

Aus dem Bereich Diagnostische und Interventionelle Neuroradiologie  
der Medizinischen Fakultät  
der Universität des Saarlandes, Homburg/Saar  
Direktor: Prof. Dr. med. Wolfgang Reith

**Neurobiologische Grundlagen der Moral im Gehirn unter besonderer Berücksichtigung  
geschlechtsspezifischer Unterschiede – eine fMRT-Studie**

**Dissertation zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin  
der Medizinischen Fakultät**

der UNIVERSITÄT DES SAARLANDES

2022

vorgelegt von: Marlene Riedl  
geb. am: 24.03.1996 in München

Tag der Promotion: 30.11.2022  
Dekan: Prof. Dr. med. Michael D. Menger  
Berichterstatter: Prof. Dr. med. Wolfgang Reith  
Prof. Dr. med. Eva Möhler

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>- 5 -</b>
<b>1. Zusammenfassung und Abstract .....</b>	<b>- 6 -</b>
1.1 Zusammenfassung .....	- 6 -
1.2 Abstract .....	- 7 -
<b>2. Einleitung.....</b>	<b>- 8 -</b>
2.1 Analyse des Begriffs Moral .....	- 8 -
2.1.1 Philosophischer Hintergrund der Moral.....	- 8 -
2.1.2 Psychologische Aspekte der Moral.....	- 9 -
2.1.2.1 Theorien der Moralpsychologie .....	- 9 -
2.1.2.2 Moralische Dilemmata .....	- 10 -
2.1.3 Geschlechtsspezifische Unterschiede im moralischen Urteilen.....	- 12 -
2.2 Analyse des Begriffs Empathie .....	- 13 -
2.3 Bedeutung der Prosozialität.....	- 14 -
2.4 Darstellung der „Theory of Mind“ .....	- 14 -
2.5 Neuroanatomische Grundlagen in Bezug auf Moral.....	- 16 -
2.5.1 „Default Mode Network“.....	- 16 -
2.5.2 Moralisch-assoziierte Gehirnareale.....	- 17 -
2.5.2.1 Areale mit Assoziationen zu Moral, Emotionen und „Theory of Mind“.....	- 17 -
2.5.2.2 Interaktionen zwischen den moralisch-assoziierten Arealen.....	- 21 -
2.5.3 Erkenntnisse aus der Gehirnläsionsforschung.....	- 22 -
2.5.4 Gehirnareale mit mathematischer Assoziation.....	- 23 -
2.5.5 Die Rolle der „visual word form area“.....	- 24 -
2.6 Neuroanatomische geschlechtsspezifische Unterschiede.....	- 24 -
2.7 Hypothesen der Studie.....	- 25 -
<b>3. Material und Methoden.....</b>	<b>- 26 -</b>
3.1 Studienteilnehmer.....	- 26 -
3.2 Fragebögen .....	- 28 -
3.2.1 Fragebogen zur Erfassung von Empathie, Prosozialität, Aggressionslegitimation und Aggressionshemmung für Erwachsene .....	- 28 -
3.2.2 Interpersonaler Aktivitätsindex.....	- 29 -
3.3 MRT-Messungen.....	- 29 -
3.4 MRT-Stimuli .....	- 30 -
3.5 Versuchsablauf.....	- 31 -
3.6 Datenanalyse.....	- 32 -
3.6.1 Auswertung der Fragebögen .....	- 32 -
3.6.2 Analyse der MRT-Daten.....	- 33 -
<b>4. Ergebnisse der Studie .....</b>	<b>- 35 -</b>
4.1 Ergebnisse aus dem MRT-Kontrast „Moral > Mathe“.....	- 35 -
4.2 Ergebnisse aus dem MRT-Kontrast „Mathe > Moral“.....	- 45 -

4.3	<i>Ergebnisse aus dem Fragebogen zur Erfassung von Empathie, Prosozialität, Aggressionslegitimation und Aggressionshemmung für Erwachsene</i>	- 49 -
4.4	<i>Ergebnisse aus dem Interpersonalen Aktivitätsindex</i>	- 51 -
4.5	<i>Korrelationen zwischen den zwei Fragebögen</i>	- 52 -
4.6	<i>Zusammenhänge zwischen Fragebogenergebnissen und Gehirnaktivierung</i>	- 53 -
4.6.1	<i>Korrelationen zwischen Gehirnaktivierung und dem Fragebogen zur Erfassung von Empathie, Prosozialität, Aggressionslegitimation und Aggressionshemmung für Erwachsene</i>	- 53 -
4.6.2	<i>Korrelationen zwischen Gehirnaktivierung und Interpersonalem Aktivitätsindex</i>	- 56 -
<b>5.</b>	<b>Diskussion</b>	<b>- 58 -</b>
5.1	<i>Diskussion der Methodik</i>	- 58 -
5.1.1	<i>Auswahl der Studienteilnehmer</i>	- 58 -
5.1.2	<i>Bewertung des MRT-Versuchs</i>	- 58 -
5.1.3	<i>Bewertung der Fragebogenauswahl</i>	- 59 -
5.2	<i>Diskussion der MRT-Ergebnisse</i>	- 60 -
5.2.1	<i>Analyse des Kontrasts „Moral &gt; Mathe“</i>	- 60 -
5.2.2	<i>Analyse des Kontrasts „Mathe &gt; Moral“</i>	- 63 -
5.3	<i>Diskussion der Fragebogenresultate</i>	- 64 -
5.4	<i>Zusammenhänge zwischen Gehirnaktivität und Fragebogen-Variablen</i>	- 65 -
5.5	<i>Fazit und Ausblick</i>	- 66 -
<b>6.</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>- 68 -</b>
<b>7.</b>	<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>- 73 -</b>
<b>8.</b>	<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>- 74 -</b>
<b>9.</b>	<b>Anlagenverzeichnis</b>	<b>- 75 -</b>
<b>10.</b>	<b>Publikation</b>	<b>- 91 -</b>
<b>11.</b>	<b>Danksagung</b>	<b>- 92 -</b>
<b>12.</b>	<b>Lebenslauf</b>	<b>- 93 -</b>

## **Abkürzungsverzeichnis**

<b>aCC</b>	anteriorer cingulärer Kortex
<b>dIPFC</b>	dorsolateraler Präfrontalkortex
<b>DMN</b>	„Default Mode Network“
<b>dmPFC</b>	dorsomedialer Präfrontalkortex
<b>dmPFC-Subsystem</b>	dorsomediales präfrontales Subsystem
<b>EPI-Sequenz</b>	„echo planar imaging“-Sequenz
<b>FEPAE-E</b>	Fragebogen zur Erfassung von Empathie, Prosozialität, Aggressionslegitimation und Aggressionshemmung für Erwachsene
<b>fMRT</b>	funktionelle Magnetresonanztomographie
<b>IPS</b>	Intraparietalsulcus
<b>IRI</b>	„Interpersonal Reactivity Index“ = Interpersonaler Aktivitätsindex
<b>mCC</b>	medialer cingulärer Kortex
<b>MFC</b>	medialer Frontalkortex
<b>MNI</b>	„Montreal Neurological Institute“
<b>mPFC</b>	medialer Präfrontalkortex
<b>MP-RAGE-Sequenz</b>	„magnetization prepared rapid acquisition gradient echo“-Sequenz
<b>MTL-Subsystem</b>	mediotemporales Subsystem
<b>OFC</b>	Orbitofrontalkortex
<b>pCC</b>	posteriorer cingulärer Kortex
<b>PFC</b>	Präfrontalkortex
<b>rMOFC</b>	rostraler medialer Orbitofrontalkortex
<b>SD</b>	Schichtdicke
<b>SPM 8</b>	„Statistical Parametric Mapping 8“
<b>STS</b>	Sulcus temporalis superior
<b>TE</b>	Echozeit
<b>TI</b>	Inversionszeit
<b>ToM</b>	„Theory of Mind“
<b>TPJ</b>	temporoparietale Junktion
<b>TR</b>	Repetitionszeit
<b>vmPFC</b>	ventromedialer Präfrontalkortex
<b>VWFA</b>	„visual word form area“

## **1. Zusammenfassung und Abstract**

### **1.1 Zusammenfassung**

Moralisches Urteilen stellt einen sowohl kognitiv als auch emotional fordernden Prozess dar, der Forschungsgegenstand in psychologischen Untersuchungen sowie in Bildgebungsstudien ist. Die vorliegende Studie untersuchte die Gehirnaktivität bei der moralischen Entscheidungsfindung mithilfe funktioneller Magnetresonanztomographie, wobei der Fokus auf der Herausarbeitung von geschlechtsspezifischen Unterschieden lag. Ebenso wurden empathische und soziale Fähigkeiten der Probanden anhand von Fragebögen untersucht und ein Zusammenhang mit der Gehirnaktivierung bei moralischen Fragen hergestellt. Diese Studie verdeutlicht die Relevanz von frontalen und temporoparietalen Arealen sowie des cingulären Kortex für das moralische Urteilen. Geschlechtsspezifische Unterschiede äußerten sich in unterschiedlichen Aktivierungsstärken einzelner Gehirnareale sowie in unterschiedlichen Korrelationsmustern zwischen den Arealen. Dabei war auffällig, dass bei den weiblichen Probanden eine größere Anzahl an Korrelationen zwischen den Gehirnarealen auftrat. Bei Männern zeigte sich bei der moralischen Entscheidungsfindung eine erhöhte prozentuale Änderung der Aktivierungsstärke des medialen Präfrontalkortex, bei Frauen dagegen in der linken temporoparietalen Junktion und dem linken Sulcus temporalis superior. Die Resultate deuten an, dass bei Männern moralisches Urteilen einen vorrangig kognitiven Prozess im Sinne der „Theory of Mind“ darstellt. Bei Frauen stellt sich neben der kognitiven Komponente bei moralischer Entscheidungsfindung ein Einfluss der moralischen Entscheidung durch Emotion heraus. Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass bei Männern tendenziell ein utilitaristisch geprägter, bei Frauen dagegen ein deontologisch geprägter, jedoch von Kognition unterstützter Prozess stattfindet. Die Korrelationen der Fragebogen-Variablen mit der Gehirnaktivität legen nahe, dass geringere Fähigkeiten bei der Empathie mit verstärkten Aktivierungen von Gehirnarealen wie dem linken medialen Präfrontalkortex einhergehen. Insofern kann ein Einfluss der Empathie auf die moralische Entscheidungsfindung beschrieben werden.

## **1.2 Abstract**

Moral judgment is a cognitively and emotionally demanding process that is subject of research in psychological observations and imaging studies. This functional magnetic resonance imaging study examined brain activity in moral decision-making with a focus on identifying gender differences. Empathic and social skills of the subjects were also examined by means of questionnaires and a connection was established with brain activation in moral decision-making. This study confirms the relevance of frontal and temporoparietal areas as well as of cingulate cortex for moral judgment. Gender-specific differences manifested themselves in different percentage change of activation strengths of individual brain areas as well as in different correlation patterns between the areas. It was noticeable that a larger number of correlations between the brain areas occurred in the female subjects. Men showed an increased percentage change of activation strength of medial prefrontal cortex during moral decision-making, whereas in women left temporoparietal junction and left superior temporal sulcus were found to be more active. The results indicate that in men moral judgment is a primarily cognitive process in the sense of "theory of mind". In women, in addition to the cognitive component, an influence of emotion on moral decision-making can be proposed. The results indicate that men tend to have an utilitarian process, whereas women tend to have a deontological process that is supported by cognition. The correlations of the questionnaire variables with brain activity suggest that reduced empathic skills are associated with increased activation of brain areas such as left medial prefrontal cortex. In this respect, an influence of empathic ability on moral decision-making can be found.

## **2. Einleitung**

Moral bildet eine der zentralen Säulen des gesellschaftlichen Zusammenlebens. Auf ihr basierende Normen regeln das soziale Miteinander und bilden eine Grundlage für menschliche Entscheidungsfindung. Seit der Antike befassten sich Philosophen mit der Moral und entwickelten verschiedene normative Theorien über moralisches Verhalten. In der Neuzeit wurde die Problematik moralisch richtigen Verhaltens durch Psychologen aufgegriffen, die den Fokus auf deskriptive Theorien legten (OSMAN, WIEGMANN, 2017). Durch die Gehirnläsionsforschung und den Fortschritt im Bereich der Neurowissenschaft war es möglich, die Kenntnisse in der Neuroanatomie zu erweitern und Zusammenhänge zwischen Gehirnarealen und dem moralischen Denken herzustellen (FUMAGALLI, PRIORI, 2012). Mithilfe funktioneller Bildgebung wurde ein Spektrum an in moralische Entscheidungsfindung involvierte Gehirnareale herausgearbeitet, das v.a. frontale, temporale und parietale Areale umfasst (GREENE, HAIDT, 2002). Moralpsychologen stellten die Theorie auf, dass Männer und Frauen unterschiedliche moralische Sichtweisen einnehmen können. Demnach würden sich Frauen pflichtorientiert entscheiden, bei Männern dagegen stehe der Nutzen einer Handlung im Vordergrund (FRIESDORF et al., 2015; GILLIGAN, ATTANUCCI, 1988).

### **2.1 Analyse des Begriffs Moral**

Der Begriff Moral hat seinen Ursprung im lateinischen Wort „mos“ (= Sitte). Um moralische Fragestellungen und deren Beantwortung einordnen zu können, wird der Begriff Moral im Folgenden aus den Blickwinkeln der Philosophie, Psychologie und Neuroanatomie analysiert.

#### **2.1.1 Philosophischer Hintergrund der Moral**

Die Moralphilosophie beschäftigt sich mit dem sittlich Guten. Bereits in der Antike wurde das Prinzip der Eudämonie (griech.: „eudaimonia“ = Glück) eingeführt (HIRSCHBERGER, 2018). Um nach Sokrates die Eudämonie zu erreichen, muss die Weisheit als Tugend so weit ausgebildet sein, dass sie das eigene Leben lenkt (HORN, 2019). Platon baute auf Sokrates` Moralphilosophie auf und bildete einen Begriff der Moral basierend auf den Tugenden der Klugheit, Gerechtigkeit, Mäßigung und Tapferkeit, die als Kardinaltugenden bekannt sind (HORN, 2019).

In der Philosophie der Neuzeit entwickelten sich zwei Definitionen von moralischem Verhalten. Dabei handelt es sich um die deontologische (griech.: „deon“ = Pflicht) und die utilitaristische (lat.: „utilitas“ = Nutzen) Moralphilosophie. In diesem Sinn spricht man von einer Pflichtethik bzw. Nutzenethik (CAPRARO, SIPPEL, 2017).

Der als „Kategorischer Imperativ“ bekannte Grundsatz zum moralisch richtigen Handeln nach Immanuel Kant lautet: „Handle nur nach derjenigen Maxime, durch die du zugleich wollen

kannst, dass sie ein allgemeines Gesetz werde“ (KANT, 2008). Kants Ansatz ist ein deontologischer, bei dem die Absicht einer Handlung relevant ist (CAPRARO, SIPPEL, 2017). Demgegenüber steht die utilitaristische Ethik englischer Philosophen wie Jeremy Bentham. In dessen Moralphilosophie liegt der Fokus auf dem Erreichen des größtmöglichen Glücks (SANDEL, 2013). Eine moralisch richtige Handlung wird demnach durch das Erreichen des maximalen Nutzens für die beteiligten Parteien begründet (BENTHAM, 2007).

Definitionen von Moral können in normative und deskriptive unterteilt werden. Normative Definitionen versuchen zu erklären, was tatsächlich moralisch richtig ist, während deskriptive beschreiben, was der Mensch für moralisch hält (OSMAN, WIEGMANN, 2017). Diese Einteilung grenzt die theoretischen, philosophischen Betrachtungen von den praktischen, i.d.R. psychologischen Ansätzen ab.

### **2.1.2 Psychologische Aspekte der Moral**

Die Entwicklung von Moral sowie moralisches Verhalten wird in der Psychologie mithilfe von Studien untersucht (FUMAGALLI et al., 2010a). Im Folgenden werden Theorien der Moralphychologie dargestellt und unterschiedliche moralische Dilemmata aufgezeigt.

#### **2.1.2.1 Theorien der Moralphychologie**

Das Fundament der Moralphychologie ist in den von Jean Piaget und Lawrence Kohlberg postulierten Theorien der Moralentwicklung begründet. Piagets Theorie besagt, dass die moralische Entwicklung in Stufen abläuft und diese universell und beständig sind (FUMAGALLI et al., 2010a). In Piagets Theorie der Moralentwicklung durchläuft das Kind eine Wandlung von der Amoral zum vollkommenen Respekt existierender Regeln und abschließend entwickelt sich ein eigenes Gerechtigkeitsempfinden (KOHLBERG, 2017). Kohlberg erweiterte diese Theorie um die Annahme, dass Moral von Kultur und Geschlecht unabhängig und somit universell ist (FUMAGALLI et al., 2010a). Für Kohlberg spiegelt die Moralentwicklung einen Gesichtspunkt der Sozialisation wider, wobei soziale Normen verinnerlicht werden. Kohlberg formulierte ein Stufenmodell der Moralentwicklung: Zunächst muss sich die soziale Perspektive vom Egozentrismus zu einer Übernahme fremder Perspektiven entfalten. Zudem findet ein Lernprozess in Bezug auf die Reflektion sozialer Regeln und moralischer Prinzipien statt. Handlungsweisen werden nicht länger durch das eigene Wohlbefinden ausgelöst, sondern erfolgen auf der Grundlage moralischer Normen (ISKENIUS-SCHUPPERT, 2006). Nach Kohlberg ähnelt moralisches Handeln rationalem Handeln, da beide Voraussicht sowie Einfühlungs- und Urteilsvermögen voraussetzen (KOHLBERG, 2017). Kohlberg beschreibt weiterhin Aspekte, die die moralische Entwicklung vorantreiben. Dazu zählen ein einfühlsamer Umgang, Verantwortungsübertragung und die Einbeziehung des Kindes in Entscheidungen (ISKENIUS-SCHUPPERT, 2006). Neben

den innerfamiliären Beziehungen ist auch der Kontakt mit anderen Kindern von Bedeutung. Dazu kommen das Verständnis der gesellschaftlichen Ordnung und die Fähigkeit, die eigenen Entschlüsse in Einklang mit dieser zu fassen. Schließlich ist auch Intelligenz eine Grundvoraussetzung für moralische Entwicklung (ISKENIUS-SCHUPPERT, 2006).

Kohlbergs Methodik zur moralischen Urteilsfindung ist in die Bereiche des hypothetischen Dilemmas, der Befragung und Analyse gegliedert. Bei einem solchen Dilemma bilden zwei moralische Wertvorstellungen entgegengesetzte Pole, von denen lediglich eine der Optionen ausgewählt werden kann (GARZ, 2008). Ein bekanntes hypothetisches Dilemma von Kohlberg ist das sog. Heinz-Dilemma (ISKENIUS-SCHUPPERT, 2006). Dabei steht Heinz, der das zur Rettung seiner todkranken Frau notwendige Medikament nicht bezahlen kann, vor der Entscheidung, dieses Medikament zu stehlen oder seine Frau sterben zu lassen. Die zu dem Dilemma Befragten sollten dann in einem ausführlichen Interview die Gründe für ihre Wahl einer Handlungsalternative angeben. Anschließend wurden die Antworten der Befragten mit einem Lösungsschema verglichen. Auf diese Weise war eine Analyse der Standpunkte und Überzeugungen der Befragten möglich (GARZ, 2008).

#### **2.1.2.2 Moralische Dilemmata**

In der Medizinethik werden vier wichtige Prinzipien beschrieben: Autonomie, Fürsorge, Schadensvermeidung und Gerechtigkeit. Für diese Prinzipien sollte bei einer Entscheidung ein Gleichgewicht angestrebt werden. Jedoch wird die Schadensvermeidung als vorrangig angesehen (ANDRADE, 2019). Folgendes Beispiel für ein Dilemma wird in der Medizinethik angeführt: Fünf Patienten eines Arztes benötigen dringend eine Organtransplantation, jedoch sind keine Organe verfügbar. Als sich ein junger Reisender für eine Routineuntersuchung zu diesem Arzt begibt, stellt letzterer eine Kompatibilität der Organe des Reisenden mit den fünf Patienten fest. Der Arzt befindet sich in dem Dilemma, einem gesunden Menschen Organe zu entnehmen, um fünf sterbenden Patienten das Leben zu retten. In diesem Fall ist offensichtlich, dass eine derartige Handlung moralisch nicht vertretbar wäre, zumal das oberste Prinzip der Schadensvermeidung gewahrt werden muss. Jedoch sind viele moralische Dilemmata, die zur Erforschung der Moral eingesetzt werden, in einer ähnlichen Abwägung konzipiert, ob es vertretbar wäre, eine Person zu töten, um mehrere Menschen zu retten (ANDRADE, 2019).

Das „Trolley-Problem“ beschreibt ein in der Psychologie verwendetes moralisches Dilemma. Dabei handelt es sich um ein Szenario, in dem eine Person vor die Entscheidung gestellt wird, dass durch einen außer Kontrolle geratenen Zug entweder eine Gruppe von fünf Menschen getötet oder durch das Umstellen einer Weiche nur eine Person durch den Zug getötet wird. Letztere Option wird vorwiegend für richtig erachtet (OSMAN, WIEGMANN, 2017). Ein Kritikpunkt

des Trolley-Problems ist jedoch, dass es nur ein hypothetisches und wenig realistisches Szenario ist (ANDRADE, 2019).

Beim „Footbridge-Dilemma“ handelt es sich um ein ähnliches Szenario, bei dem ein führerloser Zug auf eine Gruppe von fünf Personen zusteuert. Die einzige Option, den Wagen anzuhalten und somit die fünf Menschen zu retten, besteht darin, einen schweren, fremden Mann von einer Fußgängerbrücke auf die Gleise zu stoßen (CAPRARO, SIPPEL, 2017).

Bei diesen zwei Dilemmata kann jeweils nur eine deontologische oder utilitaristische Antwort ausgewählt werden. Bei der utilitaristischen Option fällt die Entscheidung für das Opfern der einen Person, während bei einer Entscheidung im deontologischen Sinn die Handlung unterlassen wird (CAPRARO, SIPPEL, 2017). Trotz der Ähnlichkeit mit dem Trolley-Problem wird das Stoßen des Mannes vor den Zug in der Regel als falsch bewertet, obwohl bei beiden ein Leben zur Rettung der anderen Personen geopfert wird (OSMAN, WIEGMANN, 2017). In diesen Szenarien wird nach einer utilitaristischen Handlungsweise die Entscheidung so gefällt, dass die größere Anzahl von Menschen überlebt. Die rationale, auf Zahlen beruhende Abwägung steht jedoch im Widerspruch zu dem Prinzip der Schadensvermeidung in der medizinischen Ethik (ANDRADE, 2019).

Moralische Urteile können in persönliche und unpersönliche unterschieden werden. Eine Moralverletzung wird dann als persönlich angesehen, wenn dadurch einer Person ein körperlicher Schaden zugefügt wird und dieser nicht aus der Schadensabwendung von einer anderen Person entsteht. Diese Aspekte treffen bei einem unpersönlichen Moralverstoß nicht zu (GREENE, HAIDT, 2002). Ein Beispiel für ein persönliches Moraldilemma ist das Footbridge-Dilemma, während das Trolley-Problem ein unpersönliches darstellt (GREENE et al., 2001).

Bei der moralischen Entscheidungsfindung wendet jeder Mensch unterschiedliche Strategien an, wobei die Ungleichheits- und Schuldaversion hervorzuheben sind. Die Ungleichheitsaversion führt dazu, dass Gerechtigkeit fokussiert wird. Dagegen soll die Schuldaversion zur Vermeidung des Schadens Anderer beitragen (BAAR et al., 2019).

Eine praktische Version moralischer Dilemmata stellen Strafverfahren dar, in denen Geschworene ein Urteil über die Schuld des Angeklagten treffen müssen. Zwar sind Laien-Jurys dazu angehalten, emotionale Reaktionen wie Sympathie oder Vorurteile zu ignorieren. Dennoch zeigte sich, dass Beweismittel, die negative Emotionen antreiben, zu härteren Strafen führen. Dies spricht dafür, dass eine emotionale Komponente Einfluss auf die Entscheidung haben kann (YAMADA et al., 2012).

Moralische Dilemmata können auch anhand der eingenommenen Perspektive unterschieden werden. Dabei kann eine Einteilung in die Ego-Perspektive (Perspektive des Protagonisten) oder in die der dritten Person (Beobachterrolle) erfolgen (BOCCIA et al., 2017). Das Hineinver-

setzen in die dritte Person führt zu einer abstrakteren moralischen Beurteilung, wohingegen in der ersten Person eine stärkere emotionale Mitwirkung vorliegt. In der Perspektive der ersten Person werden moralische Verletzungen seltener als akzeptabel angesehen (BOCCIA et al., 2017).

