wodurch Schadenfreude als unmoralische Emotion und damit als negativ zu klassifizieren wäre. Die Emotion „überrascht“ kann ebenfalls weder der positiven noch der negativen Kategorie zugeordnet werden, da sie je nach Situation positiv oder negativ besetzt sein kann. Diese Einteilung wurde erst nachträglich vorgenommen und wird aus Gründen der Übersichtlichkeit für den nachfolgenden Teil verwendet. Zuerst wird der Vergleich der Bedingungen durch Varianzanalyse und post-hoc t-Tests betrachtet. Anschließend werden die Ratingwerte der einzelnen Bedingungen diskutiert.

In der Varianzanalyse zeigte sich ein Haupteffekt für den Faktor *Kompatibilität* erwartungsgemäß für alle acht Emotionen. Dabei wurden die positiven Emotionen sowie die Emotion „schadenfroh“ in der Ausprägung „erfüllt“ als stärker zutreffend bewertet, die negativen und die Emotion „überrascht“ in der Ausprägung „unerfüllt“. Dies könnte mit dem starken Effekt der Intentionserfüllung oder -nichterfüllung erklärt werden, welche, wie sich schon in den Verhaltensdaten der fMRT-Messung gezeigt hat, gegenüber der Regelverletzung ausschlaggebender für die Emotionsattribution zu sein scheint.

Für den Faktor *Moral* zeigte sich ein Haupteffekt hinsichtlich von fünf Emotionen. In der Ausprägung „neutral“ wurden die drei positiven Emotionen als stärker zutreffend bewertet,

in der Ausprägung „*unmoralisch*“ die Emotionen „schadenfroh“ und „verlegen“. Die stärkere Ausprägung der positiven Emotionen in den neutralen Bedingungen lässt darauf schließen, dass die Regelverletzung durchaus einen Einfluss auf die Attribution der Emotionen hat. Zwar resultiert nicht wie erwartet aus moralischer Sichtweise die Attribution negativer Emotionen bei der Erfüllung einer unmoralischen Intention, doch sind die positiven Emotionen nach einer Regelverletzung weniger stark ausgeprägt als in den vergleichbaren neutralen Situationen. Die stärkere Ausprägung der mit unterschiedlichen Valenzen verbundenen Emotionen „schadenfroh“ (unmoralischer Protagonist mit zielorientierter Sichtweise) und „verlegen“ (moralischer Protagonist mit moralorientierter Sichtweise) in den unmoralischen Bedingungen könnte entweder in der Attribution gemischter Emotionen begründet sein oder aber folgende Ursache haben: Der hohe Wert für Schadenfreude resultiert möglicherweise vorwiegend aus der erfüllten unmoralischen Bedingung, der für Verlegenheit dagegen aus der unerfüllten unmoralischen Bedingung. Dies wird sich bei der Betrachtung der Emotionsattribution bei den einzelnen Bedingungen erschließen. Hier kann festgehalten werden, dass sich der Einfluss der Regelverletzung in der weniger starken Ausprägung der positiven Emotionen in den unmoralischen Bedingungen zeigt.

Interaktionseffekte zeigten sich für die vier Emotionen „fröhlich“, „zufrieden“, „traurig“ und „schadenfroh“, über welche anschließend t-Tests gerechnet wurden. Diese zeigten für alle vier Emotionen signifikante Effekte im Vergleich der Bedingungen „*neutral erfüllt*“ und „*unmoralisch erfüllt*“, außerdem eine signifikant stärkere Ausprägung der Emotion „schadenfroh“ bei der Bedingung „*unmoralisch unerfüllt*“ gegenüber der Bedingung „*neutral unerfüllt*“. Für den Vergleich der Bedingungen „*neutral erfüllt*“ und „*unmoralisch erfüllt*“ lässt das Attributionsmuster der einzelnen Emotionen verschiedene Schlussfolgerungen zu: Während die signifikant stärkere Ausprägung der Emotionen „fröhlich“ und „zufrieden“ sowie die signifikant schwächere Ausprägung der Emotion „traurig“ in der neutralen Bedingung gegenüber der unmoralischen eher auf eine moralorientierte Sichtweise hindeuten oder zumindest den Einfluss der Regelverletzung belegen, weist die signifikant stärkere Ausprägung der Schadenfreude in der unmoralischen Bedingung eher auf eine zielorientierte Sichtweise hin. Dies könnte auf die Attribution gemischter Emotionen bei Intentionserfüllung unter Regelverletzung zurückzuführen sein. Jedoch legen die großen Standardabweichungen in der unmoralischen Bedingung sowie das Überprüfen des Ratingverhaltens der einzelnen Probanden die Interpretation nahe, dass nur von wenigen Kindern beide Sichtweisen simultan eingenommen wurden, sondern bei den meisten Probanden eine ziel-, bei einigen anderen eine moralorientierte Attribution vorherrschte. Dieser Befund könnte zum einen darin

begründet sein, dass die 10- bis 12-jährigen Kinder eine heterogene Gruppe hinsichtlich ihres Entwicklungsstandes darstellen. Die bei Nunner-Winkler und Sodian (1988), Yuill et al. (1996) und Arsenio und Kramer (1992) beschriebene Altersgrenze von 10 Jahren, ab welcher moralorientierte Emotionsattribution mit simultaner Einnahme verschiedener Perspektiven gefunden wird, ist nicht als absoluter Wert zu sehen, der gleichermaßen bei allen Kindern exakt zutrifft. So könnte ein Teil der Kinder diese Fähigkeit noch nicht erlangt haben und eher zielorientiert attribuieren, während andere Kinder bereits die moralorientierte Sichtweise einnehmen. Diese Interpretation würde die Diskussion der Verhaltensdaten der fMRT-Messung im Sinne des 5-Stufen-Modells zur Emotionsattribution beim Happy-Victimizer-Phänomen von Harter und Kollegen (Harter, 1983; Harter & Buddin, 1987; Harter & Whitesell, 1989) bestätigen, dass nämlich auch bei der Möglichkeit der simultanen Einnahme verschiedener Sichtweisen von der Mehrzahl der Kinder spontan eher zielorientiert und weniger gemischt attribuiert wird. Zum anderen wäre es möglich, dass die Aufgabenstellung wie oben beschrieben nicht eindeutig genug war, sodass die abgebildeten Protagonisten von den Kindern als unterschiedlich alt eingeschätzt wurden und ihnen so unterschiedliche resultierende Emotionen zugeschrieben wurden. Dies sollte für das Design nachfolgender Studien berücksichtigt und das Alter des Protagonisten der Bildergeschichten angegeben werden. Die stärkere Ausprägung der Emotion „schadenfroh“ bei der Bedingung „*unmoralisch unerfüllt*“ gegenüber der Bedingung „*neutral unerfüllt*“ zeigt, dass die Probanden dem Protagonisten selbst beim Verletzen eines anderen als des beabsichtigten Kindes Schadenfreude attribuieren, während die neutrale Bedingung nicht mit unmoralischen Emotionen in Verbindung gebracht wird. Dies lässt vermuten, dass der Protagonist von den Probanden als unmoralischer Mensch eingeschätzt wird, der schlechte Absichten hat und Freude empfindet, sobald er ein anderes Kind verletzt, sei es das beabsichtigte oder nicht. Nach ersten Interpretationsansätzen aus der Diskussion der Haupt- und Interaktionseffekte werden nun die einzelnen Bedingungen hinsichtlich der Ausprägung der acht Emotionen betrachtet, um so genauere Schlussfolgerungen ziehen zu können.

In der Bedingung „*neutral erfüllt*“ wurden die drei positiven Emotionen als stark zutreffend bewertet, die übrigen als kaum oder gar nicht zutreffend. Dagegen wurden in der Bedingung „*neutral unerfüllt*“ die negativen Emotionen sowie die Emotion „überrascht“ als mäßig bis stark zutreffend beurteilt, die positiven Emotionen sowie die Schadenfreude als kaum oder gar nicht zutreffend. Dies entspricht den aufgestellten Hypothesen über die Attribution von positiven Emotionen nach erfüllter neutraler Intention und von negativen

Emotionen nach unerfüllter neutraler Intention, entsprechend einer zielorientierten Sichtweise.

Nach unmoralischer Intention wurden die Emotionen in der erfüllten und unerfüllten Bedingung exakt gegengleich beurteilt: Während die positiven Emotionen und die Emotion „schadenfroh“ in der Bedingung „*unmoralisch erfüllt*“ als mäßig bis stark zutreffend bewertet wurden, wurden sie in der Bedingung „*unmoralisch unerfüllt*“ als kaum oder gar nicht zutreffend bewertet. Entgegengesetzt verhält es sich mit den negativen Emotionen und der Emotion „überrascht“, welche in der Bedingung „*unmoralisch erfüllt*“ als kaum oder gar nicht zutreffend, in der Bedingung „*unmoralisch unerfüllt*“ dagegen als mäßig bis stark zutreffend geratet wurden. Also scheint auch bei den beiden unmoralischen Bedingungen eine zielorientierte Sichtweise zu finden zu sein, da die Erfüllung der Intention trotz Regelverletzung vermehrt mit positiven Emotionen, die Nichterfüllung der Intention vor allem mit negativen Emotionen bewertet wird.

Bei der Bedingung „*unmoralisch unerfüllt*“ führen sowohl eine ziel- als auch eine moralorientierte Sichtweise zur Attribution von negativen Emotionen. Während die beiden Emotionen „überrascht“ und „traurig“ mit beiden Sichtweisen gut vereinbar sind, führen die Emotionen „verärgert“ und „verlegen“ zu unterschiedlichen Interpretationen: Die mäßig starke Ausprägung der Emotion „verärgert“ (3.87) könnte eher auf eine zielorientierte Sichtweise schließen lassen, da Ärger eher zur Nichterfüllung einer Intention passen könnte als zu den Gefühlen, welche das Ausführen einer unmoralischen Handlung nach sich zieht. Die mit einem Mittelwert von 3.69 ähnlich hoch geratete Emotion „verlegen“ könnte dagegen eher auf eine moralische Sichtweise schließen lassen und weniger durch die Nichterfüllung der Intention als durch die Regelverletzung erklärbar sein. Dies könnte bedeuten, dass von den Probanden simultan die ziel- wie auch die moralorientierte Sichtweise eingenommen wird. Allerdings zeigte sich bei der Überprüfung der Ratingwerte der einzelnen Probanden, dass dies nur teilweise der Fall ist. Die nur mäßig starke Ausprägung der beiden Emotionen ist vielmehr Ergebnis der Berechnung des Mittelwerts aus deutlich unterschiedlich hohen Ratingwerten der Einzelpersonen, was sich auch an der relativ hohen Standardabweichung mit Werten von 1.03 und 1.05 zeigt. So wurde von einem Teil der Probanden wohl eher eine zielorientierte Sichtweise eingenommen und die Emotion „verärgert“ als stark zutreffend bewertet, ein anderer Teil bewertete eher moralorientiert die Emotion „verlegen“ als stark zutreffend. Somit bestätigen zwar die Ergebnisse für sich die Untersuchungshypothese über die Attribution negativer Emotionen bei der Bedingung „*unmoralisch unerfüllt*“, jedoch lässt die genauere Analyse vermuten, dass nur ein Teil der Probanden die erwartete

moralorientierte Sichtweise einnahm. Der andere Teil schien vermutlich eher zielorientiert zu attribuieren, was jedoch ebenfalls in der Zuschreibung negativer Emotionen resultiert und somit mit der Untersuchungshypothese vereinbar ist.