### **2.1.3 Geschlechtsspezifische Unterschiede im moralischen Urteilen**

Die Deontologie ist darin begründet, dass die Moralität einer Handlung durch die Übereinstimmung mit moralischen Regeln bestimmt ist. Demgegenüber steht der Utilitarismus, wonach die Moralität einer Handlung durch deren Folgen gekennzeichnet ist (FRIESDORF et al., 2015). Ein deontologisches Urteil wird durch emotionale Vorgänge, ein utilitaristisches Urteil dagegen durch kognitive Erwägungen gesteuert, wobei die Faktoren Zeit, Motivation und Ressourcen eine utilitaristische Urteilsbildung beeinflussen können (CONWAY, GAWRONSKI, 2013). Utilitaristische und deontologische Neigungen wurden als entgegengesetzte Pole eines Kontinuums betrachtet, wobei unberücksichtigt blieb, dass die Messungen zu den jeweiligen moralischen Neigungen nicht unabhängig voneinander waren (FRIESDORF et al., 2015). Dieser Ansatz verwechselte demnach die Auswahl der einen Handlung mit der Ablehnung der anderen (CONWAY, GAWRONSKI, 2013). Die beiden moralischen Tendenzen wurden im Rahmen einer Meta-Analyse von Friesdorf et al. (2015), welche 40 Studien umfasste, unabhängig voneinander untersucht. Dabei zeigte sich eine Bevorzugung des utilitaristischen Urteilens bei Männern und des deontologischen bei Frauen, wenn die beiden Prinzipien bei einer Entscheidung konfligierten (FRIESDORF et al., 2015). Eine signifikante Korrelation zwischen dem weiblichen Geschlecht und der deontologischen Vorgehensweise konnte für das Footbridge-Dilemma gezeigt werden, jedoch nicht für das Trolley-Problem. Demnach entschied sich beim Footbridge-Dilemma ein größerer Anteil der Frauen für die deontologische Handlungsoption (CAPRARO, SIPPEL, 2017). Beim deontologischen Urteilen handelt es sich um einen schnellen und affektiven Prozess. Dagegen kann die utilitaristische Entscheidungsfindung als anspruchsvoller, langsamer und kognitiver Vorgang charakterisiert werden (CONWAY, GAWRONSKI, 2013).

Die „dual-process theory“ der moralischen Entscheidung nach Greene (GREENE, 2007) geht davon aus, dass zum einen affektive Reaktionen möglichen Schaden unabhängig vom Gesamtergebnis abwenden. Zum anderen fördere eine kognitive Bewertung eine Akzeptanz eines Schadens, wenn dieser zu einem besseren Gesamtergebnis führe (FRIESDORF et al., 2015). Greene geht somit von einer Theorie aus, bei der sowohl emotionale als auch kognitive Prozesse eine bedeutende und manchmal konkurrierende Rolle bei der moralischen Entscheidungsfindung spielen. Dabei werden utilitaristische Entscheidungen häufig ausschließlich mit Kognition und nicht-utilitaristische mit Emotion in Verbindung gebracht (GREENE et al., 2004).

Kohlbergs rationalistischer Entwurf der Moralpsychologie postulierte eine moralische Entwicklung im Sinne einer rationalen Anwendung abstrakter Moralprinzipien zur Lösung moralischer Konflikte. Carol Gilligan, eine Schülerin Kohlbergs, kritisierte diesen Entwurf, da er sich zu sehr auf die männliche Moral fokussierte (FRIESDORF et al., 2015). Ihrer Argumentation zufolge bevorzugen Männer eine kognitive, unpersönliche moralische Entscheidungsfindung, während Frauen Urteile in moralischen Konfliktsituationen auf Grundlage von sozialen und emotionalen Bindungen treffen. Allerdings gibt es keine eindeutigen Studienresultate, die Gilligans Hypothese verifizieren konnten (FRIESDORF et al., 2015). Nach Gilligan besitzt jeder Mensch die zwei moralischen Vorstellungen der Gerechtigkeit und der Fürsorge. Es existiert jedoch ein Zusammenhang zwischen dem Geschlecht und der moralischen Einstellung eines Menschen: so steht bei Frauen die Fürsorge im Fokus, bei Männern dagegen die Gerechtigkeit (GILLIGAN, ATTANUCCI, 1988). Gilligan baute ihre Moraltheorie auf der Hypothese auf, dass moralische Entwicklung durch Erfahrungen im Kindes- und Jugendalter geprägt wird. Dies führe bei Mädchen zur Ausprägung von Verbundenheit und bei Jungen zur Entwicklung einer Neigung zur Autonomie. Diese Unterschiede beim Heranwachsen führten zu geschlechtsspezifischen Unterschieden im Denken. Dabei wird angenommen, dass diese dauerhafte, stabile Persönlichkeitsmerkmale sind. Kritiker dieser Theorie behaupten, dass Ungleichheit in der sozialen Struktur nicht beachtet wurde. Denn in einer dominanten Machtposition, die zu jener Zeit in der Regel Männer innehatten, werden eher Rationalität und Kontrolle bevorzugt, während die niedere Position, die in der Regel Frauen einnahmen, eher an Werten wie Sympathie und Verständnis orientiert sei (CLOPTON, SORELL, 1993).

Aktuelle Forschung beschäftigt sich auch mit dem endokrinen Einfluss auf das moralische Urteilen. Armbruster et al. (2021) stellten einen Zusammenhang zwischen dem Testosteronspiegel und utilitaristischem Urteilen heraus. Ein erhöhter Testosteronspiegel führte bei Frauen zu vermehrten utilitaristischen, bei Männern zu weniger deontologischen Entscheidungen (ARMBRUSTER et al., 2021).

## **2.2 Analyse des Begriffs Empathie**

Empathie ist eine wichtige Voraussetzung für Kommunikation und Zusammenhalt in einer Gesellschaft, indem sie soziale und emotionale Bindungen stärkt (VIGNEMONT, SINGER, 2006). Empathie kann in die Aspekte des emotionalen Teilens, der empathischen Besorgnis und der Perspektivübernahme untergliedert werden. Empathie motiviert das Beenden von Leiden, unabhängig von sozialen Faktoren. Moral und Empathie sind voneinander unabhängig und können miteinander konfliktieren (DECETY, COWELL, 2014).

Eine Studie von Derntl et al. (2010) untersuchte die empathischen Fähigkeiten von Männern und Frauen unter Verwendung des „Fragebogens zur Erfassung von Empathie, Prosozialität, Aggressionslegitimation und Aggressionshemmung“ (FEPAA) und der deutschen Version des „Interpersonal Reactivity Index“ (IRI). Dabei konnten für den FEPAA keine signifikanten geschlechtsspezifischen Unterschiede bezüglich der Empathie gezeigt werden. Für die Subskala der empathischen Besorgnis des IRI erwiesen sich die Unterschiede zwischen Männern und Frauen als signifikant, wobei Männer in dieser Skala niedrigere Punktzahlen erzielten (DERNTL et al., 2010).

Eine der wichtigsten Emotionen, die mit Empathie verbunden ist, ist das Gefühl der Schuld. Schuldgefühle können sich als Reaktion auf moralische Verletzungen zeigen. Eine höhere Empathiefähigkeit geht mit einer Empfindlichkeit für Schuldgefühle einher, wobei Frauen mehr Schuldgefühle haben als Männer. Das Gefühl der Verbundenheit mit Anderen ist eine Voraussetzung für die Wahrnehmung von Schuld, die eine zentrale Emotion darstellt und das Befolgen sozialer Regeln fördert (NAKAGAWA et al., 2015).

### **2.3 Bedeutung der Prosozialität**

Prosozialität stellt die Bereitschaft dar, zu teilen oder anderen Menschen zu helfen und bildet einen wichtigen Bestandteil von moralischem Verhalten (CARPENDALE, HAMMOND, 2016). Moralische Emotionen wie Schuld- und Mitgefühl oder Dankbarkeit werden der Prosozialität zugeordnet und fördern Zusammenarbeit, gegenseitige Hilfe und soziale Konformität. Dementsprechend begründen moralische Emotionen Verhalten im sozialen Umfeld (MOLL, SCHULKIN, 2009). Im Gegensatz dazu können moralische Emotionen wie Geringschätzung, Empörung oder Fremdenfeindlichkeit den sozialen Zusammenhalt gefährden (MOLL et al., 2003).

### **2.4 Darstellung der „Theory of Mind“**

Die „Theory of Mind“ (ToM) stellt einen bedeutsamen kognitiven Vorgang in Bezug auf moralisches Urteilen dar (TSOI et al., 2018). Häufig verwendete Synonyme für ToM sind Mentalisieren oder kognitive Perspektivübernahme (BÖCKLER-RAETTIG, 2019). ToM beschreibt die Fähigkeit, die Überzeugungen und Absichten anderer Menschen abzuleiten und zu verstehen (APPERLY, 2012). ToM gilt als Voraussetzung für die Ausbildung prosozialer Fähigkeiten wie Mitgefühl oder Rücksichtnahme (FÖRSTL, 2012). Während ToM das kognitive Hineinversetzen in eine andere Person beschreibt, handelt es sich bei Empathie um das Nachempfinden der emotionalen Situation eines anderen Menschen (BÖCKLER-RAETTIG, 2019). Es existieren jedoch auch funktionale Zusammenhänge zwischen ToM und Empathie: ToM bezeichnet nicht

nur das Erschließen der mentalen Zustände einer anderen Person, sondern auch die Fähigkeit, Rückschlüsse auf die emotionale Lage zu ziehen (SCHNELL et al., 2011).

Mithilfe von fMRT-Untersuchungen konnte ein Netzwerk an Gehirnarealen herausgearbeitet werden, das bei der Beschäftigung mit ToM-Aufgaben besonders aktiv ist. Dazu zählen die temporoparietale Junction (TPJ), der Sulcus temporalis superior (STS), die temporalen Pole, der mediale Präfrontalkortex (mPFC), der Precuneus und der posteriore cinguläre Kortex (pCC) sowie die Amygdala (BÖCKLER-RAETTIG, 2019). Bei ToM handelt es sich um einen vielseitigen kognitiven Vorgang, der sich aus mehreren Prozessen zusammensetzt. Hierzu gehört die Abgrenzung zwischen dem eigenen und fremden Befinden, woran die TPJ beteiligt ist (BÖCKLER-RAETTIG, 2019). Eine Meta-Analyse aus 73 Studien zur ToM von Schurz et al. (2014) stellte dar, dass die posterioren Anteile der TPJ bei der Auseinandersetzung mit den mentalen Perspektiven Anderer aktiv sind, wohingegen die anterioren Anteile bei rationalem Verhalten in Anspruch genommen werden (SCHURZ et al., 2014). Ein weiterer Teilprozess besteht in der Einschätzung psychologischer und sozialer Merkmale. Die Fähigkeit, sich hierüber ein Urteil zu bilden, basiert auf der individuellen Lebenserfahrung, die sich in dem autobiografischen Gedächtnis niederschlägt und vermutlich mit einer Mehraktivierung des mPFC verbunden ist (BÖCKLER-RAETTIG, 2019). Des Weiteren erfordert die Einnahme fremder Perspektiven in unterschiedlichen Situationen geistige Anpassungsfähigkeit und Vorstellungsvermögen, wobei der Precuneus eine Rolle spielt. Ferner ist der STS relevant für die Deutung von Mimik, Bewegungsabläufen und Handlungen. Die temporalen Pole sind darin involviert, sich in einem bestimmten sozialen Kontext angemessen zu verhalten (BÖCKLER-RAETTIG, 2019).

Einen wesentlichen Aspekt der sozialen Kognition stellt die moralische Entscheidungsfindung dar, für die das Erkennen und Verstehen gesellschaftlicher Zusammenhänge unerlässlich ist (SCHNEIDER et al., 2013). Diese Fähigkeiten können bei psychischen und neurologischen Störungen wie Autismus-Spektrum-Störungen eingeschränkt sein. Dies äußert sich in einer Beeinträchtigung sozialer Interaktion wie einem reduzierten Gespür für Normen (BÖCKLER-RAETTIG, 2019). Erwachsene mit Autismus-Spektrum-Störung können einen Mangel an Empathie oder ToM aufweisen, der sich wiederum auf die moralische Urteilsfähigkeit auswirken kann (SCHNEIDER et al., 2013). Demnach kann bei Erwachsenen mit Autismus-Spektrum-Störung bei einem moralischen Urteil das Resultat einer Handlung mehr im Vordergrund stehen als die Beurteilung der mentalen Zustände einer anderen Person (TSOI et al., 2018).

## 2.5 Neuroanatomische Grundlagen in Bezug auf Moral

Das neurowissenschaftliche Interesse liegt in der Erforschung von Gehirnarealen und neuronalen Netzwerken, die an moralischem Verhalten beteiligt sind (FUMAGALLI, PRIORI, 2012). Funktionelle Netzwerke im Gehirn wirken an einer Vielzahl von kognitiven Funktionen mit (FAIR et al., 2009). Diese Netzwerke sind auch in die Steuerung von menschlichem Verhalten involviert (CHIONG et al., 2013).

### 2.5.1 „Default Mode Network“

Zu den funktionellen Netzwerken im Gehirn zählt das „Default Mode Network“ (DMN), das als Ruhezustandsnetzwerk bezeichnet wird (GRODD, BECKMANN, 2013). Das DMN wird bei der Konzentration auf den inneren Zustand der eigenen Person wie dem Abrufen von Erinnerungen aktiviert. Dagegen zeigt sich bei der Bearbeitung einer Aufgabe, die kognitive Anstrengung erfordert, eine Reduktion der Aktivität des DMN (OTTI et al., 2010).

In dem DMN repräsentieren der pCC und der anteriore mPFC Knotenpunkte, die mit den Arealen zweier Subsysteme, dem dorsomedialen präfrontalen Subsystem (dmPFC-Subsystem) und dem mediotemporalen Subsystem (MTL-Subsystem) interagieren (ANDREWS-HANNA, 2012). In nachfolgender Tabelle 1 sind die zwei Subsysteme des DMN mit ihren jeweiligen Funktionen und den involvierten Arealen dargestellt.

Tabelle 1: Subsysteme des DMN mit den jeweils zugeordneten Funktionen und Arealen (ANDREWS-HANNA, 2012).

DMN	
dmPFC-Subsystem	MTL-Subsystem
<u>Funktionen:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nachdenken über eigene oder fremde mentale Zustände (ToM)</li> <li>• moralische Entscheidungsfindung</li> <li>• soziales Denken</li> <li>• konzeptionelle Verarbeitung</li> </ul>	<u>Funktionen:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Informationsabruf aus dem autobiografischen Gedächtnis</li> <li>• Nachdenken über zukünftige Ereignisse</li> <li>• Imagination, Navigation</li> <li>• konzeptionelle/semantische Verarbeitung</li> </ul>
<u>Areale:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• dorsomedialer Präfrontalkortex (dmPFC)</li> <li>• TPJ</li> <li>• lateraler temporaler Kortex</li> <li>• temporale Pole</li> </ul>	<u>Areale:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ventromedialer Präfrontalkortex (vmPFC)</li> <li>• parahippocampaler Kortex, Hippocampusformation</li> <li>• retrosplenialer Kortex</li> <li>• posteriorer Lobulus parietalis inferior</li> </ul>

Der vmPFC spielt in diesem Netzwerk eine entscheidende Rolle, indem er Informationen des Orbitofrontalkortex (OFC) empfängt und diese an andere Areale wie den Hypothalamus oder die Amygdala weiterleitet. Diese Verknüpfung von Arealen steht in Verbindung mit sozialem Verhalten, Stimmungskontrolle und Motivation, die grundlegende Aspekte der Persönlichkeit eines Menschen darstellen. Zudem ist das DMN an emotionalen Prozessen, die durch den vmPFC vermittelt werden, sowie an Vorgängen des selbstbezogenen Denkens, die durch den dmPFC gesteuert werden, beteiligt (RAICHLE, 2015).

Das DMN wird bei moralischen Dilemmata dahingehend aktiviert, dass eine mentale Simulation aus dem Blickwinkel der beteiligten Personen erfolgt. Die Rolle des DMN bei moralischem Denken könnte somit eine Erklärung dafür liefern, weshalb nicht-utilitaristische Entscheidungen in moralischem Kontext auf eine persönliche Perspektive ausgerichtet sind, wohingegen utilitaristische Entscheidungen eher aus einem objektiven Blickwinkel getroffen werden (CHIONG et al., 2013).

## 2.5.2 Moralisch-assoziierte Gehirnareale

Beim moralischen Urteilen ist nicht ein einzelnes Areal aktiv, sondern ein Netzwerk von Arealen, die interagieren (FELDMANHALL et al., 2014). Darin eingebunden sind auch Areale, die andere Verhaltensvorgänge wie ToM oder Emotionen leiten (FUMAGALLI, PRIORI, 2012).

### 2.5.2.1 Areale mit Assoziationen zu Moral, Emotionen und „Theory of Mind“

Die Moral ist eine der am höchsten entwickelten Fähigkeiten des menschlichen Urteilsvermögens und Verhaltens (FUMAGALLI, PRIORI, 2012). In eine moralische Entscheidung sind vielfältige Prozesse integriert: das Ableiten der Absichten anderer Menschen, das Einbeziehen sozialer Normen oder empathisches Handeln (FELDMANHALL et al., 2014).

Die nachfolgende Tabelle 2 gibt einen Überblick über die wichtigsten Gehirnareale, die in moralische Entscheidungsfindung, emotionale Fähigkeiten und ToM involviert sind sowie deren spezifische Funktionen.

**Tabelle 2: Übersicht über die wichtigsten an moralischer Entscheidungsfindung sowie an Emotionen und ToM beteiligten Gehirnareale.**

Gehirnareal	Funktion
<b>Frontallappen</b>	
mPFC	<ul style="list-style-type: none"> <li>ToM (BÖCKLER-RAETTIG, 2019; FRITH, FRITH, 2006)</li> <li>soziale Bewertung (VEROUDE et al., 2014)</li> <li>autobiografisches Gedächtnis (BÖCKLER-RAETTIG, 2019)</li> </ul>
dmPFC	<ul style="list-style-type: none"> <li>selbstreferentielles Denken (RAICHLE, 2015)</li> </ul>

Gehirnareal	Funktion
<b>Frontallappen</b>	
vmPFC	<ul style="list-style-type: none"> <li>• moralische Entscheidungsfindung (FUMAGALLI, PRIORI, 2012)</li> <li>• Auseinandersetzung mit sozialen Normen (WHITE et al., 2017)</li> <li>• emotionsbezogene Prozesse (FUMAGALLI, PRIORI, 2012)</li> <li>• empathische Besorgnis (DECETY, COWELL, 2014)</li> <li>• Schuldgefühle (NAKAGAWA et al., 2015)</li> </ul>
dorsolateraler Präfrontalkortex (dlPFC)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• rationales Pendant zum vmPFC (FUMAGALLI, PRIORI, 2012)</li> <li>• utilitaristisches moralisches Denken (FUMAGALLI, PRIORI, 2012)</li> <li>• soziale Bewertung (VEROUDE et al., 2014)</li> </ul>
OFC	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anwendung von sozialem Wissen als Voraussetzung für adäquates Verhalten (FORBES, GRAFMAN, 2010)</li> <li>• moralische Beurteilung (PASCUAL et al., 2013)</li> <li>• empathische Besorgnis (DECETY, COWELL, 2014)</li> <li>• Schuldgefühle (NAKAGAWA et al., 2015)</li> </ul>
anteriorer Gyrus frontalis superior	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gedächtnissuchprozess (ULLSPERGER, CRAMON, 2006)</li> </ul>
Gyrus frontalis medius	<ul style="list-style-type: none"> <li>• moralisches Urteilen (PASCUAL et al., 2013)</li> <li>• ToM (PASCUAL et al., 2013)</li> <li>• Einbeziehung von Emotionen in Entscheidungen (PASCUAL et al., 2013)</li> </ul>
linker Gyrus frontalis inferior	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Auseinandersetzung mit sozialen Normen (WHITE et al., 2017)</li> </ul>
<b>Temporallappen</b>	
STS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entscheidungsfindung bei moralischen/ethischen Dilemmata (FUMAGALLI, PRIORI, 2012)</li> <li>• ToM (BÖCKLER-RAETTIG, 2019)</li> <li>• emotionale Verarbeitung (PASCUAL et al., 2013)</li> <li>• Deutung von Mimik, Bewegungsabläufen, Handlungen (BÖCKLER-RAETTIG, 2019)</li> </ul>
TPJ	<ul style="list-style-type: none"> <li>• moralische Intuition (FUMAGALLI, PRIORI, 2012)</li> <li>• ToM (BÖCKLER-RAETTIG, 2019)</li> </ul>
temporale Pole	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ToM (BÖCKLER-RAETTIG, 2019; FRITH, FRITH, 2006)</li> <li>• angemessenes Verhalten im sozialen Kontext (BÖCKLER-RAETTIG, 2019)</li> </ul>
Gyrus temporalis anterior/medius	<ul style="list-style-type: none"> <li>• utilitaristische moralische Entscheidungsfindung (FUMAGALLI, PRIORI, 2012)</li> </ul>

Gehirnareal	Funktion
<b>Parietallappen</b>	
Lobus parietalis inferior	<ul style="list-style-type: none"> <li>Arbeitsgedächtnis, kognitive Kontrolle (PASCUAL et al., 2013)</li> <li>Verarbeitung moralischer Informationen (PASCUAL et al., 2013)</li> </ul>
Precuneus	<ul style="list-style-type: none"> <li>ToM, Vorstellungsvermögen (BÖCKLER-RAETTIG, 2019)</li> <li>Informationsabruf aus dem autobiografischen Gedächtnis (PIEFKE, FINK, 2013)</li> </ul>
<b>Cingulärer Kortex</b>	
anteriöer cingulärer Kortex (aCC)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vermittlung zwischen emotionalen und rationalen Faktoren (FUMAGALLI, PRIORI, 2012)</li> <li>selbstreferentielles Denken (PASCUAL et al., 2013)</li> </ul>
pCC	<ul style="list-style-type: none"> <li>soziale Fähigkeiten, Empathie (PASCUAL et al., 2013)</li> <li>Selbstreflektion (SCHNEIDER et al., 2013)</li> <li>ToM (BÖCKLER-RAETTIG, 2019)</li> <li>Auseinandersetzung mit sozialen Normen (WHITE et al., 2017)</li> </ul>
<b>Subkortikale Strukturen</b>	
Amygdala	<ul style="list-style-type: none"> <li>Erlernen von Moral, Bewertung moralischer Urteile (PASCUAL et al., 2013)</li> <li>Auseinandersetzung mit sozialen Normen (WHITE et al., 2017)</li> <li>ToM (BÖCKLER-RAETTIG, 2019)</li> </ul>
Thalamus	<ul style="list-style-type: none"> <li>Entscheidungsfindung zwischen einem persönlichen Wunsch und dem Beachten moralischer Regeln (PASCUAL et al., 2013)</li> </ul>

Zusammengefasst sind in die moralische Entscheidungsfindung frontale, parietale und temporale Areale sowie der cinguläre Kortex und subkortikale Strukturen involviert. Moral bezieht sich somit nicht auf eine einzelne Region, sondern baut auf einem umfassenden Netzwerk von Gehirnarealen auf, das auch mit anderen Verhaltensprozessen in Verbindung steht. Ferner stellt Moral ein Zusammenspiel von Kognition und Emotion dar (PASCUAL et al., 2013). Sevinc und Spreng (2014) erfassten in einer Metaanalyse 22 Studien zur Untersuchung von moralischer Urteilsfindung. Dabei wurden u.a. die TPJ, der mPFC (vmPFC, dmPFC), der STS und pCC als besonders relevant beim moralischen Urteilen herausgestellt (SEVINC, SPRENG, 2014).

In Abhängigkeit von den verwendeten moralischen Dilemmata zeigten einzelne fMRT-Studien unterschiedliche Resultate bezüglich der Aktivierung der Gehirnareale. Greene et al. (2001) untersuchten in ihrer fMRT-Studie persönliche und unpersönliche moralische sowie nicht-moralische Dilemmata. Diese Studie zeigte eine signifikante Aktivierung des Gyrus frontalis medius, des posterioren Gyrus cinguli und des bilateralen Gyrus angularis bei persönlichen mo-

ralischen Dilemmata im Vergleich zu unpersönlichen moralischen bzw. nicht-moralischen Dilemmata. Jedes dieser Areale konnte mithilfe von Bildgebungsstudien der emotionalen Verarbeitung zugeordnet werden (GREENE et al., 2004; GREENE et al., 2001). Der bilaterale inferiore Parietallappen sowie der rechte dIPFC wurden dagegen stärker bei unpersönlichen moralischen Dilemmata aktiviert (GREENE et al., 2004).