In der kritischen Bedingung „*unmoralisch erfüllt*“ wurden entgegen der Erwartung die positiven Emotionen als mäßig bis stark zutreffend bewertet, die negativen als kaum oder gar nicht zutreffend. Es scheint also bei den 10- bis 12-jährigen Probanden auch hier eine zielorientierte Sichtweise vorherrschend zu sein, was in einer positiven Bewertung der Erfüllung der Intention unter Vernachlässigung der Regelverletzung resultiert. Diese Vermutung wird dadurch bestätigt, dass bei dieser Bedingung „schadenfroh“ mit einem Mittelwert von 3.87 als die am stärksten zutreffende Emotion geratet wurde. Dem Protagonisten wird also explizit Freude an der unmoralischen Handlung in Form von Schadenfreude attribuiert. Auch die Emotion „verlegen“, welche auf moralische Bedenken schließen lassen würde, wurde in dieser Bedingung im Gegensatz zur Bedingung „*unmoralisch unerfüllt*“ mit dem Verletzen eines anderen als des beabsichtigten Kindes als kaum zutreffend bewertet. Allerdings sind die errechneten Mittelwerte sowohl für die positiven als auch die negativen Emotionen nach der erfüllten unmoralischen Intention weniger extrem als nach der erfüllten neutralen Intention (insgesamt Annäherung an den mittleren Wert der Ausprägung von 3.00), was dafür spricht, dass die Regelverletzung durchaus in die Bewertung mit eingeht: Die positiven Emotionen sind, wenn auch nur teilweise signifikant, so durchgängig zumindest tendenziell schwächer, die negativen stärker ausgeprägt als in der entsprechenden neutralen Bedingung ohne Regelverletzung. Somit wurde zwar nicht die aus moralischer Sichtweise resultierende Attribution negativer Emotionen in der Bedingung „*unmoralisch erfüllt*“ festgestellt, jedoch kann davon ausgegangen werden, dass die Regelverletzung in die Bewertung mit eingeht und die Ausprägung der einzelnen Emotionen entsprechend modifiziert, was so auch von Lagatutta (2005) beobachtet wurde. Somit ließe sich zumindest eine Tendenz hin zur Attribution gemischter Emotionen feststellen und die Untersuchungshypothese teilweise bestätigen.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Untersuchungshypothesen für das Emotionsrating bei den neutralen Bedingungen bestätigt wurden. In der Bedingung „*unmoralisch unerfüllt*“ wurde die Untersuchungshypothese ebenfalls bestätigt, jedoch kann nicht abschließend geklärt werden, auf welchem Attributionsverhalten die Ergebnisse begründet sind, was Gegenstand weiterführender Studien sein könnte. In der kritischen Bedingung „*unmoralisch erfüllt*“ wurden nicht wie erwartet mehrheitlich negative oder gemischte Emotionen attribuiert, jedoch zeigte sich der Einfluss der Regelverletzung auf die

Emotionsattribution in der Ausprägung der einzelnen Emotionen. Nur ein Teil der Probanden schien die Emotionen unter Fokussierung auf moralische Gesichtspunkte zuzuschreiben, während die Mehrheit ein eher zielorientiertes Attributionsmuster mit Einbeziehung der Regelverletzung zeigte.

4.2 fMRT-Daten

Die vorliegende Studie untersuchte die neuronalen Korrelate der Emotionsattribution bei Kindern nach neutralen und unmoralischen Intentionen im Vergleich, zu welcher bisher kaum Ergebnisse vorliegen. Zwar existieren auf diesem Gebiet einige Studien mit erwachsenen Probanden, jedoch wurden bei diesen nach Meinung der Autorin oft andere Prozesse und nicht die Emotionsattribution selbst untersucht. Mit Kindern hingegen liegen keine Studien zu den neuronalen Korrelaten der Emotionsattribution vor. Die vorliegende Studie liefert erste Ansätze, diesen Aspekt der ToM auf neuronaler Ebene zu beleuchten.

In der Studie von Ochsner et al. (2004) wurde nach Ansicht der Autorin streng genommen der Prozess der Emotionsdekodierung aus abgebildeten Gesichtern und zusätzlich der Prozess der Emotionsinduktion untersucht, indem nach der durch das Gesicht hervorgerufenen eigenen Emotion gefragt wurde. Dies bedeutet nicht die Zuschreibung eines mentalen Zustandes auf eine andere Person, sondern auf die eigene, was möglicherweise einen anderen Verarbeitungsmechanismus auf neuronaler Ebene zeigen könnte. Bei den untersuchten Prozessen zeigten sich Aktivierungen im MPFC, im superioren temporalen Gyrus sowie im posterioren Cingulum/Precuneus. Auch Wicker et al. (2003) untersuchten den Prozess der Dekodierung von Emotionen, im Gegensatz zu Ochsner et al. (2004) jedoch anhand kurzer Videos, welche nur die Augenpartie von Gesichtern zeigten. Hier zeigten sich konsistent mit den Ergebnissen von Ochsner et al. (2004) Aktivierungen im MPFC, im Temporalpol und ebenfalls im Bereich des Cingulums/Precuneus', weshalb diese Areale als Korrelate für den Prozess der Emotionsattribution in der vorliegenden Studie erwartet wurden. Heberlein und Saxe (2005), welche den Probanden in ihrer Studie kurze Videos mit sogenannten „point-light walker body movements“ zeigten, anhand derer sie Emotionen „attribuieren“ sollten, untersuchten mit ihrem Paradigma ebenfalls eher die Dekodierung und weniger die Attribution von Emotionen. Dabei wurden unter anderem Aktivierungen im postzentralen Gyrus des Parietallappens gefunden, welcher in früheren Läsionsstudien (Heberlein et al., 2004) mit Defiziten bei der Emotionsattribution in Verbindung gebracht wurde und deshalb auch in der vorliegenden Studie als Korrelat der Emotionsattribution erwartet wurde. In der Studie von Hynes et al. (2005) hingegen bekommen die Probanden Geschichten vorgelesen

und sollen dem Protagonisten mittels Antwortalternativen zum Ausgang der Geschichte Emotionen zuschreiben. Dabei wird ein Perspektivenwechsel und die Attribution eines mentalen Zustandes auf den Protagonisten gefordert, was im Wesentlichen dem Prozess der Emotionsattribution entspricht. Dabei fanden sie Aktivierungen im MPFC sowie in der temporoparietalen Junction, welche aufgrund der Ähnlichkeit des Paradigmas mit dem der vorliegenden Studie (inhaltlich große Übereinstimmung bei Verwendung von rein verbalem im Gegensatz zu gemischt verbalem und visuellem Stimulusmaterial) sowie der Konsistenz der Ergebnisse mit denen der übrigen genannten Studien als neuronale Korrelate der Emotionsattribution erwartet wurden. In der Studie von Zaki et al. (2009) sollen die Probanden anhand kurzer Videos den gefilmten Personen Emotionen zuschreiben. Dabei findet nach Meinung der Autorin neben der Dekodierung von Emotionen aus mimischen und stimmlich-modulatorischen Signalen auch die Attribution von Emotionen aus dem gesprochenen Text statt, was wohl der natürlichen, alltäglichen Emotionsattribution am ehesten entspricht. Hierbei fanden sich Aktivierungen im MPFC und in temporoparietalen Arealen, welche auch für die vorliegende Studie als Korrelate der Emotionsattribution allein erwartet werden.

Zur Emotionsattribution bei Kindern liegen keine Befunde aus dem Bereich der Bildgebung vor. Unter einigen Studien, die andere ToM-Aspekte untersuchten, kommt dem hier verwendeten Paradigma die Studie von Moriguchi et al. (2007) am nächsten, welche den Vorgang der Intentionsattribution anhand animierter Triangelfiguren untersuchte. Auch dafür wird die Attribution eines mentalen Zustandes gefordert, wenn auch nicht auf eine andere Person, sondern auf abstrakte Formen. Es wird vermutet, dass es zumindest teilweise Übereinstimmungen beim Prozess der Zuschreibung von Intentionen und Emotionen gibt, wodurch das Aktivierungsmuster der Gehirnareale ein ähnliches sein könnte. Die von Moriguchi et al. (2007) gefundenen Aktivierungen im ventralen MPFC, im superioren temporalen Sulcus sowie im Temporalpol wurden auch für die vorliegende Studie als Korrelate der Emotionsattribution erwartet.

In der vorliegenden Studie, in welcher der Prozess der Emotionsattribution nach neutralen und unmoralischen Intentionen anhand von kurzen Bildergeschichten untersucht wurde, zeigten sich Aktivierungen unter anderem im superioren temporalen Gyrus (BA 22), im inferioren (BA 47), superioren (BA 9) und mittleren frontalen Gyrus (BA 8), im cingulären/medialen frontalen Gyrus (BA 32/8), im Precuneus (BA 7) sowie im anterioren Cingulum (BA 24). Einige Areale scheinen dabei eher für den allgemeinen Prozess der

Emotionsattribution wichtig zu sein, andere scheinen differenziertere oder gar spezifische Funktionen einzunehmen.

4.2.1 Superiorer temporaler Gyrus (BA 22)

Ein Areal, welches für die Emotionsattribution im Allgemeinen eine wichtige Rolle zu spielen scheint, ist der superiore temporale Gyrus (BA 22, Abb. 3.5b). Dort zeigten sich Mehraktivierungen jeweils gegenüber der Baseline beim Kontrast „ToM“, in welchem sämtliche Emotionsattributionsbedingungen zusammengefasst sind, bei den Kontrasten „Neutral“ und „Unmoralisch“, in welchen jeweils die erfüllte und die unerfüllte neutrale bzw. unmoralische Bedingung zusammengefasst sind, sowie in der unerfüllten neutralen, der erfüllten und der unerfüllten unmoralischen Bedingung. Somit scheint der superiore temporale Gyrus wie erwartet eine eher generelle Funktion bei der Bearbeitung der Aufgaben zur Emotionsattribution zu haben und steht im Einklang mit den Befunden von Ochsner et al. (2004), Moriguchi et al. (2007) und Onishi et al. (2004), welche BA 22 mit dem Vorgang der Emotionsattribution und ähnlichen Prozessen in Verbindung bringen. Auch Zaitchik et al. (2010) beschreiben den superioren temporalen Gyrus als Korrelat der Emotionsattribution. In ihrer Studie fanden sich Mehraktivierungen hier spezifisch beim Zuschreiben von Emotionen im Gegensatz zum Zuschreiben von Überzeugungen. Dieser Befund könnte die Aktivierung in sämtlichen Bedingungen erklären, jedoch bleibt fraglich, weshalb in der erfüllten neutralen Bedingung keine Mehraktivierung gefunden wurde, in welcher gleichermaßen der Vorgang der Emotionsattribution abläuft. Eventuell ist dieser Befund erklärbar durch Einbeziehung weiterer damit in Verbindung stehender Abläufe: Gobbini, Koralek, Bryan, Montgomery und Haxby (2007) beschreiben BA 22 im Zusammenhang mit dem Vorgang des Handlungsmonitorings, also beim Überwachen von match/mismatch eines Handlungsausgangs, um Emotionen attribuieren zu können. Geht man davon aus, dass bei den Probanden im Sinne der Simulationstheorie, bei der sich die Probanden in die Lage des Protagonisten versetzen, eine Art Simulationsvorgang abläuft, scheint der Zusammenhang plausibel: Der Proband verfolgt die Intention und die anschließende Handlung, welche entweder zur Erfüllung oder auch zur Nichterfüllung der Intention und eventuell zu einer damit einhergehenden Regelverletzung geführt hat. Unter Einbeziehung dieser drei Teilaspekte (Intention, Erfüllung/Nichterfüllung und eventuelle Regelverletzung) resultiert eine Emotion. Diese Emotion, die der Proband in der Lage des Protagonisten selbst erfahren würde, wird diesem anschließend attribuiert. Somit wäre die Aktivierung von BA 22, die als Korrelat dieses Handlungsmonitorings beschrieben wurde, im Vergleich fast sämtlicher

Emotionsattributionsbedingungen mit der Kontrollbedingung erklärbar. Die fehlende Mehraktivierung bei der erfüllten neutralen Bedingung gegenüber der Baseline könnte möglicherweise daraus resultieren, dass bei dieser Bedingung, welche die wohl einfachste der Experimentalbedingungen darstellt, kein Simulationsvorgang notwendig ist, da die Attribution von Emotionen in diesem Fall schon stark überlernt ist. Die fehlende Mehraktivierung beim Vergleich der unmoralischen mit den neutralen Bedingungen (zusammengefasst sowie einzeln erfüllt und unerfüllt) könnte darin begründet sein, dass in beiden Bedingungen gleichermaßen eine Beurteilung der eigenen Handlungen zur Emotionsattribution notwendig ist und sich die Mehraktivierung so herausmittelt. Die aufgestellte Untersuchungshypothese über erwartete Mehraktivierungen im superioren temporalen Sulcus/Gyrus speziell bei der Verarbeitung moralisch relevanter Stimuli konnte somit nicht bestätigt werden. Zwar finden sich Aktivierungen in BA 22 bei den unmoralischen Bedingungen, jedoch sind diese auch bei den neutralen Bedingungen zu finden und fehlen beim direkten Vergleich der unmoralischen mit den neutralen Bedingungen. Eine andere Möglichkeit der Deutung der Aktivierung im superioren temporalen Gyrus bei fast sämtlichen Versuchsbedingungen ließe sich in Anlehnung an die Befunde von Schultz, Imamizu, Kawato und Frith (2004) vornehmen. Dort wird BA 22 als Korrelat des Vorgangs der Zielzuschreibung beschrieben. Diese findet zwar vermutlich vorrangig beim ersten Bild der Vierersequenz jeder Bildergeschichte statt, auf welchem die Intention des Protagonisten vorgestellt wird. Es folgt das zweite Bild mit dem Handlungsausgang und ein anschließendes Fixationskreuz für die Dauer von 500 bis 2000 ms. Dieses soll gewährleisten, dass während des dritten Bildes, also des Targets, möglichst ausschließlich der Vorgang der Emotionsattribution abgegriffen wird. Jedoch ist es im Rahmen des Happy-Victimizer-Phänomens notwendig, dass die Zielzuschreibung bei der Frage nach den Emotionen des Protagonisten rekapituliert wird, um diesem entsprechend seiner Intention und deren Erfüllung bzw. Nichterfüllung positive oder negative Emotionen attribuieren zu können. Jedoch lässt diese Interpretationsmöglichkeit die Frage nach den fehlenden Mehraktivierungen in den oben genannten Kontrasten offen und wird somit weniger plausibel.

4.2.2 Inferiorer frontaler Gyrus (BA 47)

Ein weiteres häufig aktiviertes Areal ist der inferiore frontale Gyrus (BA 47, Abb. 3.4 und Abb. 3.6). Neben dem Kontrast „*ToM* > *Baseline*“, der alle Emotionsattributionsbedingungen beinhaltet, finden sich die Mehraktivierungen spezifisch für die Kontraste, bei denen der

Handlung des Protagonisten eine unmoralische Intention vorausgeht, sowohl im Vergleich mit der Baseline als auch gegenüber der neutralen Bedingung. Dies würde dafür sprechen, dass BA 47 generell im Zusammenhang mit unmoralischen Handlungen bzw. Intentionen steht. Nach Finger et al. (2006) ist die Mehraktivierung im ventrolateralen präfrontalen Kortex, zu welchem auch BA 47 gerechnet werden kann, auf die Verarbeitung sozial aversiver Informationen zurückzuführen. Die unmoralischen Intentionen und Handlungen könnten im Gegensatz zu den neutralen Bedingungen durch den beinhaltenen Regelbruch einen Konflikt auslösen und so eine Art sozial aversiver Information darstellen. Der kognitive Vorgang der Verarbeitung eines solchen Konfliktes korreliert laut Finger et al. (2006) mit Mehraktivierungen, wie sie auch in der vorliegenden Studie vorwiegend bei den unmoralischen Bedingungen in BA 47 gefunden wurden. Ebenfalls gut vereinbar ist das gefundene Aktivierungsmuster mit den Befunden von Hynes et al. (2005), welche in ihrer Studie als Paradigma kurze Geschichten mit emotionalem Gehalt verwendeten und den Proband zur Perspektivenübernahme aufforderten. Die Autoren beschreiben Aktivierungen in BA 47 (als Teil des MPFC) beim Prozess der emotionalen Perspektivenübernahme und erklären diese durch die bewusste oder auch unbewusste Regulation der Emotionen, welche durch die Stimuli hervorgerufen werden. In der vorliegenden Studie ist möglicherweise besonders nach den unmoralischen Intentionen eine Regulation von Emotionen notwendig, da diese eventuell zwischen Eigen- und Fremdperspektive konfliktieren und dann für die dichotome Antwortauswahl (fröhlicher oder trauriger Smiley) miteinander in Einklang gebracht werden müssen. Moll et al. (2001) fanden in ihrer Studie Mehraktivierungen in BA 47 bei der Beurteilung emotional unangenehmer Sätze, nicht aber bei moralischen Beurteilungen. Bei den unmoralischen Bedingungen wird sowohl bei Erfüllung als auch bei Nichterfüllung der Intention ein anderes Kind verletzt, was im weiteren Sinne eine emotional unangenehme Situation darstellen könnte. Zwar findet bei diesen Bedingungen vermutlich auch eine moralische Beurteilung statt, jedoch könnten bei Fokussierung auf den emotional unangenehmen Gehalt der Situationen die gefundene Mehraktivierung in BA 47 nach den Befunden von Moll et al. (2001) im Sinne eines Zusammenhangs mit emotional unangenehmen Stimuli interpretiert werden. Somit wären die gefundenen Mehraktivierungen im inferioren frontalen Gyrus mit den in Anlehnung an die Befunde von Finger et al. (2006), Hynes et al. (2005) und Moll et al. (2001) erwarteten Aktivierungen besonders in den unmoralischen Bedingungen vereinbar. Eine weitere Interpretationsmöglichkeit für die Aktivierung in BA 47 lässt sich in Anlehnung an Maguire und Mummery (1999) finden. Sie berichten vom inferioren frontalen Gyrus als neuronalem Korrelat des Erinnerns an persönlich

relevante Daten. Die Emotionsattribution könnte, da zusätzlich die Regelverletzung miteinbezogen werden muss, in den unmoralischen Bedingungen eine höhere Anforderung an den Probanden darstellen als in den Bedingungen mit neutralen Intentionen. Auch die Fähigkeit zur Emotionsattribution im Zusammenhang mit moralischer Beurteilung entwickelt sich erst im Anschluss an die Fähigkeit zur Emotionsattribution in neutralen Situationen (u. a. Yuill, 1984). Möglicherweise findet bei der Attribution nach unmoralischen Intentionen ein intensiveres und bewussteres Nachdenken über die emotionalen Konsequenzen der Intention und deren Outcome statt, was unter Einbeziehung der Erinnerung an ähnliche selbst erlebte Situationen geschehen könnte. Bei den neutralen Bedingungen ist dies eventuell nicht mehr nötig, da der Vorgang der Emotionsattribution schon überlernt ist. Dies könnte ebenfalls das Muster der Mehraktivierung in den genannten Bedingungen erklären.