Moll et al. (2002) untersuchten die moralische Kognition anhand von moralischen, nicht-moralischen und neutralen Aussagen (MOLL et al., 2002). Die moralische Aussage führte zu erhöhter Aktivität im anterioren medialen OFC. Dagegen induzierten die nicht-moralischen Aussagen, die mit unangenehmen Emotionen assoziiert wurden, eine Aktivität der Amygdala und des lateralen OFC (MOLL et al., 2002).

Fumagalli et al. (2010) setzten in ihrer Studie transkranielle Magnetstimulation ein, um Geschlechtsunterschiede bei utilitaristischen Entscheidungen über moralische Dilemmata zu untersuchen (FUMAGALLI et al., 2010b). Dabei konnten die Autoren zeigen, dass transkranielle Magnetstimulation des ventralen Präfrontalkortex (PFC) die utilitaristische Entscheidungsfindung bei Männern und Frauen unterschiedlich regulierte. Stimulation des ventralen PFC bei Frauen führte zu einer erhöhten utilitaristischen Antwort auf persönliche moralische Dilemmata, bei Männern blieb diese unverändert (FUMAGALLI et al., 2010b). Obeso et al. (2018) untersuchten die Wirkung der rechten TPJ bei altruistischen Entscheidungen. Eine Störung dieses Gehirnareals durch transkranielle Magnetstimulation reduzierte den Einfluss von Konflikten moralisch-materieller Natur auf das Verhalten (OBESO et al., 2018). Der rechten TPJ wird eine Funktion bei Verarbeitungsnetzwerken wie der ToM zugeschrieben (WYLIE et al., 2020).

Harenski et al. (2008) untersuchten anhand einer fMRT-Studie durch Darbietung von Bildern, die Moralverstöße zeigten, ob geschlechtsspezifische Unterschiede bestehen. Bei der Bewertung des Schweregrads der Moralverstöße konnte für Frauen eine stärkere Aktivität des pCC und der anterioren Insula gezeigt werden, bei Männern eine stärkere Aktivität im inferioren Parietallappen (HARENSKI et al., 2008). Harenski et al. (2010) teilten in einer weiteren fMRT-Studie die Probanden in zwei Gruppen ein. Die erste Gruppe sollte moralische Bilder betrachten und nach der Schwere der Moralverletzung beurteilen. Die andere Gruppe sollte dabei lediglich feststellen, ob die moralischen Bilder Szenen enthielten, die innen oder außen stattfanden, ohne diese zu bewerten. Bei der ersten Gruppe konnte eine erhöhte Aktivität des vmPFC gezeigt werden und beide Gruppen wiesen erhöhte Aktivität der TPJ auf, während sie die moralischen Bilder betrachteten (HARENSKI et al., 2010).

Christensen et al. (2012) untersuchten den Einfluss von Katholizismus auf moralisches Urteilen anhand von moralischen Dilemmata. Dabei zeigten Katholiken eine erhöhte Aktivität im dlPFC und pCC bei utilitaristischen Entscheidungen über unpersönliche moralische Dilemmata. Stärkere Aktivierungen im aCC und STS stellten sich bei deontologischen Entscheidungen über persönliche moralische Dilemmata dar (CHRISTENSEN et al., 2012).

Kahane et al. (2012) kritisierten vorangehende Studien dahingehend, dass diese moralisches Urteilen auf der Basis von Extremsituationen beschrieben (KAHANE et al., 2012). Die Autoren postulierten eine Aufteilung von moralischem Urteilen in intuitiv versus kontraintuitiv. Ihre fMRT-Untersuchungen ergaben für intuitives Urteilen eine Aktivierung des visuellen und prämotorischen Kortex. Kontraintuitives Urteilen führte zu einer Aktivierung im rostralen aCC. Unterschiede in der Aktivierung verschiedener Gehirnareale bei moralischen Dilemmata führen die Autoren auf Unterschiede in der Intuitivität und nicht auf Unterschiede zwischen utilitaristischem und deontologischem Urteilen zurück (KAHANE et al., 2012). Kahane (2015) übte Kritik an der Annahme bisheriger Studien, dass die Abwägung zwischen einem und mehreren Leben, wie sie Bestandteil moralischer Dilemmata wie dem Trolley-Problem ist, eine utilitaristische Abwägung sei, denn seiner Meinung nach benötige eine derartige Entscheidung keine aufwändige Kosten-Nutzen-Analyse, sondern sei lediglich eine triviale Rechnung (KAHANE, 2015).

### **2.5.2.2 Interaktionen zwischen den moralisch-assozierten Arealen**

Bei der Verarbeitung von sozialen und moralischen Informationen können implizite und explizite Vorgänge unterschieden werden (FORBES, GRAFMAN, 2010). Bei der expliziten Verarbeitung handelt es sich um langsame oder kontrollierte Vorgänge wie Selbstwahrnehmung, für welche v.a. der vmPFC und dlPFC relevant sind. Dagegen stellt die implizite Verarbeitung von Informationen schnell und automatisch ablaufende Prozesse dar. Beispiele für implizite Prozesse, die u.a. in der Amygdala ablaufen, sind die Erkennung von Gesichtern oder stereotypes Verhalten (FORBES, GRAFMAN, 2010). Eine neuronale Verbindung zwischen Amygdala und PFC und damit auch zwischen impliziten und expliziten Verarbeitungsprozessen wird durch den aCC und den OFC ermöglicht. Derartige kognitive Vorgänge treten bei der Beurteilung moralischer Dilemmata auf. Für das moralische Urteilen und soziale Kognition sind der mediale und laterale PFC, der aCC und der OFC von Bedeutung. Durch die Interaktionen der Areale sowie impliziter und expliziter Verarbeitung wird das gesellschaftliche Miteinander unter Einhaltung der sozialen Normen ermöglicht (FORBES, GRAFMAN, 2010).

Aus evolutionärer Sicht entwickelte sich moralisches Denken aus der sozialen Interaktion der gegenseitigen Verantwortungsübernahme heraus (GILLETT, FRANZ, 2016). Die moralische

Kognition involviert ein Netzwerk von temporalen Arealen, welches sich von der TPJ über den Temporallappen bis hin zu den temporalen Polen erstreckt. Der Temporallappen ist in eine Vielzahl von Prozessen involviert: Erkennen sozialer Hinweise, ToM sowie Aufmerksamkeitskontrolle (FELDMANHALL et al., 2014). Den temporalen Polen wird eine Funktion als Übergangszone zugewiesen, in der Informationen zusammengeführt werden, um ein Individuum oder eine Situation zu erfassen. Dieser Vorgang ist relevant, um Wissen anzuwenden und Kenntnisse über Menschen oder Orte abzurufen (FRITH, FRITH, 2006).

### **2.5.3 Erkenntnisse aus der Gehirnläsionsforschung**

Ein sehr bekannter Fall im Bereich der Gehirnläsionsforschung ist der des Eisenbahnvorarbeiters Phineas Gage. Bei einem Unfall wurde durch eine Explosion ein 3 cm breites Stampfeisen durch Gage's Schädel gestoßen. Dabei trat das Eisen unter seinem linken Wangenknochen ein und kranial wieder aus. Diesen schweren Unfall überlebte Gage, er zeigte aber infolgedessen Veränderungen in seiner Persönlichkeit. So wurde aus dem bemühten und effizienten Vorarbeiter ein respekt- und verantwortungsloser Mann. Dazu konnten Defizite in der kognitiven Entscheidungsfindung sowie der emotionalen Verarbeitung diagnostiziert werden (LARNER, LEACH, 2002). Es wurde zudem festgestellt, dass Gage nach dem Unfall Einschränkungen beim Vorausplanen aufzeigte und über ein schlechteres Gedächtnis verfügte. Nicht allein die Läsion des linken frontalen Kortex war erheblich, sondern es entstanden auch Beeinträchtigungen von Netzwerkverbindungen zwischen den lädierten Arealen und anderen Gehirnarealen. Diese Läsionen trugen zu akuten wie auch dauerhaften Änderungen des Verhaltens bei (HORN et al., 2012). Da Gage's Schädel nach dessen Tod für Untersuchungen zur Verfügung gestellt wurde, konnte die durch den Unfall hervorgerufene Gehirnläsion später rekonstruiert werden, wobei man von einer Läsion des bilateralen präfrontalen Kortex ausging. Die Verhaltensänderungen von Gage, die auch als pseudopsychopathisch oder soziopathisch bezeichnet wurden, gelten als exemplarisch für Verletzungen in orbitofrontalen Arealen (LARNER, LEACH, 2002). Die Persönlichkeitsänderung von Gage bewies erstmals, dass eine Verbindung zwischen der Persönlichkeit eines Menschen und dem Frontallappen existiert und zeigte die zentrale Rolle des Frontallappens bei moralischem Verhalten auf (FUMAGALLI, PRIORI, 2012).

Patienten mit einer Läsion in ventralen oder medialen Bereichen des Frontallappens wiesen emotionale Defizite auf, trotz derselben kognitiven Funktion, die über Intelligenztests bestimmt wurde. So zeigten Patienten mit in der Kindheit erworbenen Schädigungen im präfrontalen Kortex als Erwachsene ein geringes Wissen um soziale und moralische Normen. Daraus wurde gefolgert, dass Anteile des präfrontalen Kortex für den Erwerb von sozialem Wissen notwendig sein müssen (GREENE, HAIDT, 2002). Läsionen im Bereich des medialen präfrontalen oder orbitofrontalen Kortex, die erst im Erwachsenenalter auftraten, führten bei den Betroffenen zu

unangebrachtem Verhalten und Verantwortungslosigkeit. Die kognitiven Fähigkeiten der Personen sowie die Bearbeitung moralischer Argumentationen waren dabei nicht beeinträchtigt (HEEKEREN et al., 2003). Probanden mit einer bilateralen Läsion des vmPFC urteilten häufiger utilitaristisch über moralische Dilemmata als gesunde Probanden (BOCCIA et al., 2017). Dieses Areal spielt demnach eine kritische Rolle bei der Lösung moralischer Dilemmata, die durch soziale Emotionen beeinflusst werden (FUMAGALLI et al., 2010a).

Die Beobachtung von abweichendem Sozialverhalten, welches durch Hirnläsionen verursacht wurde, führte zu der Schlussfolgerung, dass viele Aspekte des menschlichen Verhaltens implizit moralisch sind und sich menschliches Handeln aus einer Reihe von psychologischen sowie neurobiologischen Prozessen zusammensetzt (MOLL et al., 2003).

#### **2.5.4 Gehirnnareale mit mathematischer Assoziation**

Die Fähigkeit, numerische Größenordnungen abzuschätzen, diente evolutionär der Nahrungssuche oder der Gefahrenbeurteilung in Bezug auf sich annähernde Raubtiere. Mithilfe von Bildgebungsstudien konnte eine Aktivierung des Intraparietalsulcus (IPS) bei diesem mathematischen Prozess dargestellt werden (ANSARI, 2008). Die Fähigkeit zur numerischen Unterscheidung findet sich bereits im Säuglingsalter (DEHAENE, 2009).

Ein geschlechtsspezifischer Unterschied ergibt sich bei Aufgaben der mentalen Rotation, die räumliches Vorstellungsvermögen fordern, wobei durch gedachte räumliche Rotation ein Urteil über die Deckungsgleichheit zweier Objekte gefällt werden soll (KRICK et al., 2013). Mentale Rotationsaufgaben führen zu einer Aktivierung des IPS, der mit räumlicher Orientierung assoziiert ist (KRICK et al., 2015).

Fehr et al. (2007) stellten in einer fMRT-Studie bei mathematischen Fragestellungen eine Aktivierung des rechten Precuneus und eine bilaterale Aktivierung in frontalen und superioren Arealen dar. Ihre Ergebnisse verdeutlichen, dass ein Netzwerk von Gehirnnarealen bei Rechenoperationen beteiligt ist (FEHR et al., 2007).

Kopfrechnen ist ein komplexer Vorgang, der sich aus verschiedenen Teilprozessen zusammensetzt. Die „triple-code theory“ erklärt, dass bei der Zahlenverarbeitung drei unterschiedliche Systeme aktiviert werden können: das Quantitätssystem, das verbale System sowie das visuelle System (DEHAENE et al., 2003). Diese drei Systeme bedienen unterschiedliche Funktionen in Bezug auf numerisches Wissen. Die mathematischen Funktionen werden dabei auf drei verschiedene Areale aufgeteilt. Durch den horizontalen IPS wird die Verarbeitung von numerischen Größen ermöglicht. Eine Beteiligung des perisylvischen Sprachnetzwerks inklusive des Broca-Areals wird bei der verbalen Zahlenverarbeitung vermutet und ein ventrales okzipitoparietales Areal ist bei der visuellen Darstellung von Zahlen aktiv (ANDERSON et al., 2011).

Zusammenhänge zwischen mathematischen Funktionen und Gehirnarealen konnten ebenso über Beobachtungen von mathematischen Defiziten nach Läsionen bestimmter Areale aufgezeigt werden. Läsionen des linken Gyrus angularis wurden mit einer Akalkulie in Verbindung gebracht (ANSARI, 2008).

Es wird allgemein angenommen, dass geschlechtsspezifische Unterschiede bei kognitiven Fähigkeiten aus Anlage und Umwelt entstehen (HIRNSTEIN et al., 2019). Hirnstein et al. (2019) haben in ihrer Studie gezeigt, dass eine stärkere hemisphärische Asymmetrie bei Männern gegeben ist. Zwar könnten diese Unterschiede sich auf kognitive Fähigkeiten auswirken, die Autoren gehen aber davon aus, dass sich dadurch geschlechtsspezifische Unterschiede nicht erklären lassen (HIRNSTEIN et al., 2019).

### **2.5.5 Die Rolle der „visual word form area“**

Beim Lesen wird eine bestimmte Region des linken lateralen occipitotemporalen Sulcus aktiviert, die als „visual word form area“ (VWFA) bezeichnet wird (DEHAENE, COHEN, 2011). Die VWFA als Bestandteil des linken Gyrus fusiformis wird bei der Darbietung von geschriebenem Wort aktiviert (AMUNTS, HEIM, 2013). Dem Gyrus fusiformis werden daneben Funktionen wie Gesichts- und Objekterkennung zugeschrieben (WEINER, ZILLES, 2016).

Die Aktivierung der VWFA konnte in verschiedenen Kulturen unabhängig von Leserichtung oder Schriftart reproduziert werden. Läsionen der VWFA gehen mit einer Alexie einher (DEHAENE, COHEN, 2011).

## **2.6 Neuroanatomische geschlechtsspezifische Unterschiede**

Es existieren geschlechtsspezifische Unterschiede in Bezug auf die Gehirnanatomie. Männliche Gehirne sind ab der späten Kindheit bereits größer als weibliche und dieser Unterschied bleibt während der Lebenszeit bestehen, wobei sich der Größenunterschied nicht vollständig durch die verschiedenen durchschnittlichen Körpergrößen der Geschlechter erklären lässt (SOWELL et al., 2007). In weiblichen Gehirnen konnte eine höhere kortikale Dicke im rechten inferioren Parietallappen und posterioren Temporallappen festgestellt werden, während männliche Gehirne über größere Frontal- und Okzipitalpole verfügen. Diese geschlechtsabhängigen Unterschiede in der Gehirnanatomie könnten eine Erklärung für die unterschiedliche Fähigkeitsausprägung bei Männern und Frauen liefern (SOWELL et al., 2007).

## 2.7 Hypothesen der Studie

Bisherige Studien stellten verschiedene Gehirnareale im frontalen, temporalen und cingulären Kortex heraus, denen eine Rolle beim moralischen Urteilen zugeschrieben wird (FUMAGALLI, PRIORI, 2012). In die moralische Entscheidungsfindung involviert sind u.a. der Gyrus frontalis medius, der OFC und PFC (vmPFC, dlPFC), pCC, Precuneus, STS, TPJ und die Amygdala (FUMAGALLI, PRIORI, 2012; PASCUAL et al., 2013). Mithilfe von fMRT soll in dieser Studie aufgezeigt werden, inwiefern geschlechtsspezifische Unterschiede beim moralischen Urteilen bestehen. Anstelle von komplexen moralischen Dilemmata wie dem Trolley-Problem oder Footbridge-Dilemma wurden textbasierte moralische Aufgabestellungen, die einfache Alltagssituationen schildern, eingesetzt, wobei die Wahl zwischen moralisch richtigem bzw. falschem Verhalten getroffen werden sollte. Es wird eine Aktivierung von Gehirnarealen erwartet, die mit moralischer Entscheidungsfindung, ToM und sozialer Kognition verbunden sind. Eine weitere Hypothese besteht darin, dass Männer bei moralischen Entscheidungen verstärkt frontale Areale aktivieren, wohingegen bei Frauen verstärkt temporale Areale involviert sind. Die Vermutung von geschlechtsspezifischen Unterschieden in diesen Arealen basiert auf einer Metaanalyse von Sevinc und Spreng (2014), die u.a. die TPJ, den pCC und mPFC für das moralische Urteilen als besonders relevant herausstellten (SEVINC, SPRENG, 2014). Es wird bei moralischer Entscheidungsfindung eine Aktivierung der zwei Subsysteme des DMN erwartet. Es erfolgt eine Kontrastierung mit mathematischen Aufgabestellungen, denen analog zu den moralischen eine korrekte sowie inkorrekte Lösung zugeordnet werden. Für die Bearbeitung der mathematischen Fragen wird eine Aktivierung des IPS und des Broca-Areals vermutet. Es soll weiterhin analysiert werden, inwiefern Empathie einen Einfluss auf die moralische Kognition ausübt und ob sich Empathie und Prosozialität zwischen den Geschlechtern unterscheiden.

### 3. Material und Methoden

Dieses Kapitel umfasst die Beschreibung der Merkmale der Studienteilnehmer, die Erläuterung der für diese Studie verwendeten Fragebögen, die Skizzierung der MRT-Stimuli und die Darstellung des Versuchsablaufs während der MRT-Messungen. Zudem erfolgt eine Schilderung der Datenanalyse.

#### 3.1 Studienteilnehmer

Die Studie war in zwei Teilprojekte gegliedert. Im Rahmen des „Jugend forscht“-Projekts „Auf welchem biologischen Fundament baut die menschliche Moral auf?“ wurden insgesamt 16 Pilotmessungen an 6 männlichen und 10 weiblichen Probanden durchgeführt. Die Studienteilnehmer waren zwischen 15 und 73 Jahre alt. Der Mittelwert der Altersverteilung dieser Probandengruppe lag bei 39,14 Jahren bei einer Standardabweichung von 21,09 Jahren.

Die Hauptstudie zur vorliegenden Arbeit umfasste 38 Probanden in einem Alter zwischen 19 und 46 Jahren bei einem Mittelwert von 25,55 Jahren und einer Standardabweichung von 5,499 (siehe Abbildung 1). 78,9 % der Studienteilnehmer waren zwischen 20 und 30 Jahre alt.

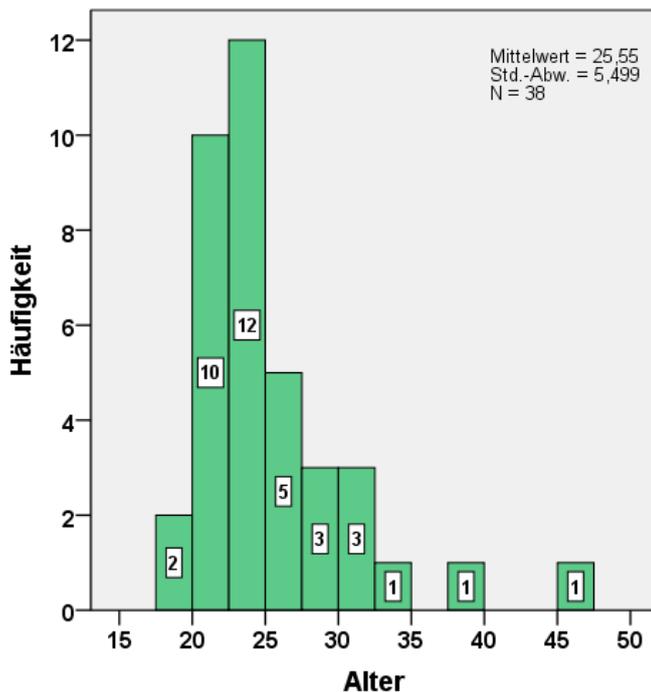
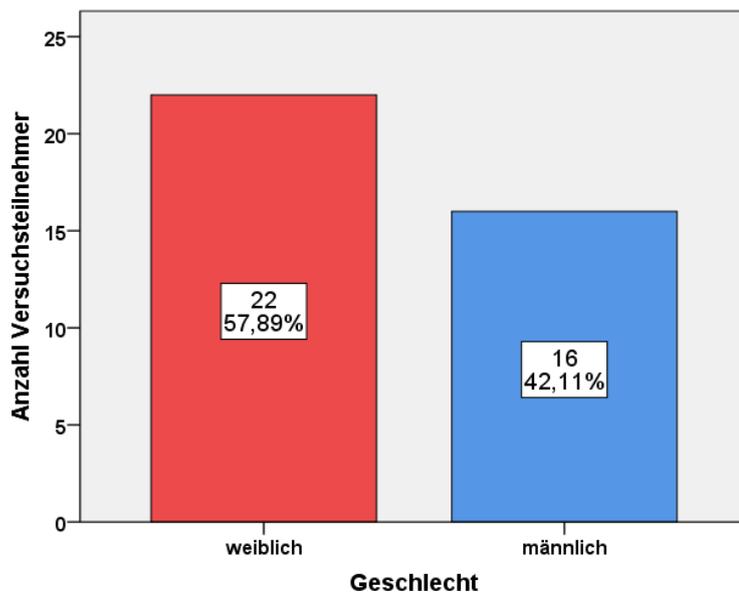


Abbildung 1: Altersverteilung der 38 Studienteilnehmer nach Häufigkeit.

Die 16 männlichen und 22 weiblichen Studienteilnehmer der Hauptstudie (siehe Abbildung 2) wurden an der Hochschule Kaiserslautern und am Universitätsklinikum des Saarlandes akquiriert. Demnach waren 57,89 % der 38 Probanden weiblich, 42,11 % männlich. Die Versuchsteilnehmer waren deutschsprachig. Unter den 38 Studienteilnehmern waren 34 Rechtshänder und 4 Linkshänder. Zusätzliche Aspekte wie beispielsweise Religion, ethnische Herkunft oder Medikamentenkonsum wurden nicht erfasst.



**Abbildung 2: Anzahl der Teilnehmer der Hauptstudie und Aufteilung nach Geschlecht.**

Die Versuchspersonen nahmen freiwillig und ohne finanziellen Anreiz an dieser Studie teil. Sie wurden darauf hingewiesen, dass ein Rücktritt jederzeit und ohne Angaben von Gründen möglich sei. Die Studie wurde in der Neuroradiologie am Universitätsklinikum des Saarlandes in Homburg durchgeführt. Vor Beginn der MRT-Messungen wurden die Studienteilnehmer über den Versuchsaufbau und -ablauf, mögliche Risiken während der Untersuchung und Ausschlusskriterien für die Teilnahme an der Studie informiert. Ausschlusskriterien waren dabei metallische oder magnetisierbare Implantate oder nicht entfernbare Metallteile im oder am Körper, Vorerkrankungen des zentralen Nervensystems, eine bestehende Schwangerschaft sowie ein fehlendes Einverständnis bezüglich der Mitteilung von Zufallsbefunden (siehe Anlage A.1). Des Weiteren wurde den Probanden die Einhaltung des Datenschutzes nach Art. 12 ff. Datenschutzgrundverordnung in Hinblick auf die personenbezogenen Informationen und Messdaten zugesichert (siehe Anlage A.2). Nach hinreichender mündlicher Aufklärung und schriftlicher Information erteilten die Probanden ihr schriftliches Einverständnis zur Durchführung der Kernspintographie und Datenverarbeitung (siehe Anlage A.3).

Für diese Studie wurde ein Antrag bei der Ethikkommission der Ärztekammer des Saarlandes zur Beurteilung ethischer und rechtlicher Implikationen eingereicht. Das Vorhaben mit der Antragsnummer 253/19 wurde sodann von dieser genehmigt.

### **3.2 Fragebögen**

Im Rahmen der Hauptstudie wurden zwei Fragebögen zur Erfassung der empathischen und sozialen Fähigkeiten der 38 Studienteilnehmer eingesetzt. Aufgabe der Probanden war dabei, Situationen aus verschiedenen Perspektiven einzuschätzen bzw. die eigenen Kompetenzen zu bewerten.