4.2.3 Lateraler superiorer frontaler Gyrus (BA 9)

Ähnlich dem Aktivierungsmuster von BA 47 zeigten sich besonders in den unmoralischen Bedingungen gegenüber der Baseline und den neutralen Bedingungen Aktivierungen im lateralen superioren frontalen Gyrus (BA 9, Abb. 3.6). Gobbini et al. (2007) gehen davon aus, dass BA 9 mit der Repräsentation von sozialen Handlungsintentionen assoziiert ist. Als solche können auch die Intentionen der Protagonisten in der vorliegenden Studie verstanden werden. Diese gehen wiederum möglicherweise in den Prozess der Emotionsattribution ein, indem die Intention des Protagonisten zur Beurteilung dessen Emotionen rekapituliert und mit dem Handlungsergebnis abgeglichen wird. Zwar findet dieser Vorgang in gewisser Weise bei allen Versuchsbedingungen statt, jedoch könnte die soziale Komponente möglicherweise erst bei den unmoralischen Bedingungen salient werden. Im Theorieteil wurde aus den Studien von Ochsner et al. (2004), Wicker et al. (2003), Hynes et al. (2005) und Zaki et al. (2009) die Hypothese abgeleitet, dass für alle Emotionsattributionsbedingungen Aktivierungen im MPFC erwartet werden, zu welchem u. a. BA 9 gezählt werden kann. Die Befunde der vorliegenden Studie jedoch bestätigen diese Annahme nicht, da Mehraktivierungen nur in unmoralischen Bedingungen zu finden waren, nicht jedoch in den neutralen Bedingungen. Die Befunde von Ochsner et al. (2004) und Wicker et al. (2003) sind wie oben beschrieben nur begrenzt auf die vorliegende Studie übertragbar, da im engeren Sinne nicht der Prozess der Emotionsattribution sondern der Emotionsdekodierung untersucht wurde. Die Studien von Hynes et al. (2005) und Zaki et al. (2009) dagegen greifen den Prozess der Emotionsattribution in ähnlicher Weise wie die vorliegende Studie ab. Bei Hynes et al. (2005) wurde die Aktivierung des MPFC mit dem Vorgang der emotionalen Perspektivenübernahme

assoziiert. Möglicherweise findet diese aber nur in den entsprechenden unmoralischen Bedingungen statt, während die neutralen Bedingungen für die 10- bis 12-jährigen Probanden ein niedrigeres Anforderungsniveau darstellen, sodass die Emotionsattribution eventuell schon stark überlernt ist und ohne die Übernahme der Perspektive des Protagonisten vonstattengeht. In den unmoralischen Bedingungen dagegen stellt die Zuschreibung der Emotion einen komplexeren Vorgang mit Einbeziehung verschiedener Faktoren dar und geht möglicherweise mit der bei Hynes et al. (2005) beschriebenen Übernahme der Perspektive des Protagonisten einher. In ähnlicher Weise könnte das Aktivierungsmuster mit den Befunden von Zaki et al. (2009) erklärt werden, welche die Aktivierungen im MPFC in Zusammenhang mit der Deduktion von Emotionen durch Integration verschiedener Informationen sehen. Auch hier könnte vermutet werden, dass dieser Vorgang erst in den unmoralischen Bedingungen derart komplex und anspruchsvoll ist, sodass sich nur in diesen Bedingungen eine Aktivierung in BA 9 zeigt, nicht jedoch in den verhältnismäßig einfacheren neutralen Bedingungen. Einen anderen Interpretationsansatz liefert eine Studie von Peelen, Atkinson und Vuilleumier (2010): Dort wurde ein Areal im MPFC, welches in seinen MNI-Koordinaten der hier gefundenen Mehraktivierung in BA 9 sehr nahe kommt, im Zusammenhang mit der Erkennung, der Kategorisierung und dem Verstehen von Emotionen beschrieben. In ihrer Untersuchung zeigten sich Mehraktivierungen bei der Dekodierung von Emotionen unabhängig von der Modalität, in welcher die Emotionen wahrgenommen werden, jedoch in Abhängigkeit der dargestellten Emotion. Daraus folgern die Autoren, dass es möglicherweise spezifische Neuronenverbände gibt, welche selektiv einzelne Emotionskategorien repräsentieren. Übertragen auf die vorliegende Studie könnte dies bedeuten, dass möglicherweise die Aktivierungen in BA 9 Korrelat sind für die Repräsentation von Emotionen, die lediglich bei den unmoralischen Bedingungen auftreten, wie z. B. Scham, Schuldgefühl und Verlegenheit. Um eine solch spekulative Vermutung zu bestätigen, bedarf es jedoch weiterer Studien, die diesen Sachverhalt untersuchen.

4.2.4 Mittlerer frontaler Gyrus (BA 8)

Der mittlere frontale Gyrus (BA 8) zeigte nur beim Vergleich der erfüllten unmoralischen Bedingung gegenüber der erfüllten neutralen Bedingung eine signifikante Mehraktivierung (Abb. 3.7a). Dieser Kontrast ist als Vergleich der kritischen Bedingung mit ihrem neutralen Pendant von besonderem Interesse. Einen möglichen Interpretationsansatz hierfür liefern Kincade, Abrams, Astafiev, Shulman und Corbetta (2005) mit ihrer fMRT-Studie über Aufmerksamkeitslenkung. Dabei wurde in zwei Versuchsbedingungen zwischen willentlicher

(endogener) und stimulusabhängiger (exogener) Lenkung der eigenen Aufmerksamkeit durch die im MRT befindlichen Probanden unterschieden. Es zeigte sich unter anderem eine Mehraktivierung bei der willentlichen gegenüber der stimulusabhängigen Aufmerksamkeitslenkung in frontoparietalen Regionen, welche als frontales Augenfeld (FEF) bezeichnet werden und in ihren Koordinaten in etwa dem hier beschriebenen BA 8 entsprechen. Auf die Befunde der vorliegenden Studie ließe sich dies folgendermaßen übertragen: Die Mehraktivierung bei der Bedingung „*unmoralisch erfüllt*“ könnte auf eine willentliche Lenkung der Aufmerksamkeit zurückzuführen sein, während die Aufmerksamkeit in der Bedingung „*neutral erfüllt*“ im Wesentlichen durch den Stimulus, also exogen, gelenkt worden sein könnte. Das könnte bedeuten, dass der Vorgang der Emotionsattribution in der einfacheren neutralen Bedingung eher automatisch allein auf Basis der Stimuli abläuft, ohne dass der Proband seine Aufmerksamkeit bewusst darauf lenken muss. In der unmoralischen Bedingung dagegen, der kritischen Bedingung, entsteht ein Konflikt zwischen dem unterschiedlichen Resultat aus ziel- und moralorientierter Emotionsattribution, sodass der Proband möglicherweise willentlich und bewusst seine Aufmerksamkeit auf die Bearbeitung der Aufgabe lenken muss, um diesen Konflikt zu lösen und die konkurrierenden Emotionen zu integrieren.

4.2.5 Cingulärer und medialer frontaler Gyrus (BA 32/8)

Bei vielen unmoralischen Bedingungen zeigten sich außerdem Mehraktivierungen gegenüber der Baseline und im Falle der erfüllten Intention auch gegenüber der entsprechenden neutralen Bedingung im cingulären und medialen frontalen Gyrus (BA 32/8), welche aufgrund ihrer ähnlichen MNI-Koordinaten (BA 32: $x = -10$, $y = 24$, $z = 38$; BA 8: $x = -8$, $y = 32$, $z = 44$) hier zu einem Areal zusammengefasst werden (Abb. 3.7a). Neben den Mehraktivierungen bei den Kontrasten „*ToM*“ und „*Unmoralisch*“ gegenüber der Baseline, in welchen verschiedene Einzelkontraste zusammengefasst sind, sind die Mehraktivierungen bei der erfüllten unmoralischen Bedingung gegenüber der Baseline sowie gegenüber der erfüllten neutralen Bedingung sehr spezifisch, nämlich wenn die Erfüllung der eigenen Intention mit einer Regelverletzung einhergeht. Es wird also bei der Emotionsattribution in der gewissermaßen kritischen Bedingung im Vergleich zu den neutralen Bedingungen und auch zur unerfüllten unmoralischen Bedingung eine höhere Anforderung an die Probanden gestellt, da die konkurrierenden positiven Emotionen der zielorientierten Sichtweise gegen die negativen Emotionen der moralorientierten Perspektive abgewogen werden müssen. Die Anforderung an die 10- bis 12-jährigen Kinder ist beim Prozess der Emotionsattribution in

den neutralen Bedingungen möglicherweise relativ niedrig, sodass vermutet werden kann, dass die Zuschreibung der Emotion im Grunde eher automatisiert abläuft, vergleichbar mit dem „primary appraisal“ in dem von Graham und Weiner (1986) beschriebenen Modell (s. Abschnitt 1.3.2). Auch in der Bedingung „*unmoralisch unerfüllt*“ ist die Anforderung gegenüber der kritischen Bedingung „*unmoralisch erfüllt*“ vermutlich niedriger, da sowohl die ziel- als auch die moraloorientierte Sichtweise zur Attribution von negativen Emotionen führen. Der cinguläre/mediale frontale Gyrus scheint also besonders bei der Emotionsattribution in kritischen Situationen eine wichtige Rolle zu spielen. Neben dem mittleren (BA 9) und dem medialen frontalen Gyrus (BA 8) ist auch der cinguläre/mediale frontale Gyrus (BA 32/8) Teil des MPFC, in welchem Aktivierungen für die Emotionsattribution generell erwartet wurden. Jedoch zeigten sich abgesehen vom Kontrast „*ToM > Baseline*“, welcher viele Einzelkontraste zusammenfasst und wenig spezifisch ist, besonders in der erfüllten unmoralischen Bedingung im Vergleich zur Baseline und der erfüllten neutralen Bedingung Mehraktivierungen, nicht jedoch in den neutralen Bedingungen gegenüber der Baseline. Folglich könnte die Aktivierung in den dorsalen Anteilen des MPFC als neuronales Korrelat der Emotionsattribution bei moralisch relevanten Stimuli gedeutet werden und eventuell zusätzlich, wenn ein Konflikt konkurrierender Emotionen auftritt. Dies wäre konsistent mit den Ergebnissen von Berthoz, Armony, Blair und Dolan (2002), welche Aktivierungen im dorsalen MPFC als Korrelat der Reaktion auf Geschichten mit Normüberschreitung gegenüber neutralen Geschichten beschreiben. Auch mit den Ergebnissen von Zaki, Hennigan, Weber und Ochsner (2010) ließen sich die gefundenen Mehraktivierungen in Einklang bringen. Diese beschreiben das Cingulum und Areale im MPFC in Zusammenhang mit dem Überwachen von Konfliktlösungen in der kognitiven und affektiven Domäne sowie mit der Selektion hierfür relevanter Information. Somit wäre die Mehraktivierung in BA 32/8 in der erfüllten unmoralischen Bedingung ein denkbare Korrelat der Konfliktlösung bei konkurrierenden Emotionen.