#### **3.2.1 Fragebogen zur Erfassung von Empathie, Prosozialität, Aggressionslegitimation und Aggressionshemmung für Erwachsene**

Zum einen wurde der Fragebogen zur Erfassung von Empathie, Prosozialität, Aggressionslegitimation und Aggressionshemmung für Erwachsene (FEPAA-E) des Instituts für Psychologie der Universität Regensburg (AUER et al., 2006/2007) verwendet (siehe Anlage A.4), der auf dem für Kinder und Jugendliche ausgelegten FEPAA (LUKESCH, 2004) aufbaut. Dieser Fragebogen ist in insgesamt drei Teile gegliedert, wobei für diese Studie lediglich der erste Teil zu den Aspekten Empathie und Prosozialität verwendet wurde. Die Fragenteile zwei und drei des Fragebogens zu Aggressionsbereitschaft und aggressivem Verhalten fanden in dieser Studie hingegen keine Verwendung.

Der erste Teil des Fragebogens schildert 14 verschiedene Szenarien, die Entscheidungen im Hinblick auf empathisches und soziales Verhalten erfordern (AUER et al., 2006/2007). Zu jedem Szenario werden drei Fragen gestellt, wobei jeweils die ersten zwei Fragen die Empathie prüfen, während die dritte Frage die Prosozialität testet. Zu jeder Frage stehen drei Antwortmöglichkeiten zur Auswahl. Der Aufgabenstellung nach soll die Antwort so gewählt werden, wie sich die Hauptperson in dem jeweiligen Szenario fühlen würde. Somit soll durch die ersten zwei Fragen überprüft werden, ob die Probanden fähig sind, sich in die Lage der Charaktere in dem beschriebenen Szenario einzufühlen. Weiterhin wird mit der dritten Frage ermittelt, wie die Probanden selbst reagieren würden, falls sie sich in dieser Situation befänden (AUER et al., 2006/2007). Die maximal erreichbare Punktzahl für die Empathie betrug somit 28, für die Prosozialität 14. Diese zwei Variablen wurden aus ebenso vielen Items des Fragebogens zu jeweils einem Score verrechnet, der als Anteil der gemäß dem Lösungsschlüssel richtig beantworteten Fragen aus der jeweiligen Gesamtzahl der Fragen bestand.

### **3.2.2 Interpersonaler Aktivitätsindex**

Der zweite für diese Studie verwendete Fragebogen ist der Interpersonale Aktivitätsindex, der die deutsche Version des „Interpersonal Reactivity Index“ (IRI) darstellt (DAVIS, 1980; NEUMANN et al., 2012) (siehe Anlage A.5). Während der FEPAA-E vor allem das situative Einfühlungsvermögen der Probanden und soziales Verhalten in fiktiven Handlungsperspektiven abfragt, geht es bei dem IRI um eine Einschätzung der eigenen sozialen Fähigkeiten. Dieser Fragebogen setzt sich aus den vier Dimensionen Fantasie, empathische Besorgnis, Perspektivübernahme und persönlicher Distress zusammen. Der Fragebogen besteht aus insgesamt 28 Fragen, jeweils sieben zu jeder Dimension. Für jede Aussage soll hierbei entschieden werden, inwiefern sie auf die eigene Person zutrifft. Dies wird über eine fünfstufige Skala zwischen den zwei Polen „0 = Beschreibt mich nicht gut“ und „4 = Beschreibt mich sehr gut“ erfasst (DAVIS, 1980). Die Dimension der Fantasie bildet dabei die Fähigkeit des Befragten ab, sich mit Romanfiguren oder Filmcharakteren zu identifizieren. Die Perspektivübernahme spiegelt die Fähigkeit wider, eine fremde Sichtweise einzunehmen und Situationen aus dem Blickwinkel anderer Personen wahrzunehmen. Die empathische Besorgnis geht auf das Mitgefühl der Befragten und die Besorgnis um eine andere Person ein. Mit der Dimension des persönlichen Distress soll Unbehagen oder Angst erfasst werden, wenn negative Erlebnisse einer anderen Person dargestellt werden (DAVIS, 1980). Nach Davis stellt Empathie einen multidimensionalen Begriff dar, der sich aus affektiven sowie kognitiven Aspekten zusammensetzt. Der von Davis entwickelte Fragebogen testet diese beiden Aspekte anhand der vier Dimensionen (DAVIS, 1983).

### **3.3 MRT-Messungen**

Nach schriftlicher Einwilligung der Probanden erfolgte die MRT-Untersuchung. Die Messungen wurden in einem Kernspintomographen des Modells Magnetom Skyra der Firma Siemens bei einer Feldstärke von 3,0 Tesla durchgeführt.

Jede Untersuchung beinhaltete vier MRT-Sequenzen, deren Ablauf insgesamt ca. 30 Minuten dauerte. Nachfolgende Tabelle 3 gibt einen Überblick über die verwendeten Sequenzen unter Angabe der jeweiligen Parameter und der Zeitdauer. Zuerst wurde mithilfe der Localizer-Sequenz die Lage des Kopfes im Raum dargestellt. Die daran anschließende Sequenz sollte durch die Messung der Feldinhomogenität mögliche Artefakte wie Bildverzerrungen und Signalauslöschungen für die spätere echoplanare Bildgebung aufzeichnen (MATHIAK et al., 2013). Anschließend erfolgte eine „echo planar imaging“-Sequenz (EPI-Sequenz) zur Gewinnung der fMRT-Daten bei einer Repetitionszeit (TR) von 1,78 s, Echozeit (TE) 30 ms, Flipwinkel 90 °, Schichtdicke (SD) 3 mm, Gap zwischen den Schichten = 0,75 mm, Voxelgröße = 3 x 3 x 3 mm. Die EPI-Sequenz ermöglicht dabei die Darstellung der Gehirnaktivität bei hoher zeitlicher Auflösung und ist daher prädestiniert für die Generierung funktioneller MRT-Aufnahmen (STÖCKER, SHAH, 2013). Diese dritte Sequenz generierte bei einer Zeitdauer von ca. 19 Mi-

nuten 640 Scans. Die abschließende MP-RAGE-Sequenz („magnetization prepared rapid acquisition gradient echo“-Sequenz) war eine T<sub>1</sub>-gewichtete 3D-Sequenz mit folgenden Parametern: TR = 1,9 s, TE = 2,13 ms, Inversionszeit (TI) = 900 ms, Flipwinkel 9 °, SD = 0,9 mm, Voxelgröße 0,9 x 0,9 x 0,9 mm; die T<sub>1</sub>-Gewichtung realisiert dabei einen effektiven Kontrast zwischen der grauen und weißen Substanz des Gehirns (STÖCKER, SHAH, 2013).

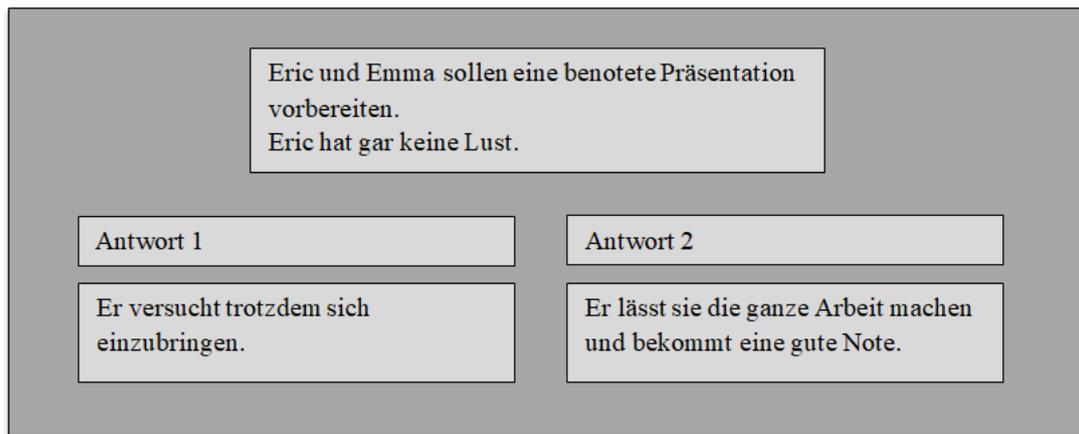
Tabelle 3: Überblick über die vier MRT-Sequenzen mit Darstellung der jeweiligen Parameter und Zeitdauer.

Sequenz	Parameter	Zeitdauer
<b>Localizer</b>		ca. 30 s
<b>Feldinhomogenität</b>		ca. 1 min
<b>EPI</b>	TR = 1,78 s TE = 30 ms Flipwinkel = 90 ° SD = 3 mm, Gap = 0,75 mm Voxelgröße = 3 x 3 x 3 mm	ca. 19 min
<b>MP-RAGE</b>	TR = 1,9 s TE = 2,13 ms TI = 900 ms Flipwinkel = 9 ° SD = 0,9 mm Voxelgröße = 0,9 x 0,9 x 0,9 mm	ca. 4,5 min

### 3.4 MRT-Stimuli

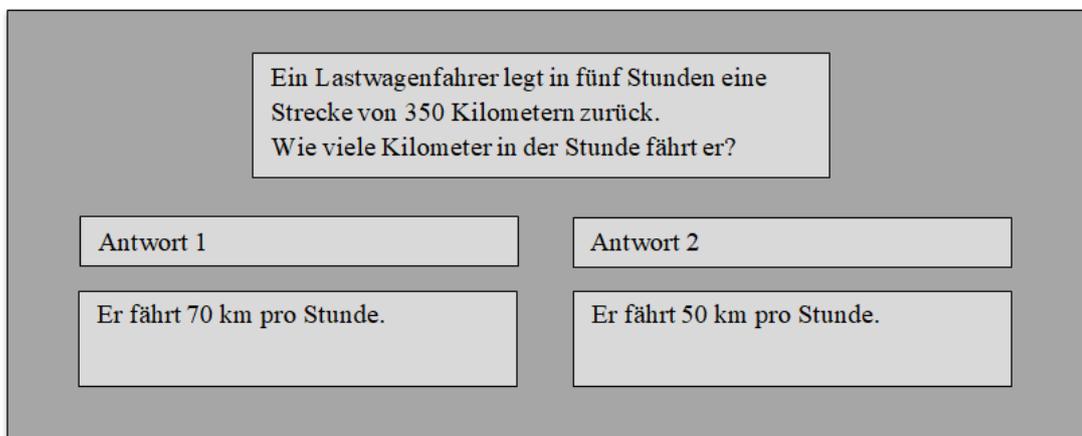
Die Entwicklung der MRT-Stimuli erfolgte am Universitätsklinikum des Saarlandes in Homburg im Rahmen des „Jugend forscht“-Projekts „Auf welchem biologischen Fundament baut die menschliche Moral auf?“ und der anschließenden Durchführung einer Pilotstudie unter Leitung von Herrn Priv.-Doz. Dr. rer. med. C. Krick. Das Signalverhalten aus den Stimuli wurde über die Pilotstudie validiert. Die insgesamt 72 Stimuli wurden als textbasierte Fragestellungen mit je zwei zur Auswahl stehenden Antwortalternativen konzipiert, wovon jeweils 36 Fragen den Kategorien Moral und Mathematik zugeordnet waren.

Die moralischen Fragestellungen schilderten eine fiktive Alltagssituation, in der eine Person alleine oder in Interaktion mit einer weiteren Person auftrat (in Anlehnung an (SOMMER et al., 2010)). Die zwei Antwortmöglichkeiten waren als Handlungsalternativen formuliert, die einen Kontrast zwischen moralisch richtigem und moralisch falschem Verhalten boten, wobei sich der Proband für die seiner Meinung nach moralisch richtige Lösung entscheiden sollte. In nachfolgender Abbildung 3 wird exemplarisch eine moralische Fragestellung gezeigt.



**Abbildung 3: Beispiel für eine moralische Fragestellung.**

Die 36 mathematischen Fragestellungen enthielten einfache Rechenaufgaben, denen ebenso eine richtige und eine falsche Lösung zugeordnet wurde (siehe Abbildung 4). Die Probanden hatten sowohl bei den moralischen als auch den mathematischen Fragestellungen die Aufgabe, sich für eine der Antwortalternativen zu entscheiden. Die Programmierung der Stimuli wurde mit der Software LabVIEW durchgeführt. Auf eine ähnliche Gestaltung der moralischen und mathematischen Aufgaben in Hinblick auf das Layout und die sprachliche Gliederung wurde Wert gelegt.



**Abbildung 4: Beispiel für eine mathematische Fragestellung.**

### 3.5 Versuchsablauf

Die Probanden fanden sich zu dem vereinbarten Termin am MRT-Raum der Abteilung der Neuroradiologie am Universitätsklinikum des Saarlandes in Homburg ein. Zunächst wurden die Studienteilnehmer allgemein über den Ablauf einer MRT-Untersuchung und über Sicherheitsbestimmungen aufgeklärt. Im Vordergrund standen dabei vor allem die zu beachtenden Kontraindikationen. Dazu erhielten die Probanden ein Informationsschreiben, das auch Hinweise zur

Einhaltung des Datenschutzes enthielt. Anschließend wurde der Untersuchungsablauf erläutert und die MRT-Stimuli erklärt. Bei der Präsentation von 72 Stimuli zu den Kontrastbedingungen Moral und Mathe sollten sich die Versuchsteilnehmer für je eine Antwortalternative entscheiden und dies per Fingerzeig - Anheben des linken Daumens für Antwort eins, Anheben des rechten Daumens für Antwort zwei - signalisieren. Die Reihenfolge der Fragen wurde im Vorfeld zufällig und für alle Versuchsteilnehmer einheitlich festgelegt. Die Antworten der Probanden wurden nicht dokumentiert.

Vor der Durchführung der MRT wurde darauf geachtet, dass sämtliche metallische Gegenstände vom Körper entfernt wurden, um keine Störungen im Magnetfeld hervorzurufen. Eine mögliche Sehschwäche der Probanden wurde mit einer entsprechenden Sehhilfe unter Verwendung einer Kunststoffbrille ausgeglichen. Nach korrekter Lagerung der Probanden wurde überprüft, ob diese über eine an der Kopfspule fixierte Spiegelkonstruktion den Bildschirm ausreichend erkennen konnten. Die Probanden wurden darauf hingewiesen, dass sie während der Untersuchung möglichst still liegen bleiben sollten. Sie erhielten einen Gehörschutz, über ein integriertes Mikrofon war die Kommunikation mit dem Versuchsteilnehmer auch von außerhalb der MRT-Anlage möglich. Die Untersuchung konnte über eine Notfallklingel jederzeit abgebrochen werden. Je nach Belegung des Kernspintomographen füllten die Probanden die zwei Fragebögen entweder vor oder nach der MRT-Untersuchung aus. Die Gesamtzeit der Messung betrug ca. 30 Minuten, das Ausfüllen der zwei Fragebögen dauerte ca. 20 Minuten.

## **3.6 Datenanalyse**

### **3.6.1 Auswertung der Fragebögen**

Die Auswertung des FEPA-E erfolgte anhand eines für diesen Fragebogen vorliegenden Lösungsschlüssels. Die Empathie wurde in insgesamt 28 Einzelfragen getestet, die Prosozialität anhand von 14 Einzelfragen. Bei Auswahl der im Sinne des Lösungsschlüssels richtigen Antwort wurde ein Punkt, ansonsten kein Punkt vergeben (AUER et al., 2006/2007). Damit ergab sich eine Maximalpunktzahl von 28 für die Empathie und eine Maximalpunktzahl von 14 für die Prosozialität. Für diese zwei Aspekte wurde durch Division der von den Probanden erreichten Punktzahl durch die Maximalpunktzahl jeweils ein Score errechnet.

Der Fragebogen IRI mit den vier Dimensionen Fantasie, Perspektivübernahme, empathische Besorgnis und persönlicher Distress ergab bei einer fünfstufigen Rating-Skala zwischen den Polen null als Minimum und vier als Maximum eine Maximalpunktzahl von 28 pro Subskala. Die statistische Auswertung der zwei Fragebögen wurde mithilfe des Statistikprogramms IBM SPSS Statistics 26 durchgeführt.

### 3.6.2 Analyse der MRT-Daten

Die Analyse der MRT-Daten erfolgte mit der Software „Statistical Parametric Mapping 8“ (SPM 8). Die fMRT-Messung generierte vierdimensionale Datensätze, bestehend aus einer zeitlichen und drei räumlichen Dimensionen, für deren Analyse mehrere Vorverarbeitungsschritte nötig waren (WOHLSCHLÄGER, KELLERMANN, 2013). Zunächst erfolgte die Segmentierung der Bilddaten aus der MP-RAGE-Sequenz in graue und weiße Substanz. Während der EPI-Sequenz wurden Schichtmessungen angefertigt. Um die zeitliche Differenz zwischen den einzelnen Schichten auszugleichen, wurden die Schichten auf einen definierten Anfangszeitpunkt interpoliert. Über diese „slice time correction“ erfolgte demnach die Korrektur der Schichtzeitpunkte. Anschließend wurde durch das „Realignment“ eine Bewegungskorrektur durchgeführt, um mögliche während der Untersuchung entstandene Bewegungsartefakte der Probanden auszugleichen. Dazu erfolgte eine Ausrichtung jedes Einzelbilds durch Drehung um die drei Raumachsen und Verschieben in den drei Raumrichtungen nach dem ersten Einzelbild der Serie (WOHLSCHLÄGER, KELLERMANN, 2013). Im nächsten Bearbeitungsschritt, dem sog. Koregistrieren, wurden die Aufnahmen der EPI-Sequenz an die der hochauflösenden MP-RAGE-Sequenz angeglichen, sodass eine genauere anatomische Zuordnung der aktivierten Gehirnareale möglich war. Da interindividuelle Unterschiede in Bezug auf Form und Größe des Gehirns bestehen, war es für eine Vergleichbarkeit zwischen mehreren Aufnahmen notwendig, diese zu normalisieren. Dafür wurden die Datensätze in ein vom „Montreal Neurological Institute“ (MNI) entwickeltes einheitliches Koordinatensystem übertragen. Dies ermöglichte einen Vergleich bestimmter anatomischer Strukturen zwischen verschiedenen Personen. In einem letzten Schritt der Datenvorverarbeitung erfolgte eine räumliche Glättung durch Verwendung eines 8 mm Gauß-Filters, um Störsignale zu eliminieren (WOHLSCHLÄGER, KELLERMANN, 2013).

Im Anschluss wurde ein statistisches Modell erstellt und die Kontraste „Moral > Mathe“ und „Mathe > Moral“ definiert, um eine mögliche Mehraktivierung bestimmter Gehirnareale bei der Beantwortung der moralischen bzw. mathematischen Fragen herauszustellen. Dies bedeutet, dass bei dem Kontrast „Moral > Mathe“ die bei den mathematischen Fragestellungen aktivierten Gehirnareale extrahiert wurden und so lediglich die bei den moralischen Aufgaben aktivierten Areale dargestellt waren. Für den Kontrast „Mathe > Moral“ gilt dies analog. Diese Kontraste wurden zunächst für jeden einzelnen Probanden ermittelt und anschließend in einer Gruppenstatistik zusammengefasst. Mithilfe von SPM 8 konnte die Aktivierungsstärke verschiedener Gehirnareale für jeden einzelnen Studienteilnehmer selektiert werden. Die statistische Analyse der extrahierten fMRT-Daten erfolgte dann mit der Software IBM SPSS Statistics.

Die Auswertung der MRT-Signale umfasste neben den 38 Probanden der Hauptstudie auch die 16 Versuchsteilnehmer der Pilotstudie (n = 54). Für eine bessere Vergleichbarkeit der Ergebnis-

se zwischen Männern und Frauen wurden die 6 männlichen Probanden der Pilotstudie zu den 16 männlichen Probanden der Hauptstudie addiert, sodass eine Gruppierung von jeweils 22 männlichen und 22 weiblichen Versuchsteilnehmern in einzelnen Analysen miteinander verglichen werden konnte.

Die anatomische Zuordnung der einzelnen Gehirnareale und der jeweiligen Aktivierungsmaxima wurde über die „SPM Anatomy Toolbox“ (EICKHOFF et al., 2006; EICKHOFF et al., 2007; EICKHOFF et al., 2005) realisiert.

#### 4. Ergebnisse der Studie

Die Resultate aus den fMRT-Daten werden im Folgenden in Bezug auf die zwei Kontraste „Moral > Mathe“ und „Mathe > Moral“ aufgeführt. Dazu wird die Aktivität verschiedener Gehirnareale während der Bearbeitung der moralischen und mathematischen Fragestellungen dargestellt. Ein besonderes Augenmerk bei der Schilderung der Studienergebnisse wurde hierbei auf die Herausarbeitung von geschlechtsspezifischen Unterschieden gelegt. Die Ergebnisse aus der Hauptstudie (n = 38) zu den Daten aus den beiden Fragebögen werden dargestellt und miteinander korreliert.

##### 4.1 Ergebnisse aus dem MRT-Kontrast „Moral > Mathe“

Für den Kontrast „Moral > Mathe“ ließ sich eine Vielzahl an Gehirnarealen herausarbeiten, die bei den moralischen Fragestellungen aktiviert wurden. Es konnte bei den 54 Probanden eine Aktivität des bilateralen STS, der bilateralen TPJ, des medialen Frontalkortex (MFC), des rostralen medialen OFC (rMOFC), des medialen cingulären Kortex (mCC) und des pCC bei der moralischen Entscheidungsfindung gezeigt werden (siehe Abbildung 5).

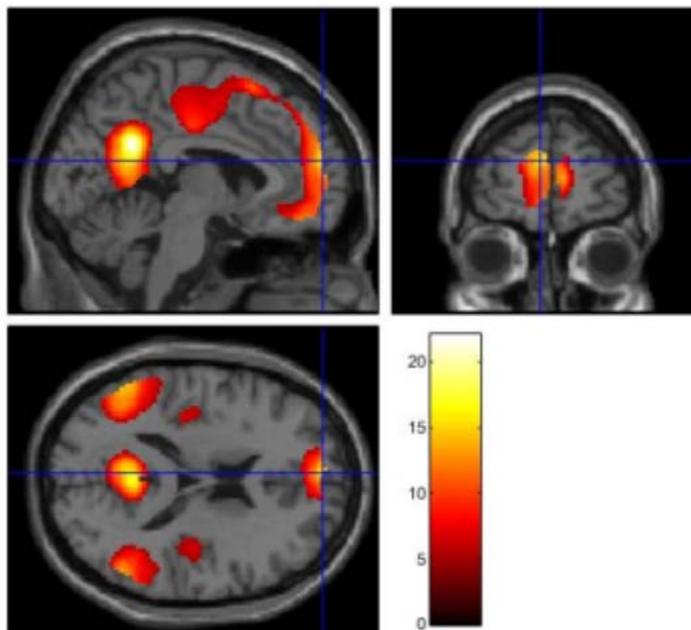


Abbildung 5: Schnittebenenansicht der Gehirnaktivität für den Kontrast „Moral > Mathe“. Aktivierungen zeigten sich im medialen Frontalkortex, im cingulären Kortex sowie im Temporallappen. Height threshold  $T = 5.09$  ( $p < 0,05$  (FWE)), extent threshold  $k = 50$  voxels,  $n = 54$ .

Nachfolgende Tabelle 4 gibt einen Überblick über die in Abhängigkeit vom Geschlecht modulierte Aktivierung der Gehirnareale. Die Ergebnisse werden getrennt nach den 32 weiblichen und 22 männlichen Probanden mit den jeweiligen MNI-Koordinaten sowie T-Werten aufgeführt.