4.2.6 Precuneus (BA 7)

Ein Areal, das womöglich eine eher spezifische Rolle bei den untersuchten Prozessen innehat, ist der Precuneus (BA 7). Dort zeigten sich nur bei der unerfüllten unmoralischen Bedingung gegenüber der unerfüllten neutralen Bedingung Mehraktivierungen (Abb. 3.7b). Wie die kritische Bedingung „*unmoralisch erfüllt*“ stellt auch die unerfüllte unmoralische Bedingung bei der Emotionsattribution eine höhere Anforderung an den Probanden dar als die neutralen Bedingungen: Der Protagonist hatte die Intention, eines der Kinder zu verletzen,

verletzt jedoch unter Nichterfüllung seiner Intention ein anderes Kind als beabsichtigt. Er handelt somit unter Regelverletzung, also unmoralisch, kann aber die eigene Intention dennoch nicht erfüllen, was somit sowohl aus ziel- als auch aus moralorientierter Sichtweise in einer negativen Emotion resultieren würde. Alternativ kann aber auch die Verletzung eines anderen Kindes als zumindest teilweise Erfüllung der Intention angesehen werden, wenn nämlich im Fokus nicht spezifisch das Verletzen eines bestimmten Kindes, sondern generell die verletzende Handlung steht. In diesem Fall würden wie bei der kritischen Bedingung entweder positive mit negativen Emotionen konkurrieren oder nur positive Emotionen resultieren, wenn nämlich der Protagonist als gewalttätige Person oder sogenannter „bully“ ohne Moralbewusstsein (und somit ohne negative Emotionen nach einer Regelverletzung) angesehen wird, der ein anderes Kind verletzen will, bedeutungslos, welches. Aus den Verhaltensdaten der fMRT-Messung lässt sich jedoch ableiten, dass die Probanden dem Protagonisten größtenteils negative Emotionen attribuierten, was diese Sichtweise wenig plausibel erscheinen lässt. Die Mehraktivierung im Precuneus könnte u. a. als Korrelat des Perspektivenwechsels interpretiert werden, wie bei einer PET-Studie von Ruby und Decety (2001) beschrieben. Übertragen auf diese Studie könnte dies bedeuten, dass in dieser komplexen Situation zur Emotionsattribution möglicherweise ein Wechsel der Perspektive zwischen 1. und 3. Person stattfindet. Neben der 1. Person-Perspektive, also der Sichtweise des Protagonisten, welche wohl zur Zuschreibung der Emotionen eingenommen wird, wird möglicherweise ebenfalls die 3. Person-Perspektive, also die Sichtweise des verletzten Opfers, eingenommen. Zwar muss dieser Perspektivenwechsel vermutlich auch in der erfüllten unmoralischen Bedingung vollzogen werden, jedoch zeigte sich dort keine Mehraktivierung im Precuneus. Dies könnte dafür sprechen, dass mehr noch als ein Wechsel eine Integration von verschiedenen Perspektiven stattfindet, was in der unerfüllten unmoralischen Bedingung ohne Konflikt möglich ist, da wie oben beschrieben vermutlich aus beiden Perspektiven negative Emotionen resultieren. In ihrer fMRT-Studie beschreiben Iacoboni et al. (2004) den Precuneus im Zusammenhang der sozialen Kognition als neuronales Korrelat des Bewusstseins der eigenen Person. Übertragen auf die vorliegende Studie ließe sich annehmen, dass der Proband sich seiner selbst bewusst werden muss, um so die in einer vergleichbaren Situation selbst erfahrenen Emotionen erfassen und anschließend auf den Protagonisten übertragen zu können. Ochsner et al. (2004) beschreiben den Precuneus in ähnlicher Weise als Korrelat des Perspektivenwechsels und bezeichnen ihn aufgrund ihrer Untersuchungsergebnisse als typisches ToM-Areal (siehe auch Gallagher et al., 2000). Als Teil des typischen ToM-Netzwerks wird der Precuneus auch bei Kédia, Berthoz, Wessa,

Hilton und Martinot (2008) beschrieben. In ihrer Studie über spezifische moralische Emotionen in Situationen, welche mit dem in der vorliegenden Studie verwendeten Paradigma vergleichbar sind, interpretierten sie dessen Mehraktivierung als Korrelat des Prozesses von Wahrnehmung von und Nachdenken über andere Personen. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie jedoch lassen darauf schließen, dass der Precuneus erst bei der Beurteilung komplizierterer emotionaler Situationen eine Mehraktivierung zeigt, nicht aber in einfachen Emotionsattributionsaufgaben, wie sie die neutralen Bedingungen darstellen. Fraglich bleibt, weshalb sich in der erfüllten unmoralischen Bedingung keine Mehraktivierung im Precuneus zeigte, welche ja gleichermaßen eine komplizierte emotionale Situation darstellt. Der Unterschied im Aktivierungsmuster könnte möglicherweise darin begründet sein, dass in der unerfüllten unmoralischen Bedingung kein Konflikt bei der Integration der Perspektiven auftritt, da sie beide in der Attribution negativer Emotionen resultieren. In der erfüllten unmoralischen Bedingung jedoch können beide Perspektiven nicht in Einklang gebracht werden, sodass zur Verarbeitung andere Prozesse benötigt werden könnten, was sich möglicherweise in einem anderen Aktivierungsmuster zeigt.

4.2.7 Anteriores Cingulum (BA 24)

Im Gegensatz zu den unmoralischen Bedingungen, welche eine Vielzahl an Aktivierungen hervorriefen, ergaben sich beim Vergleich der neutralen gegenüber den unmoralischen Bedingungen keinerlei signifikante Mehraktivierungen und auch im Vergleich mit der Baseline wurden nur wenige Gehirnareale signifikant mehr aktiviert. Neben dem oben als für die Emotionsattribution generell typisch diskutierten BA 22 zeigten sich Mehraktivierungen im anterioren Cingulum (BA 24) gegenüber der Baseline beim Kontrast „*Neutral*“ sowie in der erfüllten neutralen Bedingung (Abb. 3.5a). Dabei handelt es sich um die im Grunde einfachste Bedingung: Der Protagonist erfüllt seine Intention ohne eine Regelverletzung, das Resultieren in einer positiven Emotion ist relativ eindeutig. Es wird somit ein unkomplizierter Vorgang der Emotionsattribution abgegriffen, für welchen Aktivierungen im Cingulum erwartet wurden. Die hier gefundenen Areale (BA 24: $x = 8/4$, $y = 38/36$, $z = 8/10$) lassen sich mit den Koordinaten der von Wicker et al. (2003) beschriebenen Mehraktivierung (BA 24/32: $x = 1$, $y = 37$, $z = 10$) gut in Übereinstimmung bringen. Wie im Theorieteil beschrieben interpretieren Wicker et al. (2003) die Mehraktivierung im anterioren Cingulum als Korrelat des relativ automatisch ablaufenden Vorgangs der Zuschreibung von Basisemotionen. Dies lässt sich auch auf die Ergebnisse der vorliegenden Studie gut übertragen. Die Mehraktivierungen zeigten sich bei der vergleichsweise einfachen Emotionsattribution nach

erfüllten Intentionen, bei der von einem mehr oder weniger automatisch ablaufenden Prozess ausgegangen werden kann. Die Emotionsattribution bei einer erfüllten Intention ohne jegliche soziale oder moralische Konflikte wird in der Entwicklung schon früh erlernt, sodass die Zuschreibung von positiven Emotionen auf den Protagonisten gewissermaßen verinnerlicht ist und vermutlich ohne bewusstes Nachdenken vonstatten geht. Jedoch bleibt bei dieser Interpretation fraglich, weshalb in der unerfüllten neutralen Bedingung gegenüber der Baseline die Mehraktivierung im Cingulum fehlt. Unter der Annahme, dass die Mehraktivierung im spezifischen Kontrast „*Neutral erfüllt* > *Baseline*“ in den Kontrast „*Neutral* > *Baseline*“ eingeht und für die dort gefundene Mehraktivierung ursächlich ist, wäre allein die erfüllte neutrale Bedingung zu betrachten. Jedoch ist analog zur erfüllten neutralen Bedingung der Prozess der Emotionsattribution auch bei der unerfüllten neutralen Bedingung ein vergleichsweise einfacher Vorgang mit dem relativ eindeutigen Resultat einer negativen Emotion nach unerfüllter Intention. Eine mögliche Interpretation des Aktivierungsmusters lässt sich aus einer Studie von McClure, Laibsen, Loewenstein und Cohen (2004) ableiten, welche das Cingulum im Zusammenhang mit Belohnung beschreiben. Dies würde die vorliegenden Ergebnisse dahingehend erklären, dass allein die Erfüllung der neutralen Intention zur Attribution von ausschließlich positiven Emotionen führt, was bei der Nichterfüllung der neutralen Emotion mit den resultierenden negativen Emotionen nicht der Fall ist und auch nicht nach unmoralischen Intentionen, welche stets eine Regelverletzung und damit negative oder konkurrierende Emotionen beinhalten. Sicherlich sind die Ergebnisse von McClure et al. (2004) nicht ohne Weiteres auf die vorliegende Studie übertragbar, da dort monetäre Belohnung untersucht wurde, in der vorliegenden Studie jedoch gegebenenfalls von einer immateriellen Belohnung für den Protagonisten ausgegangen werden kann. Möglicherweise liegt beiden jedoch ein ähnlicher emotionaler Gehalt zugrunde und die Mehraktivierung beruht auf einem vergleichbaren kognitiven Prozess, der eng mit dem Erfahren eines positiven Resultats zusammenhängt. Zwar wurden dem Protagonisten auch in der erfüllten unmoralischen Bedingung vorwiegend positive Emotionen attribuiert, jedoch abgeschwächt durch die simultan auftretenden negativen Emotionen aufgrund der Regelverletzung.

Zu einer ähnlichen Interpretation der Aktivierung in BA 24 könnte in Anlehnung an eine Studie von Phillips et al. (1998) gelangt werden. Dort wurden Mehraktivierungen im anterioren Cingulum beim Betrachten fröhlicher, nicht jedoch neutraler oder trauriger Gesichter gefunden. Die Mehraktivierung von BA 24 bei der erfüllten neutralen Bedingung

gegenüber der Baseline könnte somit schlicht das neuronale Korrelat der positiven Emotionen sein, welche durch die Erfüllung der neutralen Intention hervorgerufen werden.

4.2.8 Zusammenfassung der Befunde

Zusammenfassend kann Folgendes festgestellt werden: Der superiore temporale Gyrus (BA 22) scheint wie erwartet ein allgemeines Areal der Emotionsattribution zu sein, was als Korrelat des Handlungsmonitorings oder der Zielzuschreibung interpretiert wurde. Jedoch zeigte sich BA 22 entgegen der Erwartung nicht als spezifisches Areal bei der Verarbeitung moralisch relevanter Stimuli. Als solche wurden der inferiore (BA 47) und der superiore frontale Gyrus (BA 9) identifiziert, welche Mehraktivierungen generell nach unmoralischen Intentionen zeigten. BA 47 könnte im Zusammenhang mit dem Erinnern persönlicher Daten, der Verarbeitung sozial aversiver Information und der emotionalen Regulation speziell in unangenehmen Situationen gesehen werden. Somit konnten die Untersuchungshypothesen dahingehend bestätigt werden, dass sich Aktivierungen in BA 47 als Teil des MPFC bei einigen Emotionsattributionsaufgaben sowie vermehrt im ventrolateralen präfrontalen Kortex bei der Verarbeitung moralisch relevanter Stimuli zeigten. Die Aktivierungen in BA 9 könnten als Korrelat der Perspektivenübernahme oder auch der Repräsentation sozialer Handlungsintentionen und Informationsintegration interpretiert werden, sehr spekulativ eventuell als Korrelat spezifischer Emotionen. Als Teil des dorsalen MPFC wurden hier Aktivierungen für sämtliche Emotionsattributionsbedingungen erwartet, fanden sich aber nur nach unmoralischen Intentionen. Der mittlere frontale Gyrus (BA 8) sowie der cinguläre/mediale frontale Gyrus (BA 32/8) zeigten als Teile des dorsalen MPFC Mehraktivierungen besonders bei der kritischen Bedingung „*unmoralisch erfüllt*“. Die Aktivierung in BA 8 könnte als Korrelat der willentlichen Aufmerksamkeitslenkung gedeutet werden und wurde zusammen mit BA 9 und BA 32/8 mit der Reaktion auf Normüberschreitungen und der Konfliktlösung assoziiert. Im Precuneus (BA 7) fand sich allein bei der unerfüllten unmoralischen Bedingung gegenüber der unerfüllten neutralen Bedingung eine Mehraktivierung, welche als Korrelat des Perspektivenwechsels und des Bewusstseins der eigenen Person interpretiert werden könnte. Entgegen der Erwartung zeigten sich jedoch bei den übrigen Emotionsattributionsbedingungen keine Mehraktivierungen in BA 7. Das anteriore Cingulum (BA 24) erwies sich als das einzige für die Bedingung „*neutral erfüllt*“ spezifische Areal. Dessen Aktivierung könnte als neuronales Korrelat automatischen Zuschreibens von Basisemotionen interpretiert werden und im Zusammenhang mit Belohnung und positiven Emotionen im Allgemeinen gedeutet werden.