**Tabelle 4: Geschlechtsspezifische Aktivierungen der Gehirnareale für den Kontrast „Moral > Mathe“ unter Angabe der zugehörigen MNI-Koordinaten und T-Werte, n = 54.**

<b>Kontrast „Moral &gt; Mathe“, „Frauen &gt; Männer“</b>		
<b>Areal:</b>	<b>MNI-Koordinaten (x/y/z):</b>	<b>T-Wert:</b>
Gyrus frontalis superior	-20/+6/+46	+3.61
Gyrus frontalis medius	+36/+16/+42	+3.53
Gyrus precentralis	+20/-18/+72	+3.22
Gyrus postcentralis	-34/-32/+58	+3.28
inferiorer Parietallappen	+52/-48/+38	+4.17
inferiorer Parietallappen	-38/-28/+38	+3.17
Precuneus	+12/-44/+40	+3.22
Precuneus	-2/-74/+40	+4.11
Gyrus lingualis	-28/-52/-4	+4.03
Gyrus supramarginalis	+60/-44/+38	+4.09
Gyrus angularis	+42/-66/+42	+3.37
Gyrus fusiformis	+36/-74/-16	+3.14
<b>Kontrast „Moral &gt; Mathe“, „Männer &gt; Frauen“</b>		
<b>Areal:</b>	<b>MNI-Koordinaten (x/y/z):</b>	<b>T-Wert:</b>
posteriorer medialer Frontalkortex	-4/+18/+60	+3.10
Gyrus frontalis inferior (Pars triangularis)	+48/+24/+24	+3.40
Gyrus frontalis inferior (Pars orbitalis)	+34/+36/-16	+3.76
Gyrus frontalis superior	+4/+52/+28	+3.72
Gyrus frontalis superior	-4/+54/+14	+3.75

Die Korrelationen zwischen den moralisch-assoziierten Gehirnarealen werden in nachfolgender Tabelle 5 dargestellt. Der linke anteriore STS korrelierte signifikant positiv mit dem rechten anterioren STS ( $p < 0,01$ ) sowie den posterioren Anteilen des linken STS ( $p < 0,01$ ). Die rechte TPJ korrelierte positiv mit dem rechten anterioren STS ( $p < 0,05$ ). Für die linke TPJ ergab sich eine positive Korrelation mit dem rechten anterioren STS ( $p < 0,05$ ) sowie den anterioren und posterioren Anteilen des linken STS ( $p < 0,01$ ). Es zeigte sich eine signifikant positive Korrelation zwischen dem MFC und dem linken anterioren STS ( $p < 0,01$ ) und linken posterioren STS ( $p < 0,05$ ) sowie der linken TPJ ( $p < 0,05$ ). Weiterhin korrelierte der rMOFC positiv sowohl mit dem linken als auch rechten anterioren STS ( $p < 0,01$ ) sowie dem MFC ( $p < 0,01$ ) und der linken TPJ ( $p < 0,05$ ). Der pCC korrelierte positiv mit dem rechten ( $p < 0,05$ ) und linken ( $p < 0,01$ ) anterioren STS sowie linken posterioren STS ( $p < 0,01$ ). Weiterhin korrelierte der pCC positiv mit der bilateralen TPJ ( $p < 0,01$ ) sowie dem MFC und rMOFC ( $p < 0,01$ ). Für den mCC ergaben sich positive Korrelationen mit dem linken anterioren STS ( $p < 0,05$ ) und dem MFC ( $p < 0,05$ ).

**Tabelle 5: Korrelationen zwischen den Gehirnarealen für den Kontrast „Moral > Mathe“. Die statistisch signifikanten Korrelationen sind gelb markiert, n = 54.**

Abkürzungen: Li = linke(r), Re = rechte(r), a = anterior, p = posterior.

**Korrelationen (Spearman-Rho)**

		ReSTSa	LiSTSa	ReSTSp	LiSTSp	ReTPJ	LiTPJ	MFC	rMOFC	pCC	mCC
ReSTSa	Korrelationskoeffizient	1,000	,493**	,154	,245	,289*	,268	,189	,495**	,342*	,116
	Sig. (2-seitig)	.	,000	,265	,074	,034	,050	,170	,000	,011	,405
	N	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54
LiSTSa	Korrelationskoeffizient	,493**	1,000	,187	,468**	,148	,369**	,419**	,354**	,393**	,314*
	Sig. (2-seitig)	,000	.	,176	,000	,286	,006	,002	,009	,003	,021
	N	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54
ReSTSp	Korrelationskoeffizient	,154	,187	1,000	,179	,060	,011	,133	,150	,170	,160
	Sig. (2-seitig)	,265	,176	.	,196	,669	,938	,339	,278	,218	,247
	N	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54
LiSTSp	Korrelationskoeffizient	,245	,468**	,179	1,000	,128	,431**	,288*	,226	,441**	,216
	Sig. (2-seitig)	,074	,000	,196	.	,357	,001	,035	,101	,001	,117
	N	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54
ReTPJ	Korrelationskoeffizient	,289*	,148	,060	,128	1,000	,256	-,027	,143	,355**	-,142
	Sig. (2-seitig)	,034	,286	,669	,357	.	,061	,845	,304	,008	,306
	N	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54
LiTPJ	Korrelationskoeffizient	,268	,369**	,011	,431**	,256	1,000	,274*	,300*	,395**	,141
	Sig. (2-seitig)	,050	,006	,938	,001	,061	.	,045	,027	,003	,310
	N	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54
MFC	Korrelationskoeffizient	,189	,419**	,133	,288*	-,027	,274*	1,000	,491**	,364**	,281*
	Sig. (2-seitig)	,170	,002	,339	,035	,845	,045	.	,000	,007	,040
	N	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54
rMOFC	Korrelationskoeffizient	,495**	,354**	,150	,226	,143	,300*	,491**	1,000	,412**	,180
	Sig. (2-seitig)	,000	,009	,278	,101	,304	,027	,000	.	,002	,193
	N	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54
pCC	Korrelationskoeffizient	,342*	,393**	,170	,441**	,355**	,395**	,364**	,412**	1,000	,014
	Sig. (2-seitig)	,011	,003	,218	,001	,008	,003	,007	,002	.	,919
	N	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54
mCC	Korrelationskoeffizient	,116	,314*	,160	,216	-,142	,141	,281*	,180	,014	1,000
	Sig. (2-seitig)	,405	,021	,247	,117	,306	,310	,040	,193	,919	.
	N	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54

\*\* . Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig).

\* . Die Korrelation ist auf dem 0,05 Niveau signifikant (zweiseitig).

Nachfolgend werden die Ergebnisse für jeweils 22 weibliche und 22 männliche Probanden gegenübergestellt. Dabei zeigten sich geschlechtsspezifische Aktivierungen bei der Beantwortung der moralischen Fragestellungen, die sich in unterschiedlicher Ausprägung der Korrelationen widerspiegeln. Für die 22 weiblichen Studienteilnehmer ergab sich eine Vielzahl an signifikanten Korrelationen von Gehirnarealen innerhalb des gesamten Kortex. Die Ergebnisse werden in nachfolgender Tabelle 6 dargestellt. Der linke anteriore STS korrelierte positiv mit dem rechten anterioren STS ( $p < 0,01$ ). Innerhalb des linken STS korrelierten die anterioren und posterioren Anteile ( $p < 0,05$ ) positiv. Für die TPJ ergab sich eine Korrelation zwischen den beiden Hemisphären. Demnach korrelierten linke und rechte TPJ signifikant positiv ( $p < 0,05$ ). In Bezug auf den MFC ließen sich positive Korrelationen mit dem rechten anterioren STS ( $p < 0,05$ ) und linken anterioren STS ( $p < 0,01$ ) sowie der linken TPJ ( $p < 0,05$ ) herausstellen. Zudem korrelierte der rMOFC mit dem MFC ( $p < 0,05$ ) signifikant positiv. Der pCC zeigte signifikant positive Korrelationen mit folgenden Gehirnarealen: rechter anteriorer STS ( $p < 0,05$ ), linker anteriorer STS ( $p < 0,01$ ), linker posteriorer STS ( $p < 0,01$ ), rechte TPJ ( $p < 0,01$ ), linke TPJ ( $p < 0,05$ ), MFC ( $p < 0,05$ ) und rMOFC ( $p < 0,05$ ). Der mCC korrelierte signifikant positiv mit dem linken anterioren STS ( $p < 0,01$ ), dem linken posterioren STS ( $p < 0,05$ ) und der linken TPJ ( $p < 0,05$ ).

**Tabelle 6: Korrelationen zwischen den Gehirnanaren für den Kontrast „Moral > Mathe“. Die statistisch signifikanten Korrelationen sind gelb markiert, Geschlecht = weiblich, n = 22. Abkürzungen: Li = linke(r), Re = rechte(r), a = anterior, p = posterior.**

**Korrelationen (Spearman-Rho), weiblich, n = 22**

		ReSTSa	LiSTSa	ReSTSp	LiSTSp	ReTPJ	LiTPJ	MFC	rMOFC	pCC	mCC
ReSTSa	Korrelationskoeffizient	1,000	,661**	,347	,345	,146	,335	,435*	,329	,518*	,283
	Sig. (2-seitig)	.	,001	,113	,116	,516	,128	,043	,135	,014	,202
	N	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
LiSTSa	Korrelationskoeffizient	,661**	1,000	,325	,464*	,186	,356	,588*	,334	,562**	,538**
	Sig. (2-seitig)	,001	.	,140	,030	,408	,104	,004	,129	,007	,010
	N	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
ReSTSp	Korrelationskoeffizient	,347	,325	1,000	,328	-,058	,066	,338	,123	,206	,345
	Sig. (2-seitig)	,113	,140	.	,136	,797	,770	,124	,587	,357	,116
	N	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
LiSTSp	Korrelationskoeffizient	,345	,464*	,328	1,000	,351	,420	,405	,174	,608**	,431*
	Sig. (2-seitig)	,116	,030	,136	.	,110	,052	,062	,437	,003	,045
	N	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
ReTPJ	Korrelationskoeffizient	,146	,186	-,058	,351	1,000	,444*	,071	,047	,581**	-,102
	Sig. (2-seitig)	,516	,408	,797	,110	.	,038	,755	,836	,005	,651
	N	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
LiTPJ	Korrelationskoeffizient	,335	,356	,066	,420	,444*	1,000	,443*	,311	,433*	,513*
	Sig. (2-seitig)	,128	,104	,770	,052	,038	.	,039	,159	,044	,015
	N	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
MFC	Korrelationskoeffizient	,435*	,588**	,338	,405	-,071	,443*	1,000	,680**	,504*	,416
	Sig. (2-seitig)	,043	,004	,124	,062	,755	,039	.	,000	,017	,054
	N	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
rMOFC	Korrelationskoeffizient	,329	,334	,123	,174	,047	,311	,680*	1,000	,482*	,129
	Sig. (2-seitig)	,135	,129	,587	,437	,836	,159	,000	.	,023	,566
	N	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
pCC	Korrelationskoeffizient	,518*	,562**	,206	,608**	,581**	,433*	,504*	,482*	1,000	,133
	Sig. (2-seitig)	,014	,007	,357	,003	,005	,044	,017	,023	.	,556
	N	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
mCC	Korrelationskoeffizient	,283	,538**	,345	,431*	-,102	,513*	,416	,129	,133	1,000
	Sig. (2-seitig)	,202	,010	,116	,045	,651	,015	,054	,566	,556	.
	N	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22

\*\* . Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig).

\* . Die Korrelation ist auf dem 0,05 Niveau signifikant (zweiseitig).

Für die 22 männlichen Probanden ergaben sich vier signifikante Korrelationen zwischen den moralisch-assoziierten Gehirnarealen (siehe Tabelle 7). Dabei handelte es sich um Korrelationen zwischen dem frontalen Kortex und dem STS bzw. zwischen STS und TPJ. Mit dem rechten anterioren STS korrelierten die rechte TPJ ( $p < 0,05$ ) sowie der rMOFC ( $p < 0,05$ ) signifikant positiv. Der MFC korrelierte signifikant positiv mit dem linken anterioren STS ( $p < 0,05$ ) und dem linken posterioren STS ( $p < 0,05$ ).

**Tabelle 7: Korrelationen zwischen den Gehirnarealen für den Kontrast „Moral > Mathe“. Die statistisch signifikanten Korrelationen sind gelb markiert, Geschlecht = männlich, n = 22. Abkürzungen: Li = linke(r), Re = rechte(r), a = anterior, p = posterior.**

		Korrelationen (Spearman-Rho), männlich, n = 22									
		ReSTSa	LiSTSa	ReSTSp	LiSTSp	ReTPJ	LiTPJ	MFC	rMOFC	pCC	mCC
ReSTSa	Korrelationskoeffizient	1,000	,162	,100	,107	,457*	,099	-,065	,470*	,128	-,116
	Sig. (2-seitig)	.	,471	,658	,636	,033	,662	,774	,027	,570	,608
	N	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
LiSTSa	Korrelationskoeffizient	,162	1,000	,128	,179	,194	,067	,505*	,255	,152	,073
	Sig. (2-seitig)	,471	.	,570	,425	,388	,766	,016	,253	,500	,747
	N	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
ReSTSp	Korrelationskoeffizient	,100	,128	1,000	,184	,197	,012	,074	,336	-,207	,270
	Sig. (2-seitig)	,658	,570	.	,414	,379	,958	,744	,126	,355	,223
	N	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
LiSTSp	Korrelationskoeffizient	,107	,179	,184	1,000	-,074	,102	,436*	,054	,268	-,072
	Sig. (2-seitig)	,636	,425	,414	.	,744	,651	,042	,813	,227	,751
	N	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
ReTPJ	Korrelationskoeffizient	,457*	,194	,197	-,074	1,000	,124	-,231	,050	,154	-,348
	Sig. (2-seitig)	,033	,388	,379	,744	.	,584	,301	,824	,493	,112
	N	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
LiTPJ	Korrelationskoeffizient	,099	,067	,012	,102	,124	1,000	,186	-,039	,275	-,233
	Sig. (2-seitig)	,662	,766	,958	,651	,584	.	,408	,863	,216	,296
	N	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
MFC	Korrelationskoeffizient	-,065	,505*	,074	,436*	-,231	,186	1,000	,278	,307	,308
	Sig. (2-seitig)	,774	,016	,744	,042	,301	,408	.	,210	,165	,164
	N	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
rMOFC	Korrelationskoeffizient	,470*	,255	,336	,054	,050	-,039	,278	1,000	,232	,212
	Sig. (2-seitig)	,027	,253	,126	,813	,824	,863	,210	.	,299	,344
	N	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
pCC	Korrelationskoeffizient	,128	,152	-,207	,268	,154	,275	,307	,232	1,000	-,034
	Sig. (2-seitig)	,570	,500	,355	,227	,493	,216	,165	,299	.	,879
	N	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
mCC	Korrelationskoeffizient	-,116	,073	,270	-,072	-,348	-,233	,308	,212	-,034	1,000
	Sig. (2-seitig)	,608	,747	,223	,751	,112	,296	,164	,344	,879	.
	N	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22

\*. Die Korrelation ist auf dem 0,05 Niveau signifikant (zweiseitig).

Bezüglich der prozentualen Änderung der Aktivierungsstärke der Gehirnareale zeigten sich ebenfalls geschlechtsspezifische Unterschiede, u.a. für den MFC und die linke TPJ (siehe Abbildung 6).

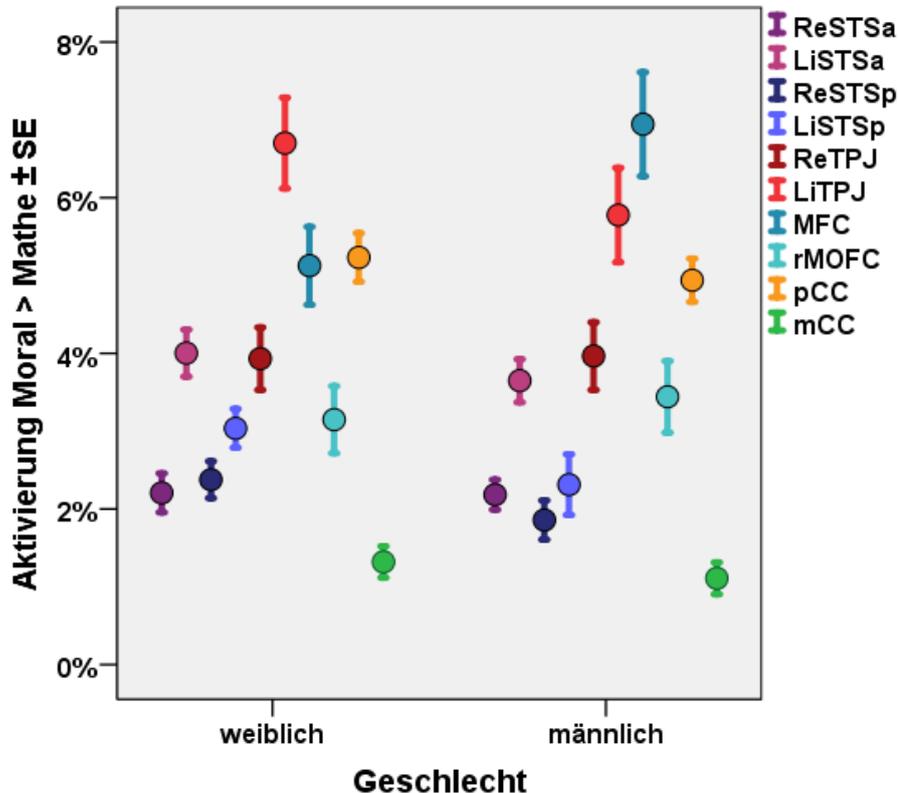


Abbildung 6: Prozentuale Änderung der Aktivierungsstärke der Gehirnareale. Geschlechtsspezifische Unterschiede stellten sich u.a. für den MFC und die linke TPJ dar, n = 38. Abkürzungen: Li = linke(r), Re = rechte(r), a = anterior, p = posterior.

Der MFC wurde durch die männlichen Studienteilnehmer bei der Beantwortung der moralischen Fragen stärker aktiviert (6,94 % ± SE) als durch die weiblichen Probanden (5,13 % ± SE). Dagegen wurde bei diesen die linke TPJ (6,70 % ± SE) stärker aktiviert als bei den männlichen (5,78 % ± SE). Daneben aktivierten die weiblichen Probanden den linken posterioren STS stärker (3,04 % ± SE) als die männlichen Probanden (2,31 % ± SE). Dieser Unterschied zwischen den Geschlechtern ergab sich ebenso für den rechten posterioren STS, wobei Frauen diesen stärker aktivierten (2,38 % ± SE) als Männer (1,86 % ± SE). Bei den anderen Gehirnarealen ließen sich keine nennenswerten Unterschiede der Aktivierungsstärken feststellen.

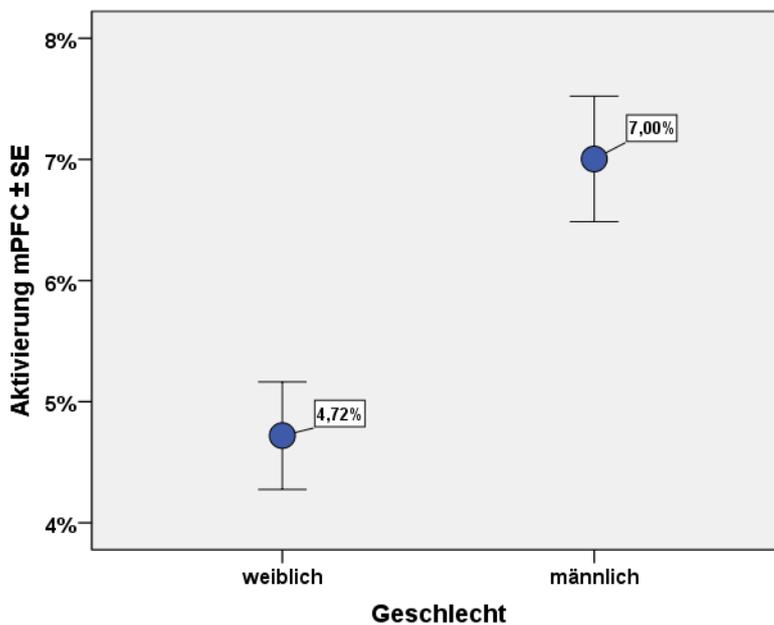
Die oben dargestellte geschlechtsspezifische Aktivierungsstärke des MFC wurde durch die Analyse der fMRT-Daten der insgesamt 54 Probanden untermauert (siehe nachfolgende Tabelle 8). Dabei zeigte der Mann-Whitney-U-Test für den mPFC eine Geschlechterdivergenz in der Akti-

vierungsstärke (Mann-Whitney-U = 182;  $p < 0,01$ ). Der rMOFC wies in der gegebenen Stichprobengröße lediglich einen Trend bezüglich einer möglichen Geschlechterdivergenz auf.

**Tabelle 8: Mann-Whitney-U-Test zu den geschlechtsspezifischen Unterschieden aus dem Kontrast „Moral > Mathe“, n = 54.**

	ReSTSa	LISTSa	ReSTSp	LISTSp	ReTPJ	LITPJ	MFC	rMOFC	pCC	mCC
Mann-Whitney-U	306,000	350,000	299,000	296,000	315,000	339,000	182,000	253,000	336,000	271,000
Wilcoxon-W	834,000	603,000	552,000	549,000	843,000	867,000	710,000	781,000	589,000	524,000
Z	-,810	-,035	-,933	-,986	-,651	-,229	-,2993	-,1743	-,282	-,1426
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,418	,972	,351	,324	,515	,819	,003	,081	,778	,154

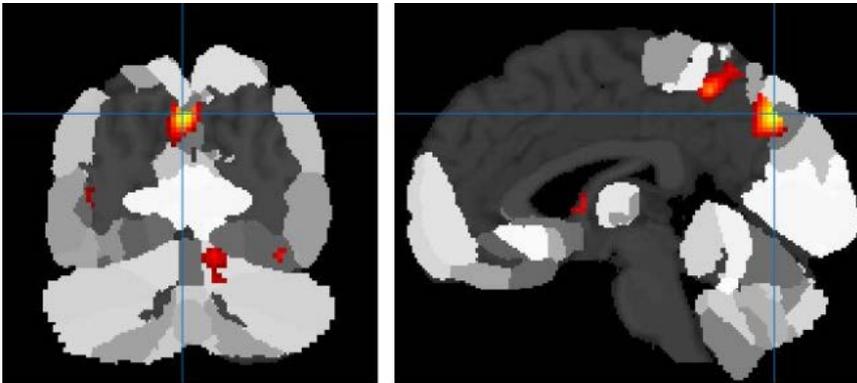
Abbildung 7 veranschaulicht die prozentuale Änderung der Aktivierungsstärke des mPFC bei den 54 Probanden. Die prozentuale Änderung der Aktivierungsstärke dieses Areals lag bei den männlichen Probanden bei 7,00 %  $\pm$  SE, bei den weiblichen dagegen bei 4,72 %  $\pm$  SE.



**Abbildung 7: Prozentuale Änderung der Aktivierungsstärke des mPFC. Bei den männlichen Probanden zeigte sich eine verstärkte Aktivierung des mPFC gegenüber den weiblichen Probanden, n = 54.**

Eine geschlechtsspezifische Aktivierung konnte für den Gyrus lingualis bei der Beantwortung der moralischen Fragestellungen gezeigt werden. Demnach wurde der Gyrus lingualis bei den weiblichen Studienteilnehmern während der moralischen Fragestellungen aktiviert, bei den männlichen Studienteilnehmern erfolgte hingegen keine Aktivierung in diesem Areal.

Für den Precuneus konnte ebenso eine geschlechtsspezifische Aktivierung bei der moralischen Entscheidungsfindung dargestellt werden, der bei den weiblichen Probanden aktiviert wurde (siehe Abbildung 8).



**Abbildung 8: Aktivierung des Precuneus bei weiblichen Probanden, Kontrast „Moral > Mathe“, „Frauen (n = 32) > Männer (n = 22)“; Cluster 2, Maximum 1 (690 vox): MNI (-2/-74/+40), T = + 4.11.**

Eine Analyse der Abhängigkeit der an moralischer Entscheidungsfindung beteiligten Gehirnareale vom Alter der Probanden ergab mehrere signifikante negative Korrelationen (siehe nachfolgende Tabelle 9). Bei dem bilateralen anterioren STS zeigte sich eine negative Korrelation mit dem Alter der Probanden. Demnach aktivierten jüngere Probanden den rechten anterioren STS ( $p < 0,05$ ) und den linken anterioren STS ( $p < 0,01$ ) stärker. Weitere negative Korrelationen mit dem Alter ergaben sich für den rechten posterioren STS ( $p < 0,01$ ), den linken posterioren STS ( $p < 0,05$ ) und den rMOFC ( $p < 0,05$ ).

Tabelle 9: Korrelationen zwischen den moralisch-assoziierten Gehirnarealen und dem Alter. Die statistisch signifikanten Korrelationen sind gelb markiert, n = 54.

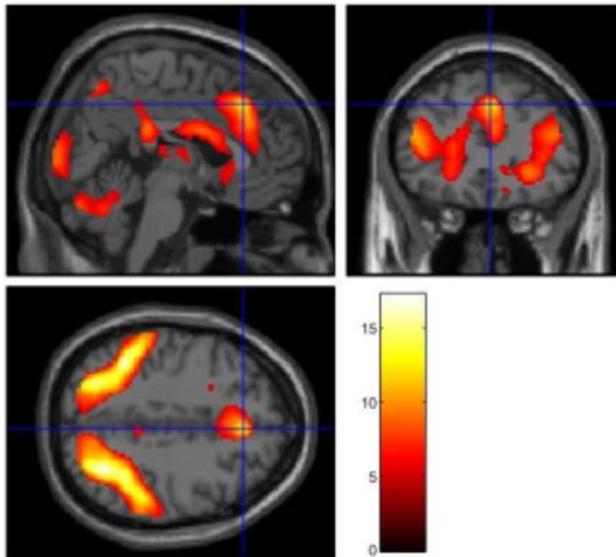
		Korrelationen (Spearman-Rho)										
		ReSTSa	LiSTSa	ReSTSp	LiSTSp	ReTPJ	LiTPJ	MFC	rMOFC	pCC	mCC	Alter
ReSTSa	Korrelationskoeffizient	1,000	,493*	,154	,245	,289	,268	,189	,495**	,342	,116	-,335*
	Sig. (2-seitig)	.	,000	,265	,074	,034	,050	,170	,000	,011	,405	,013
	N	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54
LiSTSa	Korrelationskoeffizient	,493**	1,000	,187	,468**	,148	,369**	,419**	,354**	,393**	,314*	-,414**
	Sig. (2-seitig)	,000	.	,176	,000	,286	,006	,002	,009	,003	,021	,002
	N	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54
ReSTSp	Korrelationskoeffizient	,154	,187	1,000	,179	,060	,011	,133	,150	,170	,160	-,380**
	Sig. (2-seitig)	,265	,176	.	,196	,669	,938	,339	,278	,218	,247	,005
	N	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54
LiSTSp	Korrelationskoeffizient	,245	,468**	,179	1,000	,128	,431**	,288*	,226	,441**	,216	-,285*
	Sig. (2-seitig)	,074	,000	,196	.	,357	,001	,035	,101	,001	,117	,037
	N	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54
ReTPJ	Korrelationskoeffizient	,289	,148	,060	,128	1,000	,256	-,027	,143	,355**	-,142	-,086
	Sig. (2-seitig)	,034	,286	,669	,357	.	,061	,845	,304	,008	,306	,538
	N	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54
LiTPJ	Korrelationskoeffizient	,268	,369**	,011	,431**	,256	1,000	,274*	,300*	,395**	,141	-,146
	Sig. (2-seitig)	,050	,006	,938	,001	,061	.	,045	,027	,003	,310	,291
	N	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54
MFC	Korrelationskoeffizient	,189	,419**	,133	,288*	-,027	,274*	1,000	,491**	,364**	,281*	-,076
	Sig. (2-seitig)	,170	,002	,339	,035	,845	,045	.	,000	,007	,040	,585
	N	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54
rMOFC	Korrelationskoeffizient	,495**	,354**	,150	,226	,143	,300*	,491**	1,000	,412**	,180	-,340*
	Sig. (2-seitig)	,000	,009	,278	,101	,304	,027	,000	.	,002	,193	,012
	N	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54
pCC	Korrelationskoeffizient	,342	,393**	,170	,441**	,355**	,395**	,364**	,412**	1,000	,014	-,195
	Sig. (2-seitig)	,011	,003	,218	,001	,008	,003	,007	,002	.	,919	,157
	N	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54
mCC	Korrelationskoeffizient	,116	,314*	,160	,216	-,142	,141	,281*	,180	,014	1,000	-,250
	Sig. (2-seitig)	,405	,021	,247	,117	,306	,310	,040	,193	,919	.	,069
	N	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54
Alter	Korrelationskoeffizient	-,335*	-,414**	-,380**	-,285*	-,086	-,146	-,076	-,340*	-,195	-,250	1,000
	Sig. (2-seitig)	,013	,002	,005	,037	,538	,291	,585	,012	,157	,069	.
	N	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54

\*\* Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig).

\* Die Korrelation ist auf dem 0,05 Niveau signifikant (zweiseitig).

## 4.2 Ergebnisse aus dem MRT-Kontrast „Mathe > Moral“

Bei der Beantwortung der mathematischen Fragestellungen konnte für die 54 Probanden eine Aktivierung des bilateralen IPS, des bilateralen Broca-Areals, der VWFA und des rechten Gyrus fusiformis gezeigt werden (siehe Abbildung 9).



**Abbildung 9:** Schnittebenendarstellung der Gehirnaktivität für den Kontrast „Mathe > Moral“. Aktivierungen zeigten sich v.a. im bilateralen IPS sowie im Frontalkortex. Height threshold  $T = 5.09$  ( $p < 0,05$  (FWE)), extent threshold  $k = 50$  voxels,  $n = 54$ .

Für die Darstellung von geschlechtsspezifischen Unterschieden bei den mathematischen Fragestellungen wurden die Ergebnisse von 22 weiblichen und 22 männlichen Probanden analog zur Vorgehensweise bei den moralisch-assoziierten Arealen gegenübergestellt.

Für die 22 weiblichen Probanden ergaben sich zwei signifikante Korrelationen zwischen den Arealen, die mit mathematischer bzw. kognitiver Leistung in Verbindung gebracht werden können (siehe nachfolgende Tabelle 10). Zum einen korrelierte die VWFA signifikant positiv mit dem linken IPS ( $p < 0,05$ ). Zum anderen zeigte sich eine signifikant positive Korrelation des rechten Gyrus fusiformis und der VWFA ( $p < 0,05$ ).

**Tabelle 10: Korrelationen zwischen den mathematisch-assozierten Arealen, Geschlecht = weiblich, n = 22.**  
**Abkürzungen: Li = linke(r), Re = rechte(r), FG = Gyrus fusiformis.**

**Korrelationen (Spearman-Rho), weiblich, n = 22**

		ReIPS	LiIPS	LiBroca	ReBroca	VWFA	ReFG
ReIPS	Korrelationskoeffizient	1,000	,067	-,158	,199	-,260	-,311
	Sig. (2-seitig)	.	,766	,484	,374	,242	,159
	N	22	22	22	22	22	22
LiIPS	Korrelationskoeffizient	,067	1,000	,301	,090	,460	,069
	Sig. (2-seitig)	,766	.	,174	,691	,031	,759
	N	22	22	22	22	22	22
LiBroca	Korrelationskoeffizient	-,158	,301	1,000	,401	,259	,164
	Sig. (2-seitig)	,484	,174	.	,064	,244	,465
	N	22	22	22	22	22	22
ReBroca	Korrelationskoeffizient	,199	,090	,401	1,000	,244	,139
	Sig. (2-seitig)	,374	,691	,064	.	,273	,536
	N	22	22	22	22	22	22
VWFA	Korrelationskoeffizient	-,260	,460	,259	,244	1,000	,470
	Sig. (2-seitig)	,242	,031	,244	,273	.	,027
	N	22	22	22	22	22	22
ReFG	Korrelationskoeffizient	-,311	,069	,164	,139	,470	1,000
	Sig. (2-seitig)	,159	,759	,465	,536	,027	.
	N	22	22	22	22	22	22

\*. Die Korrelation ist auf dem 0,05 Niveau signifikant (zweiseitig).

Für die 22 männlichen Probanden werden in nachfolgender Tabelle 11 die Korrelationen der mathematisch-assozierten Gehirnareale dargestellt. Es korrelierten das rechte und linke Broca-Areal signifikant positiv ( $p < 0,05$ ). Die VWFA korrelierte signifikant positiv sowohl mit dem linken Broca-Areal ( $p < 0,05$ ) als auch dem rechten Broca-Areal ( $p < 0,01$ ) sowie dem linken IPS ( $p < 0,01$ ). Der rechte Gyrus fusiformis korrelierte signifikant positiv mit dem rechten IPS ( $p < 0,01$ ) und linken IPS ( $p < 0,05$ ) sowie dem rechten Broca-Areal ( $p < 0,05$ ) und der VWFA ( $p < 0,01$ ).

**Tabelle 11: Korrelationen zwischen den mathematisch-assoziierten Arealen, Geschlecht = männlich, n = 22.**  
**Abkürzungen: Li = linke(r), Re = rechte(r), FG = Gyrus fusiformis.**

**Korrelationen (Spearman-Rho), männlich, n = 22**

		ReIPS	LiIPS	LiBroca	ReBroca	VWFA	ReFG
ReIPS	Korrelationskoeffizient	1,000	,322	,248	,229	,286	,549**
	Sig. (2-seitig)	.	,143	,266	,306	,196	,008
	N	22	22	22	22	22	22
LiIPS	Korrelationskoeffizient	,322	1,000	,369	,422	,579**	,518*
	Sig. (2-seitig)	,143	.	,091	,051	,005	,014
	N	22	22	22	22	22	22
LiBroca	Korrelationskoeffizient	,248	,369	1,000	,439	,439	,234
	Sig. (2-seitig)	,266	,091	.	,041	,041	,294
	N	22	22	22	22	22	22
ReBroca	Korrelationskoeffizient	,229	,422	,439	1,000	,606**	,456*
	Sig. (2-seitig)	,306	,051	,041	.	,003	,033
	N	22	22	22	22	22	22
VWFA	Korrelationskoeffizient	,286	,579**	,439	,606**	1,000	,604**
	Sig. (2-seitig)	,196	,005	,041	,003	.	,003
	N	22	22	22	22	22	22
ReFG	Korrelationskoeffizient	,549**	,518*	,234	,456*	,604**	1,000
	Sig. (2-seitig)	,008	,014	,294	,033	,003	.
	N	22	22	22	22	22	22

\*\* . Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig).

\* . Die Korrelation ist auf dem 0,05 Niveau signifikant (zweiseitig).

Die mathematisch-assoziierten Gehirnareale wurden auf eine Geschlechtsabhängigkeit untersucht (siehe Tabelle 12). Dabei ergab sich eine signifikante Korrelation zwischen rechtem IPS und dem männlichen Geschlecht ( $p < 0,01$ ).

**Tabelle 12: Korrelationen zwischen den mathematisch-assoziierten Gehirnarealen und dem Geschlecht. Statistisch signifikante Korrelationen sind gelb markiert, n = 54.**

Abkürzungen: Li = linke(r), Re = rechte(r), FG = Gyrus fusiformis.

		Korrelationen						
		ReIPS	LiIPS	LiBroca	ReBroca	VWFA	ReFG	Geschlecht
ReIPS	Korrelationskoeffizient	1,000	,286*	,187	,398**	,041	,205	,392**
	Sig. (2-seitig)	.	,036	,176	,003	,767	,136	,003
	N	54	54	54	54	54	54	54
LiIPS	Korrelationskoeffizient	,286*	1,000	,393**	,375**	,377**	,242	,068
	Sig. (2-seitig)	,036	.	,003	,005	,005	,078	,627
	N	54	54	54	54	54	54	54
LiBroca	Korrelationskoeffizient	,187	,393**	1,000	,538**	,199	,182	,106
	Sig. (2-seitig)	,176	,003	.	,000	,150	,187	,444
	N	54	54	54	54	54	54	54
ReBroca	Korrelationskoeffizient	,398**	,375**	,538**	1,000	,299	,266	,208
	Sig. (2-seitig)	,003	,005	,000	.	,028	,052	,131
	N	54	54	54	54	54	54	54
VWFA	Korrelationskoeffizient	,041	,377**	,199	,299	1,000	,343	-,060
	Sig. (2-seitig)	,767	,005	,150	,028	.	,011	,664
	N	54	54	54	54	54	54	54
ReFG	Korrelationskoeffizient	,205	,242	,182	,266	,343	1,000	,259
	Sig. (2-seitig)	,136	,078	,187	,052	,011	.	,059
	N	54	54	54	54	54	54	54
Geschlecht	Korrelationskoeffizient	,392**	,068	,106	,208	-,060	,259	1,000
	Sig. (2-seitig)	,003	,627	,444	,131	,664	,059	.
	N	54	54	54	54	54	54	54

\*. Die Korrelation ist auf dem 0,05 Niveau signifikant (zweiseitig).

\*\* . Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig).

### 4.3 Ergebnisse aus dem Fragebogen zur Erfassung von Empathie, Prosozialität, Aggressionslegitimation und Aggressionshemmung für Erwachsene

Der Auswertung der zwei aggregierten Variablen Empathie und Prosozialität lagen die Fragebogenwerte des FEPAE der 22 weiblichen und 16 männlichen Teilnehmer der Hauptstudie zugrunde. Die Ergebnisse der 38 Probanden aus dem FEPAE sind als Datentabelle in den Anlagen dargestellt (siehe Anlage A.6).

Nachfolgende Tabelle 13 veranschaulicht die Korrelationen zwischen den zwei FEPAE-Scores Prosozialität und Empathie. Zum einen zeigte sich eine statistisch signifikante positive Korrelation der Variablen Prosozialität und Empathie ( $p < 0,01$ ). Zum anderen ergab sich eine Korrelation der Prosozialität mit dem weiblichen Geschlecht, das hierfür parametrisiert wurde ( $p < 0,01$ ). Weder für den Prosozialitäts-Score noch für den Empathie-Score bestand eine Korrelation mit dem Alter der Probanden.

**Tabelle 13: Korrelationen zwischen Empathie- und Prosozialitäts-Score des FEPAE sowie Alter und Geschlecht. Statistisch signifikante Korrelationen sind gelb markiert,  $n = 38$ .**

		Korrelationen (Spearman-Rho)			
		Prosozialitäts-Score	Empathie-Score	Alter	Geschlecht
Prosozialitäts-Score	Korrelations-koeffizient	1,000	,509**	-,087	-,457**
	Sig. (2-seitig)	.	,001	,605	,004
	N	38	38	38	38
Empathie-Score	Korrelations-koeffizient	,509**	1,000	-,060	-,209
	Sig. (2-seitig)	,001	.	,721	,208
	N	38	38	38	38
Alter	Korrelations-koeffizient	-,087	-,060	1,000	,306
	Sig. (2-seitig)	,605	,721	.	,062
	N	38	38	38	38
Geschlecht	Korrelations-koeffizient	-,457**	-,209	,306	1,000
	Sig. (2-seitig)	,004	,208	,062	.
	N	38	38	38	38

\*\* . Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig).

Signifikante Unterschiede zwischen Männern und Frauen zeigten sich bezüglich der Variable Prosozialität (Mann-Whitney-U = 84,5;  $p < 0,01$ ) (siehe Tabelle 14). Der Empathie-Score unterschied sich nicht signifikant zwischen den Geschlechtern (Mann-Whitney-U = 133,5;  $p > 0,2$ ).

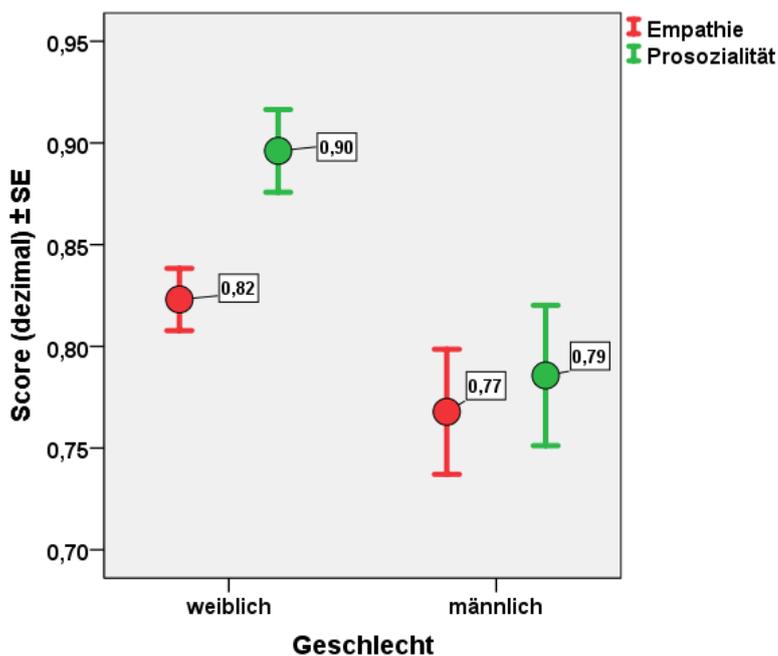
**Tabelle 14: Mann-Whitney-U-Test für den Empathie- und Prosozialitäts-Score in Abhängigkeit vom Geschlecht. Statistisch signifikante Korrelationen sind gelb markiert, n = 38.**

	Empathie-Score	Prosozialitäts-Score
Mann-Whitney-U	133,500	84,500
Wilcoxon-W	269,500	220,500
Z	-1,272	-2,780
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,203	,005
Exakte Signifikanz [2*(1-seitige Sig.)]	,212 <sup>b</sup>	,006 <sup>b</sup>

a. Gruppenvariable: Geschlecht

b. Nicht für Bindungen korrigiert.

Diese Analyse wurde durch die Visualisierung der Mittelwerte der Variablen Empathie und Prosozialität, getrennt nach weiblichen und männlichen Probanden, in Abbildung 10 untermauert. Der Mittelwert des Empathie-Scores lag bei den weiblichen Probanden bei  $0,82 \pm SE$ , bei den männlichen Probanden bei  $0,77 \pm SE$ . Dagegen erzielten die weiblichen Probanden einen höheren Prosozialitäts-Score ( $0,90 \pm SE$ ) als die männlichen ( $0,79 \pm SE$ ).



**Abbildung 10: Visualisierung der Mittelwerte des Empathie- und Prosozialitäts-Scores nach dem Geschlecht, n = 38.**

#### 4.4 Ergebnisse aus dem Interpersonalen Aktivitätsindex

Der IRI differenziert nach den vier Dimensionen Fantasie, Perspektivübernahme, empathische Besorgnis und persönlicher Distress. Die Einzelergebnisse der 38 Probanden sind als Datentabelle in den Anlagen (siehe Anlage A.7) aufgelistet.

Die Auswertung der Ergebnisse lieferte drei statistisch signifikante Korrelationen, die in nachfolgender Tabelle 15 dargestellt sind. Es stellte sich eine signifikant positive Korrelation zwischen den Dimensionen der Perspektivübernahme und der empathischen Besorgnis heraus ( $p < 0,01$ ). Persönlicher Distress korrelierte mit dem weiblichen Geschlecht ( $p < 0,05$ ) und negativ mit dem Alter ( $p < 0,05$ ). Für die Dimensionen Fantasie, Perspektivübernahme und empathische Besorgnis zeigten sich keine altersabhängigen oder geschlechtsspezifischen Korrelationen.

**Tabelle 15: Korrelationen zwischen den vier Dimensionen des IRI sowie dem Alter und Geschlecht. Statistisch signifikante Korrelationen sind gelb markiert, n = 38.**

		Korrelationen (Spearman-Rho)					
		Fantasie	Perspektivübernahme	Empathische Besorgnis	Distress	Alter	Geschlecht
Fantasie	Korrelationskoeffizient	1,000	,034	,039	,197	,019	-,051
	Sig. (2-seitig)	.	,841	,814	,236	,909	,760
	N	38	38	38	38	38	38
Perspektivübernahme	Korrelationskoeffizient	,034	1,000	,598**	-,112	-,094	-,146
	Sig. (2-seitig)	,841	.	,000	,503	,575	,381
	N	38	38	38	38	38	38
Empathische Besorgnis	Korrelationskoeffizient	,039	,598**	1,000	,044	-,077	-,173
	Sig. (2-seitig)	,814	,000	.	,792	,645	,298
	N	38	38	38	38	38	38
Distress	Korrelationskoeffizient	,197	-,112	,044	1,000	-,375*	-,328*
	Sig. (2-seitig)	,236	,503	,792	.	,020	,045
	N	38	38	38	38	38	38
Alter	Korrelationskoeffizient	,019	-,094	-,077	-,375*	1,000	,306
	Sig. (2-seitig)	,909	,575	,645	,020	.	,062
	N	38	38	38	38	38	38
Geschlecht	Korrelationskoeffizient	-,051	-,146	-,173	-,328*	,306	1,000
	Sig. (2-seitig)	,760	,381	,298	,045	,062	.
	N	38	38	38	38	38	38

\*\* . Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig).

\* . Die Korrelation ist auf dem 0,05 Niveau signifikant (zweiseitig).

#### 4.5 Korrelationen zwischen den zwei Fragebögen

Die Korrelationen zwischen den zwei Fragebögen sind in nachfolgender Tabelle 16 dargestellt. Die Empathie-Skala des IRI korrelierte signifikant positiv sowohl mit dem Empathie-Score des FEPAE-E ( $p < 0,05$ ) als auch mit dem Prosozialitäts-Score ( $p < 0,05$ ). Des Weiteren korrelierte der Empathie-Score des FEPAE-E mit der Fantasie-Skala des IRI signifikant positiv ( $p < 0,01$ ). Zudem zeigte sich eine positive Korrelation der Distress-Skala des IRI und des Prosozialitäts-Scores des FEPAE-E ( $p < 0,05$ ). Die signifikanten Korrelationen innerhalb der einzelnen Fragebögen sind bereits in den vorherigen Tabellen 13 und 15 erläutert.

**Tabelle 16: Gesamtübersicht über die signifikanten Korrelationen (gelb markiert) zwischen den Fragebögen FEPAE-E und IRI, n = 38.**

**Korrelationen (Spearman-Rho)**

		Fantasie	Perspektivübernahme	Empathische Besorgnis	Distress	FEPAE-E Empathie	FEPAE-E Prosozialität
Fantasie	Korrelationskoeffizient	1,000	,034	,039	,197	,440**	,228
	Sig. (2-seitig)	.	,841	,814	,236	,006	,168
	N	38	38	38	38	38	38
Perspektivübernahme	Korrelationskoeffizient	,034	1,000	,598**	-,112	,174	,255
	Sig. (2-seitig)	,841	.	,000	,503	,297	,122
	N	38	38	38	38	38	38
Empathische Besorgnis	Korrelationskoeffizient	,039	,598**	1,000	,044	,377*	,400*
	Sig. (2-seitig)	,814	<b>,000</b>	.	,792	,020	,013
	N	38	38	38	38	38	38
Distress	Korrelationskoeffizient	,197	-,112	,044	1,000	,151	,368*
	Sig. (2-seitig)	,236	,503	,792	.	,366	,023
	N	38	38	38	38	38	38
FEPAE-E Empathie	Korrelationskoeffizient	,440**	,174	,377*	,151	1,000	,509**
	Sig. (2-seitig)	<b>,006</b>	,297	<b>,020</b>	,366	.	,001
	N	38	38	38	38	38	38
FEPAE-E Prosozialität	Korrelationskoeffizient	,228	,255	,400*	,368*	,509**	1,000
	Sig. (2-seitig)	,168	,122	<b>,013</b>	<b>,023</b>	<b>,001</b>	.
	N	38	38	38	38	38	38

\*\* . Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig).

\* . Die Korrelation ist auf dem 0,05 Niveau signifikant (zweiseitig).

## 4.6 Zusammenhänge zwischen Fragebogenergebnissen und Gehirnaktivierung

Es konnten Zusammenhänge zwischen der Gehirnaktivierung während der Beantwortung der moralischen Fragestellungen und den Resultaten aus den Fragebögen festgestellt werden.

### 4.6.1 Korrelationen zwischen Gehirnaktivierung und dem Fragebogen zur Erfassung von Empathie, Prosozialität, Aggressionslegitimation und Aggressionshemmung für Erwachsene

Nachfolgende Regressionsanalyse (siehe Abbildung 11) visualisiert für den Kontrast „Moral > Mathe“ den Zusammenhang zwischen der erreichten Punktzahl der Variable Empathie des FE-PAA-E und der prozentualen Änderung der Aktivierungsstärke des linken mPFC bei der Bearbeitung der moralischen Fragestellungen. Dabei stellte sich eine negative Korrelation zwischen der Aktivierung dieses Gehirnareals und dem Empathie-Score dar.

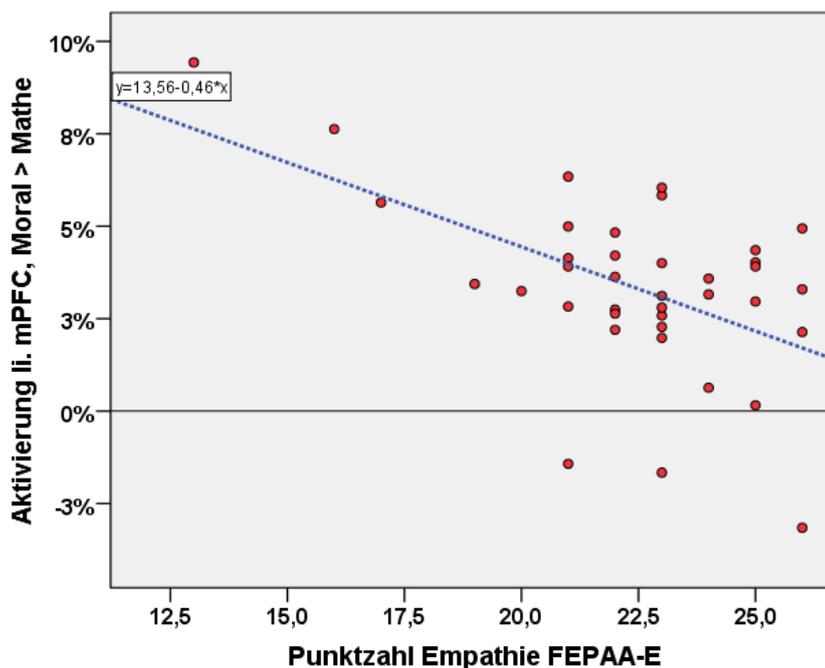


Abbildung 11: Zusammenhang zwischen Empathie-Punktzahl des FE-PAA-E und der prozentualen Änderung der Aktivierungsstärke des linken mPFC bei dem Kontrast „Moral > Mathe“, n = 38.