4.3 Ausblick

Die vorliegende Studie ist die bisher erste Untersuchung, die sich mit den neuronalen Korrelaten der Emotionsattribution bei Kindern beschäftigt, wohingegen auf Verhaltensebene einige Untersuchungen auf diesem Gebiet existieren. Während einige andere Aspekte der ToM wie die Belief-Attribution mit bildgebenden Methoden sowohl an Erwachsenen als auch an Kinder untersucht wurden, liegen für die Emotionsattribution kaum Ergebnisse vor. Die Studien an erwachsenen Probanden, welche in der vorliegenden Arbeit vorgestellt wurden, greifen zum Großteil ebenfalls nicht den Vorgang der Emotionsattribution im engeren Sinne ab. Es wären also Studien mit einem Paradigma wie dem hier verwendeten, welches spezifisch den Vorgang der Emotionsattribution zugrunde legt, sowohl an Erwachsenen als auch vermehrt an Kindern notwendig. Es wäre besonders im Hinblick auf das in der Entwicklung befindliche Gehirn von Interesse, verschiedene Altersgruppen von Kindern – eventuell sogar nach Geschlechtern getrennt – gesondert zu untersuchen, um so eine Vorstellung über die Entwicklung der neuronalen Korrelate der Emotionsattribution zu erlangen, sowie auch Vergleiche mit erwachsenen Probandengruppen zu unternehmen, um so eventuelle Unterschiede und Übereinstimmungen beim ablaufenden Prozess ausfindig zu machen. Auch könnte dasselbe Paradigma an Probanden mit einer Beeinträchtigung der ToM-Funktionen untersucht werden wie Patienten mit Schizophrenie oder Autismus, um sowohl auf der Verhaltensebene als auch auf der Ebene der Bildgebung festzustellen, wo mögliche Unterschiede in der Verarbeitung liegen, um so die Defizite besser spezifizieren und eventuell auch therapieren zu können.

Auch das Miteinbeziehen des moralischen Aspektes im verwendeten Paradigma liefert neue Daten, welche in der Bildgebung in dieser Form bisher fehlen. Auf Verhaltensebene liegen etliche Studien an Kindern vor, welche die Zuschreibung von Emotionen nach unmoralischen Handlungen untersuchen oder sich spezifisch mit dem sogenannten Happy-Victimizer-Phänomen beschäftigen (z. B. Arsenio & Kramer, 1992; Harter, 1983; Nunner-Winkler & Sodian, 1988; Weiner, 1986; Yuill et al., 1996). Da die Datenlage nach wie vor uneinheitlich ist, wäre es sinnvoll, bei weiteren Studien zur Untersuchung der Emotionsattribution nach unmoralischen Intentionen neben der Bildgebung noch umfangreichere Verhaltensdaten zu erheben. Zwar wurde dies in der vorliegenden Studie anhand der ausgewerteten Reaktionen der fMRT-Messung sowie des Emotionsratings vorgenommen, jedoch konnten nicht alle Fragen abschließend geklärt werden, wie die nach der Einnahme einer ziel- oder moralorientierten Sichtweise bei der erfüllten wie auch der unerfüllten unmoralischen Bedingung. Dies könnte in zusätzlichen offenen Interviews eruiert

werden, um dann die Ergebnisse der Bildgebung hinsichtlich des zugrunde liegenden Prozesses genauer deuten zu können. Gerade in Bezug auf die moralische Komponente wäre ein Vergleich verschiedener Altersgruppen von Kindern interessant, da sich, wie aus den oben genannten Verhaltensstudien hervorgeht, die Zuschreibung von Emotionen nach unmoralischen Intentionen im Lauf der Entwicklung wandelt und mit diesem Wandel auch entsprechende Unterschiede auf neuronaler Ebene einhergehen könnten. Zudem wäre der Vergleich verschiedenartiger Gruppen erwachsener Probanden von Interesse, so z. B. gesunder Kontrollgruppen mit Straftätern oder Patienten mit der Persönlichkeitsstörung der Psychopathie. Diese zeigen in ihrem Verhalten Abweichungen von moralischen und sozialen Normen, welche unter Umständen auch mit einem anderen Verarbeitungsmechanismus der hier verwendeten ToM-Aufgabe und Unterschieden bezüglich der dafür verwendeten Gehirnregionen einhergehen könnten.

Das Hauptaugenmerk dieser Studie liegt jedoch auf der Untersuchung von Kindern. Mit der vorliegenden Studie wurden erste Daten zu den neuronalen Korrelaten der Emotionsattribution bei Kindern geliefert, welche durch nachfolgende Studien überprüft und weiter spezifiziert werden sollten. So könnte ein Komplex von ToM-typischen Arealen speziell bei Kindern beschrieben werden, in welchem gesondert auf die einzelnen Teilaspekte der ToM, nämlich das Zuschreiben mentaler Zustände wie Überzeugungen, Intentionen, Wünschen, Wissen und eben auch Emotionen, eingegangen werden sollte. So könnte ein umfassender Überblick über die beteiligten Netzwerke mit ihren jeweiligen Funktionen gegeben und erklärt werden, wie sich deren Rolle im Laufe der Entwicklung verändert.

5. Zusammenfassung

Die vorliegende Studie untersuchte erstmalig anhand einer fMRT-Untersuchung die neuronalen Korrelate der Emotionsattribution nach neutralen und unmoralischen Intentionen im Vergleich an 10- bis 12-jährigen Kindern. Dazu bekamen die Probanden kurze Bildergeschichten mit spielenden Kindern gezeigt und wählten am Ende jeder Sequenz, ob der Protagonist nach Erfüllung bzw. Nichterfüllung seiner neutralen bzw. unmoralischen Intention fröhlich oder traurig sei.

Auf Verhaltensebene zeigte sich erwartungsgemäß, dass die Probanden nach Nichterfüllung einer Intention negative Emotionen attribuieren, nach Erfüllung einer neutralen Intention positive. Für die unmoralische erfüllte Bedingung schrieben knapp zwei Drittel dem Protagonisten positive Emotionen zu, was durch eine mehrheitlich zielorientierte Sichtweise der Probanden, jedoch beeinflusst durch den moralischen Gehalt der Stimuli, erklärt werden könnte. Validiert wurde diese Beobachtung durch ein Emotionsrating anhand einer Auswahl der Bildergeschichten.

Als neuronales Korrelat der Emotionsattribution allgemein wurde der superiore temporale Gyrus identifiziert, welcher als Korrelat von Handlungsmonitoring und Zielzuschreibung diskutiert wird. Teile des ventrolateralen präfrontalen Kortex (inferiorer und superiorer frontaler Gyrus) zeigten Mehraktivierungen nach moralisch relevanten Stimuli, was im Zusammenhang mit Emotionsregulation und Informationsintegration erklärt wurde. In der unmoralischen erfüllten Bedingung wurden Aktivierungen im mittleren frontalen Gyrus und im cingulären/medialen frontalen Gyrus beobachtet. Als Teile des dorsalen medialen präfrontalen Kortex wurden diese mit der Verarbeitung von Normüberschreitungen und Konfliktlösungsprozessen assoziiert. Im Vergleich der unerfüllten unmoralischen Bedingung mit der unerfüllten neutralen Bedingung zeigten sich Mehraktivierungen im Precuneus, welche als Korrelat des Perspektivenwechsels und des Bewusstsein der eigenen Person gedeutet wurden. Allein in der neutralen erfüllten Bedingung wurden Aktivierungen im anterioren Cingulum beobachtet und als Korrelat der automatischen Zuschreibung von Basis-Emotionen und im Zusammenhang mit positiven Emotionen allgemein interpretiert.

Weitere Studien sind notwendig, um die gefundenen Ergebnisse zu überprüfen und weiter zu spezifizieren, so z. B. im Vergleich verschiedener Altersgruppen oder auch an Probanden mit Beeinträchtigung der ToM-Funktionen. Durch die vorliegende Arbeit wurde jedoch der Grundstein gelegt, die neuronalen Netzwerke der Emotionsattribution bei Kindern zu identifizieren.

6. Literaturverzeichnis

- Akiyama, T., Kato, M., Muramatsu, T., Saito, F., Nakachi, R., Kashima, H. (2006). A deficit in discriminating gaze direction in a case with right superior temporal gyrus lesion. *Neuropsychologia* 44 (2), 161-170.
- Arsenio, W. A., Kramer, R. (1992). Victimizers and their victims: children's conceptions of the mixed emotional consequences of moral transgressions. *Child Development* 63, 915-927.
- Astington, J. W. (2003). Sometimes necessary, never sufficient: False-belief understanding and social competence. In B. Repacholi & V. Slaughter (Eds.), *Individuals differences in theory of mind: Implications for typical and atypical development (Macquarie Monographs in Cognitive Science Series)* (S. 13-38). New York: Psychology Press.
- Baron-Cohen, S. (1995). *Mindblindness: An essay on autism and theory of mind*. Cambridge: MIT Press.
- Baron-Cohen, S., Wheelwright, S., Hill, J., Raste, Y., Plumb, I. (2001). The "Reading the Mind in the Eyes" Test revised version: a study with normal adults, and adults with Asperger syndrome or high-functioning autism. *Journal of child psychology and psychiatry, and allied disciplines* 42 (2), 241-251.
- 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.
- Blair, R. J. (2003). Facial expressions, their communicatory functions and neuro-cognitive substrates. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. B Biological sciences* 358, 561-572.
- Blasi, A. (1995). Moral understanding and the moral personality: The process of moral integration. In W. M. Kurtines & J. L. Gewirtz (Eds.), *Moral development: An introduction* (S. 229-253). Boston, MA: Allyn & Bacon.
- Carlson, S. M., Moses, L. J. (2001). Individual differences in inhibitory control and children's theory of mind. *Child Development* 72, 1032-1053.
- Chandler, M. J. (2001). Perspective taking in the aftermath of theory-theory and the collapse of the social role-taking literature. In A. Tryphon & J. Voneche (Eds.), *Working with Piaget: Essays in honour of Barbel Inhelder* (S. 39-63). Hove, UK: Psychology.
- Coelho, J., Sanches, J., Lauterbach, M. H. (2008). fMRI binary detection of brain activated regions with graph-cuts. *Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society* 1, 4411-4414.
- Cole, K., Mitchell, P. (2000). Siblings in the development of executive control and a theory of mind. *British Journal of Developmental Psychology* 18, 279-295.
- Collins, D. L., Neelin, P., Peters, T. M., Evens, A. C. (1994). Automatic 3D intersubject registration of MR volumetric data in standardized Talairach space. *Journal of computer assisted tomography* 18 (2), 192-205.

- Cutting, P., Dunn, J. (1999). Theory of mind, emotion understanding, language, and family background: Individual differences and interrelations. *Child Development* 70, 853-865.
- 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, 463-486.
- Finger, E. C., Marsh, A. A., Kamel, N., Mitchell, D. G. V., 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.
- Flavell, J. H. (1999). Cognitive development: children's knowledge about the mind. *Annual revue of psychology* 50, 21-45.
- Flavell, J. H., Everett, B. A., Croft, K., Flavell, E. R. (1981). Young children's knowledge about visual perception: Further evidence for the Level 1-Level 2 distinction. *Developmental Psychology* 17, 95-120.
- Flavell, J. H., Miller, P. H. (1998). Social Cognition. In D. Kuhn & R. S. Siegler (Eds.), *Handbook of child psychology. Volume 2: Cognition, perception and language* 5 (S. 851-898). New York: Wiley.
- Flavell, J. H., Zhang, X.-D., Zou, H., Dong, Q., Qi, S. (1983). A comparison between the development of the appearance reality distinction in the People's Republic of China and the United States. *Cognitive Psychology* 15, 459-466.
- Friston, K. J., Fletcher, P., Josephs, O., Holmes, A., Rugg, M. D., Turner, R. (1998). Event-related fMRI: characterizing differential responses. *NeuroImage* 7 (1), 30-40.
- Fuster, J. M. (2002). Frontal lobe and cognitive development. *Journal of Neurocytology* 31, 373-385.
- Gallagher, H. L., Happe, 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.
- Giedd, J. N., Blumenthal, J., Jeffries, N. O., Castellanos, F. X., Liu, H., Zijdenbos, A., Paus, T., Evans, A. C., Rapoport, J. L. (1999). Brain development during childhood and adolescence: a longitudinal MRI study. *Nature Neuroscience* 2, 861-863.
- 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. *Journal of Cognitive Neuroscience* 19 (11), 1803-1814.
- Gogtay, N., Giedd, J. N., Lusk, L., Hayashi, K. M., Greenstein, D., Vaituzis, A. C., Nugent, T. F., Herman, D. H., Clasen, L. S., Toga, A. W., Rapoport, J. L., Thompson, P. M. (2004). Dynamic mapping of human cortical development during childhood through early adulthood. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 101, 8174-8179.
- Goldman, A. I. (1992). In defense of the simulation theory. *Mind & Language* 7, 104-119.

- Gopnik, A. (1993). How we know our minds: The illusion of first-person knowledge of intentionality. *Behavioral and Brain Sciences* 16, 1-14.
- 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. A. Hirschfeld & S. A. Gelman (Eds.), *Mapping the mind – Domain specificity in cognition and culture* (S. 257-293). Cambridge: Cambridge University Press.
- Graham, S., Weiner, B. (1986). From an attributional theory of emotion to developmental psychology: A round-trip ticket? *Social Cognition* 4, 152-179.
- Harris, P. L. (1992). From simulation to folk psychology: The case for development. *Mind & Language* 7, 120-144.
- Harter, S. (1983). Children's understanding of multiple emotions: A cognitive-developmental approach. In W. F. Overton (Ed.), *The relationship between social and cognitive development* (S. 147-194). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Harter, S., Buddin, B. J. (1987). Children's understanding of the simultaneity of two emotions: A five-stage developmental acquisition sequence. *Developmental Psychology* 23, 388-399.
- Harter, S., Whitesell, N. R. (1989). Developmental changes in children's understanding of single, multiple, and blended emotion concepts. In C. Saarni & P. L. Harris (Eds.), *Children's understanding of emotion* (S. 81-116). Cambridge: Cambridge University Press.
- Heal, J. (1996). Simulation and cognitive penetrability. *Mind & Language* 11, 44-67.
- Heberlein, A. S., Saxe, R. R. (2005). Dissociation between emotion and personality judgements: Convergent evidence from functional neuroimaging. *NeuroImage* 28, 770-777.
- 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., Lieberman, M. D., Knowlton, B. J., Molnar-Szakacs, I., Moritz, M., Throop, C. J., Fiske, A. P. (2004). Watching social interactions produces dorsomedial prefrontal and medial parietal BOLD fMRI signal increases compared to a resting baseline. *NeuroImage* 21, 1167-1173.
- Kédia, 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. *Journal of Cognitive Neuroscience* 20 (06), 1-11.
- 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. *The Journal of Neuroscience* 25 (18), 4593-4604.

- 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.
- Lagatutta, K. H. (2005). When You Shouldn't Do What You Want to Do: Young Children's Understanding of Desires, Rules, and Emotions. *Child Development* 76, 713-733.
- Leekam, S. (1991). Jokes and lies: Children's understanding of intentional falsehood. In A. Whiten (Ed.), *Neural theories of mind: Evolution, development, and simulation of everyday mindreading* (S. 159-174). Cambridge, Mass.: Basil Blackwell.
- Leslie, A. M. (1994). ToMM, ToBy, and agency: Core architecture and domain specificity in cognition and culture. In L. A. Hirschfeld & S. A. Gelman (Eds.), *Mapping the mind – Domain specificity in cognition and culture* (S. 119-148). Cambridge: Cambridge University Press.
- Leslie, K. R., Johnson-Frey, S. H., Grafton, S. T. (2004). Functional imaging of face and hand imitation: Towards a motor theory of empathy. *NeuroImage* 21 (2), 601-607.
- Lockl, K., Schwarz, S., Schneider, W. (2004). Sprache und Theory of Mind: Eine Längsschnittstudie bei Drei- bis Vierjährigen. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie* 36, 207-220.
- Maguire, E. A., Mummery, C. J. (1999). Differential modulation of a common memory retrieval network revealed by positron emission tomography. *Hippocampus* 9 (1), 54-61.
- McClure, S. M., Laibsen, D. I., Loewenstein, G., Cohen, J. D. (2004). Separate neural systems value immediate and delayed monetary rewards. *Science* 306 (5695), 421-423.
- Moll, J., Oliveira-Souza, R. D., Bramati, I. E., Grafman, J. (2002). Functional Networks in Emotional Moral and Nonmoral Social Judgements. *NeuroImage* 16, 696-703.
- 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 and Clinical Neurosciences* 61, 355-363.
- Nunner-Winkler, G., Sodian, B. (1988). Children's Understanding of Moral Emotions. *Child Development* 59, 1323-1338.
- Ochsner, K. N., Knierim, K., Ludlow, D. H., Hanelin, J., Ramachandran, T., Glover, G., Mackey, S. C. (2004). Reflecting upon Feelings: An fMRI Study of Neural Systems Supporting the Attribution of Emotion to Self and Other. *Journal of Cognitive Neuroscience* 16 (10), 1746-1772.
- Onishi, T., Moriguchi, Y., Matsuda, H., Mori, T., Hirakata, M., Imabayashi, E., Hirao, K., Nemoto, K., Kaga, M., Inagaki, M., Yamada, M., Uno, A. (2004). The neural network for the mirror system and mentalizing in normally developed children: an fMRI study. *Neuroreport* 15 (9), 1483-1487.
- Pears, K. C., Moses, L. J. (2003). Demographics, parenting, and theory of mind in preschool children. *Social Development* 12, 1-20.

- Peelen, M. V., Atkinson, A. P., Vuilleumier, P. (2010). Supramodal Representations of Perceived Emotions in the Human Brain. *The Journal of Neuroscience* 30 (30), 10127-10134.
- Phillips, M. L., Bullmore E. T., Howard, R., Woodruff, P. W., Wright, I. C., Williams, S. C., Simmons, A., Andrew, C., Brammer, M., David, A. S. (1998). Investigation of facial recognition memory and happy and sad facial expression perception: an fMRI study. *Psychiatry Research* 28 (3), 127-138.
- Poulin-Dubois, D. (1999). Infants' distinction between animate and inanimate objects: The origins of naive psychology. In P. Rochat (Ed.), *Early social cognition. Understanding others in the first months of life* (S. 281-297). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Premack, D., Woodruff, G. (1987). Does the chimpanzee have a theory of mind? *Behavioral and Brain Sciences* 1, 515-526.
- Ruby, P., Decety, J. (2001). Effect of subjective perspective taking during simulation of action: a PET investigation of agency. *Nature Neuroscience* 4, 546-550.
- Saxe, R., Whitfield-Gabrieli, S., Plephrey, K. A. (2009). Brain regions for perceiving and reasoning about other people in school-aged children. *Child Development* 80, 1197-1209.
- Schultz, J., Imamizu, H., Kawato, M., Frith, C. D. (2004). Activation of the Human Superior Temporal Gyrus during Observation of Goal Attribution by Intentional Objects. *Journal of Cognitive Neuroscience* 16 (10), 1695-1705.
- Sirotnin, Y. B., Das, A. (2009). Anticipatory haemodynamic signals in sensory cortex not predicted by local neuronal activity. *Nature* 457, 475-479.
- Sodian, B., Thoermer, C. (2006). Theory of Mind. In W. Schneider & B. Sodian (Eds.), *Enzyklopädie der Psychologie, Serie V: Entwicklung, Band 2: Kognitive Entwicklung* (S. 495-608). Göttingen: Hogrefe.
- Sokol, B. (2004). Children's conceptions of agency and morality: making sense of the happy victimizer phenomenon. University of British Columbia.
- Sommer, M., Meinhardt, J., Eichenmüller, K., Sodian, B., Döhnell, K., Hajak, G. (2010). Modulation of the cortical false belief network during development. *Brain research* 1354, 123-131.
- 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. *Nature Neuroscience* 6, 309-315.
- Sullivan, K., Zaitchik, D., Tager-Flusberg, H. (1994). Preschoolers can attribute second order beliefs. *Developmental Psychology* 30, 395-402.
- Taylor, M., Carlson, S. (1997). The relation between individual differences in fantasy and theory of mind. *Child Development* 68, 436-455.