Für den Gyrus frontalis superior konnte eine Aktivierung für den Kontrast „Moral > Mathe“ dargestellt werden, wenn diese entgegen der Empathie-Skala des FE-PAA-E korreliert wurde (siehe Abbildung 12). Demnach gingen niedrigere Empathiewerte mit einer stärkeren Aktivierung im linken Gyrus frontalis superior einher.

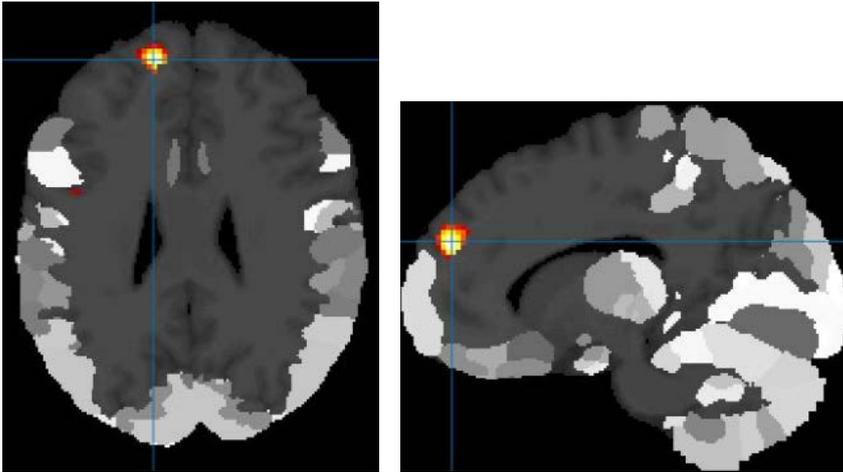
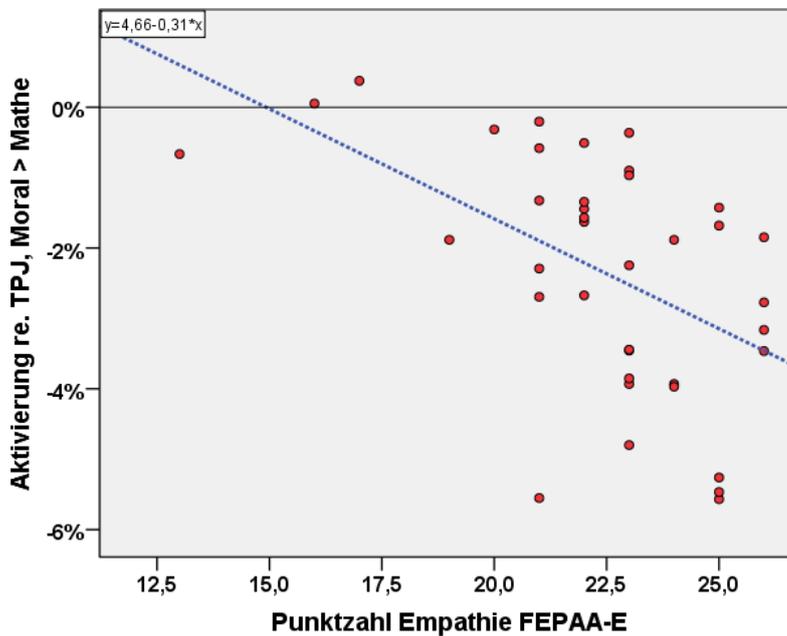
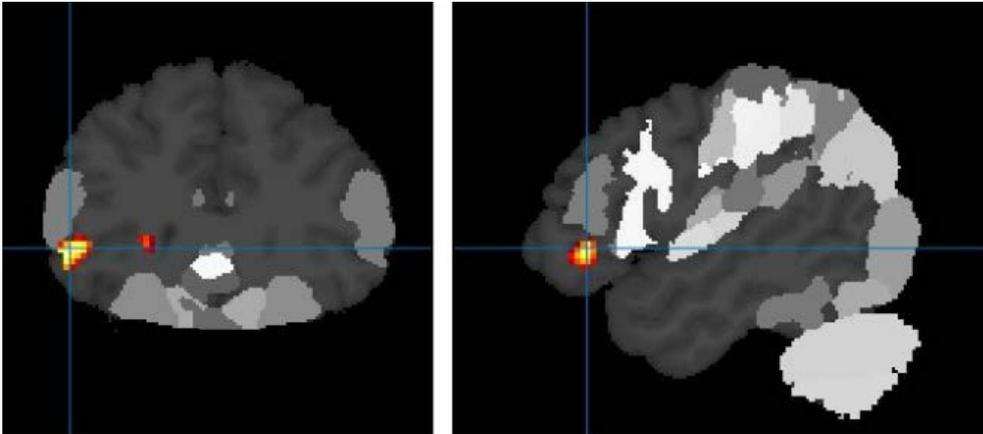


Abbildung 12: Aktivierung im linken Gyrus frontalis superior für den Kontrast „Moral > Mathe“ bei der Korrelation entgegen der Empathie-Skala des FEPAE-E, n = 38; Cluster 2, Maximum 1 (123 vox): MNI (-14/+52/+26), T = + 4.44.

In nachfolgender Abbildung 13 wurde der Zusammenhang zwischen der prozentualen Änderung der Aktivierungsstärke der rechten TPJ für den Kontrast „Moral > Mathe“ und den Empathie-Fragebogenergebnissen des FEPAE-E visualisiert. Dabei stellte sich heraus, dass höhere Empathie-Punktzahlen mit einer größeren prozentualen Abnahme der Aktivierungsstärke der rechten TPJ einhergingen.

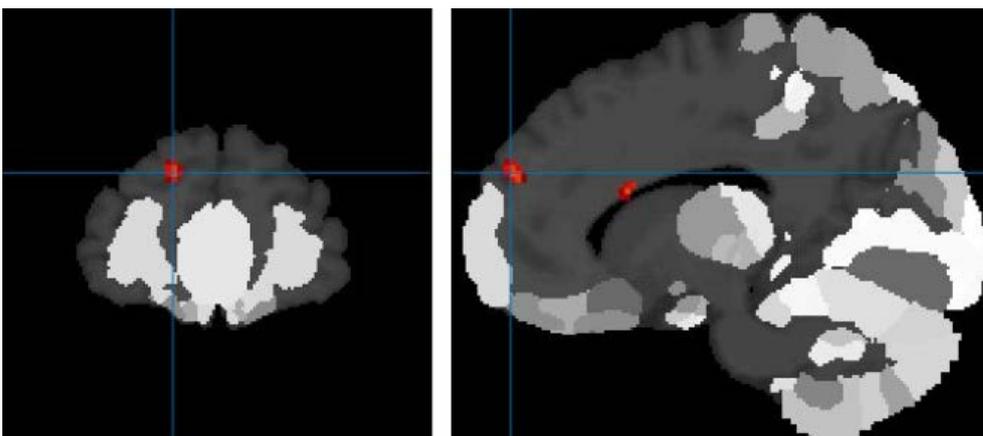


Es ergaben sich ebenso Zusammenhänge zwischen der Variable Prosozialität des FEPA-E und der Gehirnaktivierung (siehe Abbildung 14). Demnach stellte sich für den Kontrast „Moral > Mathe“ bei einer Korrelation entgegen der Prosozialität eine Aktivierung im linken Gyrus frontalis inferior dar. Die Aktivierung in diesem Areal war umso größer, je niedriger die Punktzahl bezüglich der Prosozialität ausfiel.



**Abbildung 14:** Aktivierung im linken Gyrus frontalis inferior für den Kontrast „Moral > Mathe“ bei Korrelation entgegen der Prosozialität, n = 38; Cluster 3, Maximum 1 (84 vox): MNI (-50/+30/-2), T = + 3.84.

Weiterhin konnte, wie bereits für die Korrelation entgegen der Empathie-Skala gezeigt, eine Aktivierung im linken Gyrus frontalis superior für den Kontrast „Moral > Mathe“ bei einer Korrelation entgegen der Prosozialität beschrieben werden (siehe Abbildung 15). Somit gingen niedrigere Prosozialitätswerte mit einer stärkeren Aktivierung im linken Gyrus frontalis superior einher.



**Abbildung 15:** Aktivierung des linken Gyrus fontalis superior für den Kontrast „Moral > Mathe“ bei Korrelation entgegen der Prosozialität, n = 38; Cluster 6, Maximum 1 (24 vox): MNI (-14/+56/+26), T = 3.17.

#### 4.6.2 Korrelationen zwischen Gehirnaktivierung und Interpersonalem Aktivitätsindex

Zusammenhänge zwischen den Fragebogen-Variablen und der Gehirnaktivität konnten auch für den IRI hergestellt werden. Eine Korrelation entgegen der Skala der empathischen Besorgnis zeigte stärkere Aktivität im rechten Gyrus frontalis superior (siehe Abbildung 16) sowie im linken Gyrus frontalis superior (MNI (-26/+32/+34),  $T = + 3.07$ ) und linken Gyrus frontalis medius (MNI (-28/+32/+40),  $T = + 3.06$ ) und ferner im mCC (MNI (+2/-14/+34),  $T = + 3.42$ ).

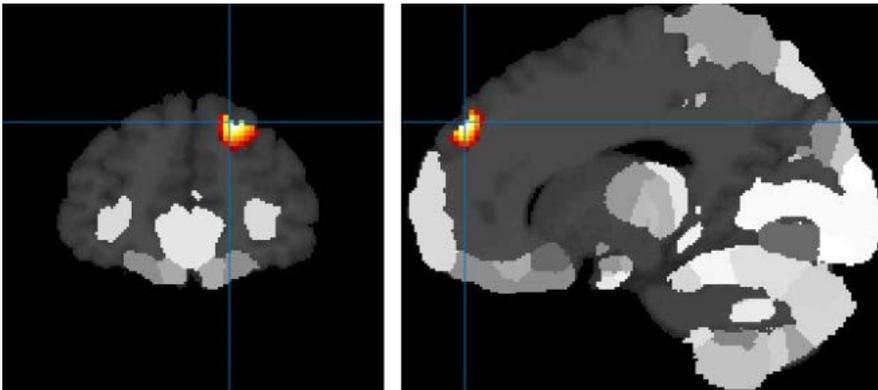


Abbildung 16: Aktivierung des rechten Gyrus frontalis superior bei Korrelation entgegen der Empathie-Skala des IRI, Kontrast „Moral > Mathe“,  $n = 38$ ; Cluster 1, Maximum 1 (154 vox): MNI (+16/+52/+36),  $T = + 4.43$ .

Für den Kontrast „Moral > Mathe“ konnte bei einer Korrelation entgegen der Skala der Perspektivübernahme des IRI eine Mehraktivierung im rechten Gyrus frontalis medius dargestellt werden (siehe Abbildung 17). Demzufolge korrelierten niedrigere Punktzahlen bezüglich der Perspektivübernahme mit stärkerer Aktivierung in diesem Areal.

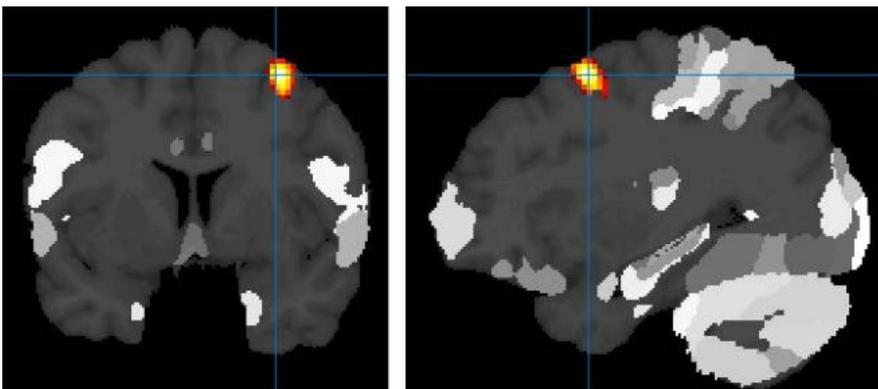
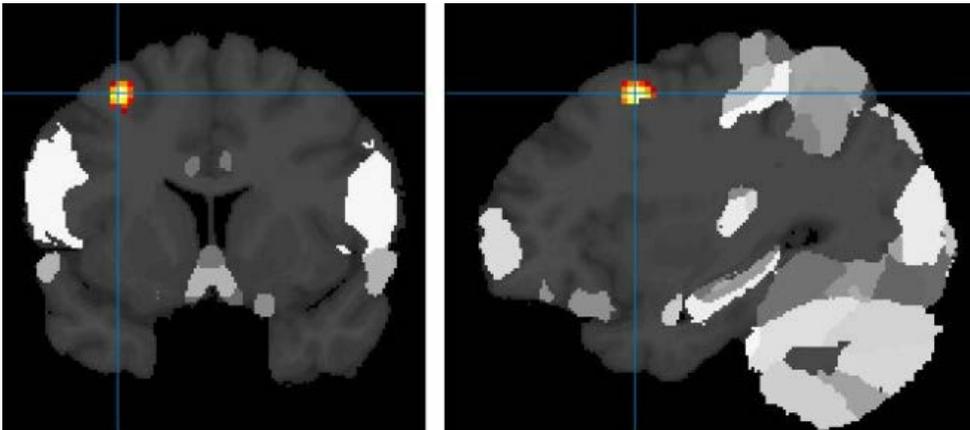


Abbildung 17: Aktivierung im rechten Gyrus frontalis medius bei der Korrelation entgegen der Skala der Perspektivübernahme des IRI, Kontrast „Moral > Mathe“,  $n = 38$ ; Cluster 1, Maximum 1 (147 vox): MNI (+32/+6/+56),  $T = + 4.93$ .

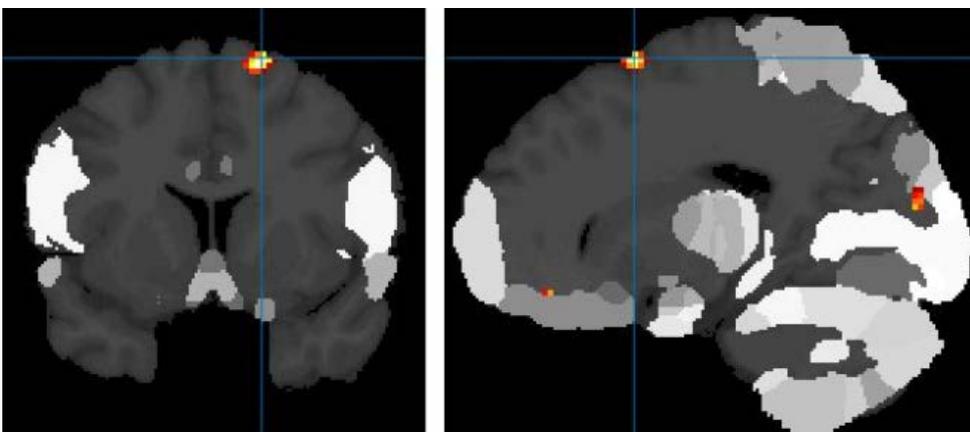
Darüber hinaus konnte bei einer Korrelation entgegen der Perspektiv-Skala eine Aktivierung im rechten Gyrus temporalis medius (MNI (+60/-46/+4),  $T = + 3.74$ ) verzeichnet werden. Demnach gingen niedrigere Perspektivwerte mit einer höheren Aktivität des rechten Gyrus temporalis medius einher.

Für die Fantasie-Skala des IRI konnten ebenso Zusammenhänge mit der Gehirnaktivierung beschrieben werden. Dabei fielen die gleichgerichteten Korrelationen der Fantasie-Skala mit der Aktivierung des linken Gyrus frontalis medius (siehe Abbildung 18), des linken Gyrus frontalis inferior (MNI (-42/+30/+16),  $T = + 3.71$ ) sowie des rechten Precuneus (MNI (+6/-58/+34),  $T = + 3.27$ ) auf.



**Abbildung 18:** Aktivierung des linken Gyrus frontalis medius bei gleichgerichteter Korrelation mit der Fantasie-Skala, Kontrast „Moral > Mathe“,  $n = 38$ ; Cluster 2, Maximum 1 (104 vox): MNI (-32/+10/+52),  $T = + 3.85$ .

Die Distress-Skala zeigte Zusammenhänge zu der Gehirnaktivität bei entgegengesetzter Korrelation auf. Somit konnten für den rechten Gyrus frontalis superior (siehe Abbildung 19) sowie den aCC (MNI (+4/+50/+22),  $T = + 3.33$ ) negative Korrelationen mit dieser Skala dargestellt werden.



**Abbildung 19:** Aktivierung des rechten Gyrus frontalis superior bei Korrelation entgegen der Distress-Skala, Kontrast „Moral > Mathe“,  $n = 38$ ; Cluster 3, Maximum 1 (50 vox): MNI (+18/+10/+66),  $T = + 3.86$ .

## **5. Diskussion**

Diese Studie soll dazu beitragen, die moralische Entscheidungsfindung und die ihr zugrunde liegenden neuronalen Mechanismen besser zu verstehen. Dazu erfolgte eine geschlechterübergreifende Analyse der durch moralische Entscheidungen aktivierten Gehirnareale. Der Fokus lag auf der Untersuchung von möglichen geschlechtsspezifischen Unterschieden bei der Gehirnaktivität während der Bearbeitung von moralischen Fragestellungen. Neben der verwendeten Methodik sollen die Ergebnisse der Studie vor dem Hintergrund der bisherigen Erkenntnisse im Bereich der Moralforschung kritisch betrachtet werden.

### **5.1 Diskussion der Methodik**

Bezüglich der eingesetzten Methodik soll die Auswahl der Studienteilnehmer, die Durchführung der MRT-Untersuchung, die dabei verwendeten MRT-Stimuli sowie die Auswahl der Fragebögen kritisch beleuchtet werden.

#### **5.1.1 Auswahl der Studienteilnehmer**

Für die Teilnahme an dieser Studie konnten insgesamt 38 Probanden gewonnen werden. Der Fokus des Probandenalters wurde auf das junge bis mittlere Erwachsenenalter gelegt. Dabei lag der Anteil der Probanden im Alter zwischen 20 und 30 Jahren bei ca. 79 %. Die Anwerbung der Probanden erfolgte an der Hochschule Kaiserslautern und am Universitätsklinikum des Saarlandes in Homburg, weshalb von einer relativ homogenen Gruppe an Studienteilnehmern auszugehen ist. Vor dem Hintergrund der Untersuchung möglicher geschlechtsspezifischer Unterschiede war es nötig, eine möglichst ausgeglichene Anzahl an männlichen und weiblichen Probanden zu untersuchen. Jedoch zeigten Frauen größeres Interesse an der Studienteilnahme, sodass deren Anteil bei ca. 58 % liegt. Um dieses Missverhältnis zwischen den Geschlechtern auszugleichen, war es bei bestimmten Analysen notwendig, auf die MRT-Daten der männlichen Probanden der Pilotstudie zurückzugreifen. Eine weitere Erfassung von Merkmalen der Studienteilnehmer wie Religiosität oder endokriner Status erfolgte in dieser Studie nicht. Daher konnte kein Rückschluss gezogen werden, inwiefern diese Aspekte moralisches Urteilen beeinflussen könnten.

#### **5.1.2 Bewertung des MRT-Versuchs**

In bisherigen Studien wurde die moralische Entscheidungsfindung häufig anhand von komplexen moralischen Dilemmata wie dem Trolley-Problem untersucht, das jedoch als realitätsfern kritisiert wurde (ANDRADE, 2019). Ebenso wurde die Verwendung von derartigen Dilemmata kritisiert, da diese Extremsituationen beschreiben (KAHANE et al., 2012). Daher wurde in der vorliegenden Studie die Gehirnaktivität bei moralischen Entscheidungen anhand von Alltagssituationen untersucht, die nach Kahane (2015) eine bessere Analyse utilitaristischer Entschei-

dungen ermöglichen (KAHANE, 2015). Dabei handelte es sich im Gegensatz zur Studie von Greene (2001) nicht um komplexe moralische Dilemmata, sondern um einfach geschilderte, alltägliche Situationen, bei denen eine Entscheidung für die moralisch richtige Handlung aus einer Beobachterrolle heraus gefällt werden sollte. Im Unterschied zu vorangegangenen Studien, die beispielsweise moralische, nicht-moralische sowie neutrale Aussagen heranzogen (MOLL et al., 2002), wurden in der vorliegenden Studie textbasierte mathematische Aufgaben als Kontrollbedingung eingesetzt. Im Gegensatz zu einer moralischen Entscheidung, bei der eine Wahl für eine Handlungsalternative sich nicht immer einfach und eindeutig gestaltet, muss es bei einer mathematischen Aufgabe eine rechnerisch richtige Lösung geben.

Eine fMRT-Studie stützt sich darauf, dass die verwendeten MRT-Stimuli ausreichend hohe Signalstärken generieren. Daher wurden die moralischen und mathematischen MRT-Stimuli im Rahmen einer Pilotstudie bereits dahingehend validiert. Die Bedingungen im Kernspintomographen können u.U. eine psychisch belastende Situation für die Studienteilnehmer darstellen. Denn die Enge und Lautstärke während der MRT-Untersuchung und die Notwendigkeit der Bewegungsarmut, um Artefakte zu minimieren, könnten Stress bei den Probanden ausgelöst und dadurch die Ergebnisse beeinflusst haben. Bei der ToM wird angenommen, dass eine Modulation beispielsweise durch Stress möglich ist (BÖCKLER-RAETTIG, 2019).

Im MRT-Versuch wurde nicht dokumentiert, ob sich die Probanden für die richtige Antwort bei der Bearbeitung der moralischen und mathematischen Fragestellungen entschieden haben. Ebenso wurden die Reaktionszeiten nicht gemessen. Die Auswertung der Anzahl an richtig beantworteten Fragen und die Analyse der Reaktionszeiten hätten über die Aktivierung der Gehirnareale hinaus weitere Aufschlüsse über geschlechtsspezifische Unterschiede geben können.

### **5.1.3 Bewertung der Fragebogenauswahl**

Die Auswahl der zwei Fragebögen FEPAA-E und IRI erfolgte dahingehend, dass diese auf unterschiedliche Weise die empathischen und sozialen Fähigkeiten der Probanden abfragten. Während bei dem IRI eine Einschätzung der eigenen Fähigkeiten aus der Ich-Perspektive erfolgte, sollten beim FEPAA-E Situationen aus dem Blickwinkel von verschiedenen Handlungsfiguren bewertet werden, sodass auf die empathische und prosoziale Kompetenz der Probanden geschlossen werden konnte. Durch das Bewusstsein der Teilnahme an einer Moralstudie ist eine Beeinflussung der Antwortauswahl und der persönlichen Einschätzung nicht auszuschließen. Diese Tendenz ist für den IRI durch das Abfragen in der Ich-Perspektive vermutlich ausgeprägter, da Beschreibungen in dieser Perspektive mit einer höheren emotionalen Beteiligung einhergehen (BOCCIA et al., 2017). Bezüglich des FEPAA-E besteht die Möglichkeit, dass dabei die Antwort mit der höheren gesellschaftlichen Akzeptanz ausgewählt wurde. Um diese möglichen Einflüsse zu minimieren, erfolgte das Ausfüllen der Fragebögen anonym, wobei das Geschlecht

der Probanden abgefragt werden musste, da sonst eine Auswertung geschlechtsspezifischer Unterschiede nicht möglich gewesen wäre.

## **5.2 Diskussion der MRT-Ergebnisse**

Die Komplexität einer moralischen Entscheidung spiegelt sich in der Anzahl und Interaktion der beteiligten Gehirnareale wider, wobei die moralischen Fragestellungen in der MRT-Messung eine Vielzahl an Korrelationen zwischen einzelnen Gehirnarealen ergaben. Diese Ergebnisse werden vor dem Hintergrund bisheriger Studienresultate diskutiert.