- Tsujimoto, S. (2008). The prefrontal cortex: functional neuronal development during early childhood. *The Neuroscientist* 14, 345-358.
- Turiel, E. (1983). The development of social knowledge: Morality and convention. Cambridge: Cambridge University Press.
- Vinden, P. G. (1996). Junin Quechua children's understanding of mind. *Child Development* 67, 1707-1716.
- Weiner, B. (1986). An attributional theory of motivation and emotion. New York: Springer-Verlag.
- Wellman, H. M., Cross, D., Watson, J. (2001). A meta-analysis of theory of mind development: The truth about false belief. *Child Development* 72, 655-684.
- Wellman, H. M., Gelman, S. A. (1998). Knowledge acquisition in foundational domains. In D. Kuhn & R. S. Siegler (Eds.), *Handbook of child psychology. Volume 2: Cognition, perception and language* 5 (S. 523-573). New York: Wiley.
- Wicker, B., Perrett, D., Baron-Cohen, S., Decety, J. (2003). Being the target of another's emotion: a PET study. *Neuropsychologia* 41, 139-146.
- Wimmer, H., Perner, J. (1983). Beliefs about beliefs: representation and constraining function of wrong beliefs in young children's understanding of deception. *Cognition* 13, 103-128.
- Youngblade, L. M., Dunn, J. (1995). Individual differences in young children's pretend play with mother and sibling: Links to relationships and understanding of other people's feelings and beliefs. *Child Development* 66, 1472-1492.
- Yuill, N. (1984). Young children's coordination of motive outcome in judgements of satisfaction and morality. *British Journal of Developmental Psychology* 2, 73-81.
- Yuill, N., Perner, J., Pearson, A., Peerbhoy, D., Ende, J. v. d. (1996). Children's changing understanding of wicked desires: From objective to subjective and moral. *British Journal of Developmental Psychology* 14, 457-475.
- Yurgelun-Todd, D. (2007). Emotional and cognitive changes during adolescence. *Current Opinion in Neurobiology* 17, 251-257.
- Zaitchik, D., Walker, C., Miller, S., LaViolette, P., Feczko, E., Dickerson, B. C. (2010). Mental state attribution and the temporoparietal junction: An fMRI study comparing belief, emotion, and perception. *Neuropsychologia* 48, 2528-2536.
- Zaki, J., Hennigan, K., Weber, J., Ochsner, K. N. (2010). Social cognitive conflict resolution: Contributions of domain general and domain specific neural systems. *The Journal of Neuroscience* 30 (25), 8481-8488.
- Zaki, J., Weber, J., Bolger, N., Ochsner, K. N. (2009). The neural bases of empathic accuracy. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 106, 11382-11387.

7. Anhang

Anlage A: Informationsblatt für Schüler

Liebe Schülerinnen und Schüler, liebe Eltern,

im Rahmen eines Forschungsprojektes führen wir eine **Studie zur sozialen Kognition** durch. Wir wollen herausfinden, welche Gehirnregionen bei der Zuschreibung von Emotionen aktiv sind; z. B. beim Hineinversetzen in andere Personen. Dafür suchen wir **Kinder im Alter von 10 bis 12 Jahren**, die als Probanden an der Studie teilnehmen.

Für die Untersuchung wird ein Termin vereinbart, der ca. **1,5 Stunden** dauert. Es werden zuerst verschiedene Tests durchgeführt wie z. B. ein Intelligenztest, dessen Ergebnis Sie dann auch gerne erfahren können. Die eigentliche Untersuchung ist eine halbstündige Kernspinuntersuchung, während der die Kinder sich anhand von Bilder Geschichten in die abgebildeten Personen einfühlen. Dabei kommen weder Röntgenstrahlen noch Kontrastmittel zum Einsatz, das Verfahren ist für die Gesundheit des Kindes absolut **ungefährlich**.

Die Teilnahme ist **freiwillig** und kann jederzeit ohne Angabe von Gründen widerrufen werden. Die gesetzlichen Datenschutzbestimmungen werden selbstverständlich eingehalten. Die Kinder werden eine kleine Belohnung in Form eines Kino- oder Einkaufsgutscheins erhalten, die Fahrtkosten zum Untersuchungstermin werden erstattet.

Ich bitte Sie, bei Interesse den untenstehenden Abschnitt abzutrennen und ausgefüllt an die Klassenleitung zurückzugeben. Wir werden dann mit Ihnen Kontakt aufnehmen. Bei Fragen wenden Sie sich bitte an Kerstin Eichenmüller (Telefonnummer oben rechts).

Mit freundlichen Grüßen und vielen Dank im Voraus
Veronika Berberich, Medizinstudentin



Name des/der Sorgeberechtigten (in Druckbuchstaben)

Telefonnummer

Ort, Datum

Unterschrift des/der Sorgeberechtigten

Name des Kindes/Jugendlichen (in Druckbuchstaben)

Alter des Kindes

Anlage B: fMRT-Informationsblatt für Eltern

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 hineinzuversetzen und sein Handeln dementsprechend zu modulieren. Wir wollen herausfinden, welche Gehirnregionen aktiv sind, während die Kinder bestimmte Bilder Geschichten betrachten und dabei den Figuren Emotionen zuordnen. Dazu verwenden wir eine Kernspinuntersuchung (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, sodass 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. Zahnspangen, künstliche Gelenke, Gefäßklips, Granatsplitter, Schrauben oder Ähnliches? | ja <input type="checkbox"/> | nein <input type="checkbox"/> |
| 9. Trägt Ihr Kind Hautklammern infolge einer Operation? | ja <input type="checkbox"/> | nein <input type="checkbox"/> |
| 10. Hält sich Ihr Kind gelegentlich oder regelmäßig in Räumen auf, in denen Metall verarbeitet wird? | ja <input type="checkbox"/> | nein <input type="checkbox"/> |
| 11. Besitzt Ihr Kind Tätowierungen oder Piercings? | ja <input type="checkbox"/> | nein <input type="checkbox"/> |
| 12. Leidet Ihr Kind unter Platzangst? | ja <input type="checkbox"/> | nein <input type="checkbox"/> |
| 13. Liegt bei Ihrem Kind ein epileptisches Anfallsleiden vor ? | ja <input type="checkbox"/> | nein <input type="checkbox"/> |

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

Anlage C: fMRT-Informationsblatt für Kinder

Informationen

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 wehtut. 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, sodass 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 die Bilder bekommen, die wir von Deinem Gehirn gemacht haben.

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

Datum: _____ **Unterschrift:** _____

Anlage D: fMRT-Informationsblatt für Eltern und Kinder

Einwilligungserklärung**des/der Sorgeberechtigten bzw. des Kindes/Jugendlichen zur klinischen Studie zur Durchführung der funktionellen Magnetresonananztherapie**

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, sodass 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)

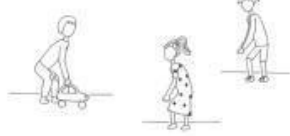
Ort, Datum

Unterschrift der aufklärenden Fachkraft


Anlage E: Rating-Beispiel

1

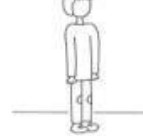
Name: _____



Tim will das Auto zu Max rollen.



Tim rollt das Auto zu Max.



Wie fühlt sich Tim?

	<i>gar nicht</i>				<i>sehr stark</i>
... stolz	1	2	3	4	5
... traurig	1	2	3	4	5
... fröhlich	1	2	3	4	5
... verlegen	1	2	3	4	5
... überrascht	1	2	3	4	5
... verärgert	1	2	3	4	5
... zufrieden	1	2	3	4	5
... schadenfroh	1	2	3	4	5

Anlage F: Stammdatenblatt

STAMMDATEN

Studiennr.: _____ Datum: _____
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: _____

Erklärung

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Die aus anderen Quellen direkt oder indirekt übernommenen Daten und Konzepte sind unter Angabe der Quelle gekennzeichnet. Insbesondere habe ich nicht die entgeltliche Hilfe von Vermittlungs- bzw. Beratungspersonen (Promotionsberater oder andere Personen) in Anspruch genommen. Niemand hat von mir unmittelbar oder mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeit erhalten, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen. Die Arbeit wurde weder im In- noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Ort, Datum

Unterschrift

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich allen danken, die zur Entstehung und zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

Ich danke Herrn Prof. Dr. med. H. E. Klein für die Möglichkeit der Durchführung der Promotion am Lehrstuhl für Psychiatrie und Psychotherapie der Fakultät für Medizin der Universität Regensburg.

Ich bedanke mich bei Herrn Prof. Dr. med. G. Hajak, stellvertretender Direktor und Leitender Oberarzt der Klinik und Poliklinik für Psychiatrie, Psychosomatik und Psychotherapie der Universität am Bezirksklinikum Regensburg, für die Überlassung des Themas, für die fakultätsinterne Betreuung und Vertretung dieser Arbeit sowie für die Übernahme des Gutachtens. Außerdem danke ich ihm für die unkomplizierte Zusammenarbeit und unbürokratische Lösung auftretender Probleme.

Mein herzlicher Dank gilt Frau PD Dr. Monika Sommer, Leiterin der Forschungsgruppe „Clinical Neuroscience Center for Emotion and Social Cognition“ am Bezirksklinikum Regensburg, welche durch ihre überaus kompetente Führung und Anleitung maßgeblich zum Zustandekommen dieser Arbeit beigetragen hat. Auch die Anregungen von Frau Dr. Katrin Döhnel waren stets eine große Hilfe und haben ihren Beitrag zu dieser Promotion geleistet. Ich bedanke mich bei der gesamten Arbeitsgruppe, welche durch konstruktive Kritik und äußerst effektive Zusammenarbeit ein optimales wissenschaftliches Schaffen ermöglichte.

Mein ganz besonderer Dank gilt Frau Dr. Kerstin Eichenmüller für die überaus engagierte und freundliche Betreuung während des gesamten Prozesses der Entstehung der Dissertation. Durch ihren großen Einsatz bekam ich Anleitung im Umgang mit der verwendeten Computersoftware, Hilfestellung bei der Lösung sämtlicher auftretender Probleme und stets sehr inspirierende Anregungen bei der schriftlichen Verfassung der Arbeit.

Frau Annerose Bergmann danke ich herzlich für ihre akribische Korrekturarbeit: Perfektionismus vom Deckblatt bis zur letzten Quellenangabe.

Von ganzem Herzen danke ich meiner Familie, die mich während des gesamten Studiums sehr unterstützt hat. Auch meinem Freund Gerhard Schlecht danke ich aus tiefstem Herzen. Ohne euch wäre ich heute nicht, wer ich bin.