### **5.2.1 Analyse des Kontrasts „Moral > Mathe“**

Frühere Studien identifizierten mehrere Gehirnareale, denen eine Rolle bei der moralischen Entscheidungsfindung zugesprochen wird. In diesen Prozess sind u.a. frontale Areale (u.a. PFC und OFC), der STS, die TPJ, der Precuneus und der pCC involviert (FUMAGALLI, PRIORI, 2012; PASCUAL et al., 2013). In dieser Studie konnte eine Aktivität des medialen Frontalkortex und rMOFC, der bilateralen TPJ und des bilateralen STS sowie eine Aktivität des mCC und pCC gezeigt werden. Zwischen diesen Gehirnarealen konnten geschlechterübergreifend statistisch signifikante Korrelationen dargestellt werden. Diese Ergebnisse verdeutlichen, dass in die moralische Entscheidungsfindung nicht ein einzelnes Areal, sondern eine Vielzahl miteinander interagierender Gehirnareale involviert ist. Dies deckt sich mit Aussagen von Pascual et al. (2013), dass Moral auf einem Netzwerk von Gehirnarealen basiert (PASCUAL et al., 2013). Die Ergebnisse dieser Studie stimmen weiterhin mit früheren Erkenntnissen überein, dass für moralisches Urteilen frontale und temporale Areale sowie der cinguläre Kortex eine Rolle spielen (FUMAGALLI, PRIORI, 2012). Die Studienergebnisse decken sich mit denen der Metaanalyse von Sevinc und Spreng (2014), die u.a. präfrontale Areale, die TPJ, den STS und den pCC als besonders relevant beim moralischen Urteilen aufzeigten (SEVINC, SPRENG, 2014).

Die Relevanz des Frontallappens bei moralischem Verhalten wurde bereits in der Gehirnläsionsforschung dargelegt (FUMAGALLI, PRIORI, 2012), wobei der mediale Präfrontalkortex mit der ToM in Verbindung gebracht wird (FRITH, FRITH, 2006). Da die Entscheidung für eine Handlungsalternative bei den moralischen Fragestellungen während der fMRT das Hineinversetzen in eine Situation bzw. eine andere Person erforderte, könnte dies eine Erklärung für die Aktivität dieses Areals liefern. Für den mPFC stellte sich eine geschlechtsspezifische Änderung der prozentualen Aktivierungsstärke heraus, wobei die männlichen Probanden dieses Areal bei den moralischen Fragestellungen stärker aktivierten. Es zeigten sich geschlechtsspezifische Unterschiede der Korrelationen des medialen Frontalkortex mit anderen Gehirnarealen. Während sich bei den männlichen Probanden eine Korrelation zwischen MFC und linkem STS darstellte, fiel für Frauen eine Korrelationen des MFC mit dem bilateralen anterioren STS sowie

der linken TPJ auf. Dies lässt vermuten, dass durch die Involvierung der TPJ eine intuitivere Beurteilung der moralischen Szenarien bei den weiblichen Probanden erfolgte (FUMAGALLI, PRIORI, 2012). Sowohl für Frauen als auch für Männer stellte sich eine Korrelation zwischen dem MFC und Anteilen des STS dar. Eine Erklärung hierfür könnte die Beteiligung dieser beiden Areale an der ToM sein (BÖCKLER-RAETTIG, 2019), die für die Interpretation der moralischen Szenarien notwendig ist.

Diese Studie zeigte weiterhin eine Aktivität des rostralen medialen OFC bei den moralischen Fragestellungen. Die Aktivierung dieses Areals wurde in der Studie von Moll et al. (2002) dokumentiert. Die Aktivität des medialen OFC kann durch dessen Einfluss bei der Integration von sozialen Regeln in die moralische Entscheidung erklärt werden (MOLL et al., 2002).

Geschlechtsspezifische Unterschiede bezüglich der Aktivierungsstärke zeigten sich neben dem medialen Frontalkortex für die TPJ und den STS. Diese Areale spielen wie der mediale präfrontale Kortex eine Rolle bei der ToM (BÖCKLER-RAETTIG, 2019). Zudem wird dem Temporallappen eine Funktion bei Aufmerksamkeitskontrolle und dem Erkennen von sozialen Hinweisen zugeschrieben (FELDMANHALL et al., 2014). Die weiblichen Probanden wiesen eine höhere prozentuale Änderung der Aktivierungsstärke sowohl der linken TPJ als auch des linken posterioren STS auf. Für diese Areale fiel zudem bei den weiblichen Probanden eine Korrelation zwischen beiden Hemisphären auf. Eine Korrelation zwischen linker und rechter TPJ bzw. linkem und rechtem anterioren STS konnte dagegen für die männlichen Probanden nicht gezeigt werden. Diese Unterschiede in der Aktivierungsstärke und das Auftreten von bihemisphärischen Korrelationen unterstützen die Hypothese, dass bei Frauen verstärkt temporale Areale in die moralische Entscheidungsfindung involviert werden.

Auch für den pCC stellten sich geschlechtsabhängige Korrelationen dar. Während bei den männlichen Probanden keine Korrelationen mit anderen Gehirnarealen gezeigt werden konnten, fielen bei Frauen Korrelationen des pCC mit frontalen und temporoparietalen Arealen auf. Der pCC steht in Zusammenhang mit Empathie und sozialen Fähigkeiten sowie ToM (BÖCKLER-RAETTIG, 2019; PASCUAL et al., 2013).

Für die Aktivierungsstärke des mCC ließen sich keine geschlechtsspezifischen Unterschiede aufzeigen, jedoch unterschieden sich die Korrelationen dieses Areals mit anderen Arealen zwischen den Geschlechtern. Während bei den männlichen Probanden keine signifikanten Korrelationen mit anderen Gehirnarealen gezeigt werden konnten, stellte sich bei Frauen eine Korrelation des mCC mit dem linken STS und der linken TPJ dar. Die Aktivierung des mCC kann darauf zurückgeführt werden, dass dieses Areal vermutlich beim Nachdenken über die Entschei-

dungen anderer Personen beteiligt ist (APPS et al., 2013). Möglicherweise spielen sich bei Frauen bei der moralischen Entscheidungsfindung eine Reihe von Prozessen ab, um die Perspektiven und Motive der Figuren in den moralischen Szenarien zu ergründen, da sowohl dem STS als auch der TPJ eine Funktion bei der ToM zugeschrieben wird (BÖCKLER-RAETTIG, 2019). Rückschlüsse über die Relevanz von sozialen Fähigkeiten bei der ToM konnten durch die Erforschung der Autismus-Spektrum-Störung gezogen werden (SCHNEIDER et al., 2013).

Sowohl für den Precuneus als auch den Gyrus lingualis konnte eine Aktivierung bei den moralischen Fragestellungen nur für die weiblichen Probanden gezeigt werden. Durch den Gyrus lingualis werden visuelle Mechanismen gesteuert (BENEDEK et al., 2020). Die Aktivierung dieses Areals beim Nachdenken über die moralischen Aufgaben kann Grund zu der Annahme geben, dass Frauen versuchten, die moralischen Fragestellungen zu visualisieren, um so diese Szenarien besser bewerten zu können. Der Precuneus als Bestandteil des ToM-Netzwerks (BÖCKLER-RAETTIG, 2019) spielt vermutlich für die Einnahme der Perspektive der Personen in den beschriebenen Szenarien eine Rolle. Ferner konnte eine Aktivierung des Gyrus fusiformis bei Frauen während der Beantwortung der moralischen Fragestellungen gezeigt werden. Dieses Areal steht neben dem STS in Zusammenhang mit der Fähigkeit zur Gesichtserkennung (FRITH, FRITH, 2003).

Die Aktivierungen des pCC, des mPFC und der TPJ legen nahe, dass das DMN bei den moralischen Stimuli aktiviert wurde. Dieses Netzwerk, in dem der mPFC und pCC Knotenpunkte darstellen, wird mit interner mentaler Aktivität in Verbindung gebracht (ANDREWS-HANNA, 2012). Die Korrelationen zwischen den Gehirnarealen deuten an, dass die beiden Subsysteme des DMN beteiligt waren, jedoch lassen die Ergebnisse keine eindeutigen Rückschlüsse bezüglich geschlechtsspezifischer Aktivierungen des DMN zu.

Die Aktivität des bilateralen STS und des rMOFC zeigte negative Korrelationen mit dem Alter der Probanden. Dabei handelte es sich jedoch um statistisch schwächere Zusammenhänge, die sich durch die Altersstruktur der Probanden bei einem Schwerpunkt auf das junge bis mittlere Erwachsenenalter erklären lassen. Bei einer breiter gefächerten Altersstruktur könnten diese Korrelationen stärker ausfallen.

Die Ergebnisse der Studie lassen sich dahingehend interpretieren, dass bei Frauen eine emotionsbezogener Beurteilung der moralischen Szenarien erfolgte, die sich in der Aktivierung des Gyrus frontalis medius und des STS widerspiegelten. Ebenso konnten für den pCC statistisch signifikante Korrelationen mit frontalen sowie temporoparietalen Arealen dargestellt werden. Der Gyrus frontalis medius, der STS und der pCC wurden in der Studie von Greene et al. (2001) mit einer Aktivität bei persönlichen moralischen Dilemmata (GREENE, HAIDT, 2002) und

daneben mit der Einbeziehung von Emotionen in den Entscheidungsprozess in Verbindung gebracht (GREENE, HAIDT, 2002; PASCUAL et al., 2013). Deontologische Urteile stehen in Zusammenhang mit der Aktivierung von emotionsbezogenen Gehirnarealen (FRIESDORF et al., 2015). Daraus lässt sich folgern, dass bei Frauen zum einen ein deontologischer Prozess bei den moralischen Fragestellungen erfolgte. Zum anderen deutet die Aktivierung des inferioren Parietallappens bei den weiblichen Probanden, welcher mit dem Arbeitsgedächtnis verbunden wird (PASCUAL et al., 2013), an, dass es sich nicht um ausschließlich emotionale Urteile, sondern ebenso um eine Einbeziehung kognitiver Komponenten handelt. Dies steht im Einklang mit der „dual-process theory“ nach Greene (FRIESDORF et al., 2015; GREENE, 2007). Diese Argumentation stimmt ebenso mit Gilligan`s Hypothese überein, Frauen würden auf Grundlage von sozialen Beziehungen und Emotionen eine moralische Entscheidung treffen, Männer dagegen unter Einfluss von Kognition (FRIESDORF et al., 2015; GILLIGAN, ATTANUCCI, 1988). Mit kognitiver Verarbeitung stehen dem Arbeitsgedächtnis zugeschriebene Areale in Verbindung, die wiederum mit utilitaristischen Entscheidungen verknüpft werden können (FRIESDORF et al., 2015; GREENE et al., 2004). Dazu zählt der PFC (PIEFKE, FINK, 2013), wobei in dieser Studie für den mPFC eine höhere Aktivierungsstärke bei den männlichen Probanden auffiel.

### **5.2.2 Analyse des Kontrasts „Mathe > Moral“**

Diese Studie konnte geschlechterübergreifende Aktivierungen des bilateralen IPS, des bilateralen Broca-Areals, der VWFA und des rechten Gyrus fusiformis bei der Beantwortung der mathematischen Fragen darstellen. Daneben konnten geschlechtsspezifische Korrelationen für die o.g. Gehirnareale gezeigt werden. Bei den weiblichen Probanden konnten zwei statistisch signifikante Korrelationen – zwischen rechtem Gyrus fusiformis und der VWFA sowie zwischen VWFA und linkem IPS – festgestellt werden. Bei Männern korrelierte der rechte Gyrus fusiformis mit dem bilateralen IPS, dem rechten Broca-Areal sowie der VWFA. Der IPS, der mit der Unterscheidung numerischer Größenordnungen in Verbindung gebracht wird (ANSARI, 2008), zeigte linkshemisphärisch eine stärkere Aktivierung bei den männlichen Probanden.

Nach der „triple-code theory“ stellt Kopfrechnen einen komplexen Vorgang dar, in den drei Systeme involviert sind (DEHAENE et al., 2003). Die Ergebnisse dieser Studie können in Zusammenhang mit dieser Theorie gebracht werden, da die textbasierten mathematischen Aufgaben nicht nur zu Aktivierungen von Gehirnarealen führten, die mit mathematischen Leistungen in Verbindung stehen, sondern auch zu Aktivierungen in anderen funktionalen Gehirnarealen wie der VWFA, dem rechten Gyrus fusiformis und dem Broca-Areal.

Die Aktivierung der VWFA kann durch die Darbietung der mathematischen Fragestellungen in Textform erklärt werden, da dieses Areal beim Lesen aktiviert wird (AMUNTS, HEIM, 2013). Dem Gyrus fusiformis werden Funktionen wie Gesichts- und Objekterkennung sowie Lesefä-

higkeit zugeschrieben (WEINER, ZILLES, 2016), sodass eine Visualisierung der in Textform präsentierten Szenarien vermutet wird. Das Broca-Areal, das als motorisches Sprachzentrum bezeichnet wird (AMUNTS, HEIM, 2013), wird ebenso mit der verbalen Verarbeitung von Zahlen in Verbindung gebracht (ANDERSON et al., 2011). Die Aktivierung des Broca-Areals kann dadurch erklärt werden, dass sich Mathematik als formale Sprache ansehen lässt (FRIEDRICH, FRIEDERICI, 2009). Friedrich und Friederici (2009) gehen davon aus, dass sowohl die gewöhnliche als auch die mathematische Sprache über eine Grammatik verfügen, sodass ein Satz syntaktisch als richtig oder falsch erkannt werden kann (FRIEDRICH, FRIEDERICI, 2009).

### **5.3 Diskussion der Fragebogenresultate**

Beim FEPAE-E konnte bezüglich der Empathie keine Abhängigkeit vom Geschlecht festgestellt werden. Die männlichen und weiblichen Probanden erreichten bei diesen Fragen ähnliche Punktzahlen. Die Studie von Derntl et al. (2010) konnte unter Verwendung des FEPAE keine signifikanten Unterschiede zwischen Männern und Frauen bezüglich der Empathie darstellen (DERNTL et al., 2010). Dagegen erzielten die weiblichen Probanden in der vorliegenden Studie eine höhere Punktzahl bei den Fragen, die die Prosozialität testeten. Ferner konnte eine positive Korrelation zwischen den beiden Variablen Empathie und Prosozialität dargestellt werden. Demnach geht eine hohe Empathiefähigkeit mit der Fähigkeit zur Prosozialität einher.

Durch den IRI wird eine Beurteilung der sozialen Fähigkeiten der Probanden anhand von vier Dimensionen möglich. Durch Korrelationsanalysen konnte gezeigt werden, dass die empathische Besorgnis eng mit der Fähigkeit, die Perspektive einer anderen Person einzunehmen, zusammenhängt, wobei die Verbindung zwischen diesen zwei Fragebogen-Skalen bereits durch eine Analyse von Davis (1980) herausgestellt wurde. Nach Davis erzielten Frauen für alle vier Skalen des IRI signifikant höhere Ergebnisse als Männer (DAVIS, 1980). Dies kann in dieser Studie jedoch nur für die Distress-Skala dargestellt werden, für die zudem eine negative Korrelation mit dem Alter auffiel. Die Studienergebnisse unterscheiden sich auch von denen von Derntl et al. (2010), die für die empathische Besorgnis des IRI niedrigere Punktzahlen bei Männern feststellten (DERNTL et al., 2010).

Die zwei Fragebögen zeigten Korrelationen zwischen der Empathie-Skala des FEPAE-E und der Skala der empathischen Besorgnis des IRI. Die Zusammenhänge sind dadurch zu erklären, dass die Fragebögen ähnliche Fähigkeiten, wenn auch in unterschiedlichen Perspektiven, abfragten. Ferner korrelierte die Empathie-Skala des FEPAE-E mit der Fantasie-Skala des IRI. Möglicherweise fällt es durch die Fähigkeit, sich mit fiktiven Charakteren zu identifizieren, auch leichter, sich in die Personen der Fragebogen-Szenarien hineinzuversetzen. Weiterhin korrelierte die Variable Prosozialität des FEPAE-E mit der Skala der empathischen Besorgnis und

der Distress-Skala des IRI. Empathisches Empfinden sowie die Anteilnahme im Zusammenhang mit unbehaglichen Situationen geht vermutlich mit prosozialem Verhalten einher.

#### **5.4 Zusammenhänge zwischen Gehirnaktivität und Fragebogen-Variablen**

Analysen zwischen den Resultaten aus den Fragebögen und den Gehirnaktivierungen stellten insbesondere die negativen Korrelationen zwischen Variablen der Fragebögen und der Gehirnaktivität heraus. Für den FEPA-E ging ein niedrigerer Empathiewert mit höherer Aktivität im linken Gyrus frontalis superior bzw. höherer Aktivierungsstärke im linken mPFC einher. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, dass anstelle einer empathischen Herangehensweise an die moralischen Fragestellungen eine kognitive Perspektivübernahme im Sinne der ToM erfolgte, wobei der mPFC dieser Fähigkeit zugeordnet wird (FRITH, FRITH, 2006). Hierfür spricht auch die Aktivierung des Gyrus frontalis superior. Dem anterioren Teil dieses Areals wird eine Funktion bei Gedächtnisprozessen zugeschrieben (ULLSPERGER, CRAMON, 2006).

Bezüglich der rechten TPJ konnte eine Abnahme der Aktivierungsstärke bei höheren Empathiewerten beschrieben werden. Die TPJ steht im Zusammenhang mit sozialen Verarbeitungssystemen wie der ToM (BÖCKLER-RAETTIG, 2019; WYLIE et al., 2020). Demnach kann sich bei moralischen Fragestellungen eine höhere Empathiefähigkeit in reduzierter Aktivität der TPJ äußern. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass eine negative Korrelation zwischen Empathie-Score und der Aktivität von ToM-assozierten Arealen besteht.

Für die Prosozialität konnte gezeigt werden, dass niedrigere Werte zu einer höheren Aktivierung im linken Gyrus frontalis superior sowie Gyrus frontalis inferior führen. Für den linken Gyrus frontalis inferior wird eine Funktion bei der Auseinandersetzung mit sozialen Normen beschrieben (WHITE et al., 2017). Daraus kann gefolgert werden, dass das Entscheiden für die moralisch richtige Antwort unter Einbeziehung sozialer Normen erfolgt.

Auch für den IRI ergaben sich Korrelationen zwischen Fragebogenergebnissen und Gehirnaktivität. Dabei korrelierten niedrigere Fragebogenergebnisse bezüglich der empathischen Besorgnis mit Aktivität im bilateralen Gyrus frontalis superior, im linken Gyrus frontalis medius und im mCC. Der Gyrus frontalis medius wird u.a. mit der moralischen Urteilsfindung und ToM in Verbindung gebracht (PASCUAL et al., 2013). Dies lässt vermuten, dass Probanden mit geringerer empathischer Besorgnis schwerer die Perspektive in einem moralischen Szenario einnehmen können. Auch für die Perspektiv-Skala des Fragebogens konnten negative Korrelationen gezeigt werden. Dabei kann beschrieben werden, dass eine geringere Fähigkeit zur Perspektivübernahme mit einer stärkeren Aktivierung im rechten Gyrus temporalis medius einhergeht. Diesem Areal wird eine Aktivierung bei einer utilitaristischen moralischen Entscheidung zugeschrieben (FUMAGALLI, PRIORI, 2012). Für die IRI-Skala des persönlichen Distress korrelierten niedrigere Fragebogenwerte mit einer stärkeren Aktivität im rechten Gyrus frontalis su-

terior sowie im aCC. Dem aCC wird eine Vermittlungsfunktion zwischen emotionalem und rationalem moralischem Urteilen zugesprochen (FUMAGALLI, PRIORI, 2012). Dies lässt vermuten, dass eine Entscheidung für eine moralische Handlung leichter zu treffen ist, wenn die persönliche Empfindlichkeit gegenüber Distress geringer ausgeprägt ist. Bei der Fantasie-Skala fielen positive Korrelationen mit der Aktivierung von Gehirnarealen, darunter der linke Gyrus frontalis medius, der linke Gyrus frontalis inferior und der rechte Precuneus, auf. Diese Areale werden mit der ToM und der Auseinandersetzung mit sozialen Normen in Verbindung gebracht (BÖCKLER-RAETTIG, 2019; PASCUAL et al., 2013; WHITE et al., 2017). Dies lässt den Schluss zu, dass die Fähigkeit, sich in fiktive Charaktere hineinzusetzen, mit der Perspektivübernahme der Personen in den moralischen Szenarien korreliert.

## **5.5 Fazit und Ausblick**

Die menschliche Moral ist ein komplexes Konstrukt, das emotionale und kognitive Vorgänge in Anspruch nimmt. Diese Komplexität spiegelt sich darin wider, dass nicht ein einzelnes Gehirnareal, sondern eine Vielzahl von interagierenden Arealen in eine moralische Entscheidung involviert ist (FELDMANHALL et al., 2014). Diese Studie bestätigte die Relevanz von frontalen und temporoparietalen Arealen sowie des cingulären Kortex für das moralische Urteilen. Darüber hinaus konnten geschlechtsspezifische Unterschiede bei der Gehirnaktivität für die moralischen Aufgaben gezeigt werden. Diese äußerten sich in unterschiedlichen prozentualen Änderungen der Aktivierungsstärken einzelner Gehirnareale. Dabei war besonders auffällig, dass Männer bei moralischen Entscheidungen den mPFC stärker aktivierten, wohingegen Frauen im linken STS und in der linken TPJ stärkere Aktivität zeigten. In Anlehnung an Gilligans Theorie der Geschlechterdivergenz bei Moral (GILLIGAN, ATTANUCCI, 1988) geben diese Ergebnisse Grund zu der Annahme, dass moralisches Urteilen bei Männern einen vorrangig kognitiven Prozess im Sinne der ToM darstellt, während bei Frauen die moralische Entscheidung neben ToM durch Emotion beeinflusst wird. Die Ergebnisse deuteten ebenso an, dass bei Männern der Frontalkortex eine entscheidende Rolle beim moralischen Urteilen spielt, wohingegen bei Frauen temporale Areale von größerer Bedeutung sind. Die Ergebnisse lassen vermuten, dass bei Männern tendenziell ein utilitaristisch geprägter, bei Frauen dagegen ein deontologisch geprägter, jedoch von Kognition unterstützter, Prozess bei der moralischen Entscheidungsfindung stattfindet. Die geschlechterübergreifend beobachteten Aktivierungen des MFC, pCC, STS und der TPJ unterstrichen die Relevanz der ToM beim moralischen Urteilen. Weiterhin konnte diese Studie geschlechtsspezifische Korrelationen zwischen den Gehirnarealen bei der Beantwortung der moralischen Fragestellungen aufzeigen. Dabei war auffällig, dass bei den weiblichen Probanden eine größere Anzahl an Korrelationen zwischen den Gehirnarealen auftrat. Die Analyse der Fragebögen ergab keine geschlechtsspezifischen Unterschiede bezüglich der Empathie, jedoch erzielten Frauen höhere Prosozialitätswerte beim FEPAA-E. Die Korrelationen der Frage-

bogen-Variablen mit der Gehirnaktivität legten nahe, dass geringere Fähigkeiten bei der Empathie mit höherer Aktivität von Gehirnarealen wie dem linken mPFC einhergehen. Insofern kann ein Einfluss der Empathie auf das moralische Urteilen beschrieben werden.

Um die Bedeutung von Erziehung, Sozialisation und Bildung auf das moralische Urteilen zu untersuchen und inwiefern diese Faktoren die geschlechtsspezifischen Unterschiede erklären, könnten nachfolgende Studien eine heterogene Zusammensetzung der Probanden berücksichtigen und diese ausführlich zu Merkmalen wie Ausbildung, Beruf, sozialem, politischem und religiösem Hintergrund befragen.

## 6. Literaturverzeichnis

1. Amunts K, Heim S (2013) Funktionelle Neuroanatomie der Sprache. In: Schneider F, Fink GR (eds) Funktionelle MRT in Psychiatrie und Neurologie. 2<sup>nd</sup> ed. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, pp 425-442
2. Anderson JR, Betts S, Ferris JL, Fincham JM (2011) Cognitive and metacognitive activity in mathematical problem solving: prefrontal and parietal patterns. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience* 11:52-67
3. Andrade G (2019) Medical ethics and the trolley Problem. *Journal of Medical Ethics and History of Medicine* 12:3
4. Andrews-Hanna JR (2012) The Brain's Default Network and Its Adaptive Role in Internal Mentation. *The Neuroscientist* 18:251-270
5. Ansari D (2008) Effects of development and enculturation on number representation in the brain. *Nature Reviews Neuroscience* 9:278-291
6. Apperly IA (2012) What is "theory of mind"? Concepts, cognitive processes and individual differences. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology* 65:825-839
7. Apps MAJ, Lockwood PL, Balsters JH (2013) The role of the midcingulate cortex in monitoring others' decisions. *Frontiers in Neuroscience* 7:251
8. Armbruster D, Kirschbaum C, Strobel A (2021) Androgenic morality? Associations of sex, oral contraceptive use and basal testosterone levels with moral decision making. *Behavioural Brain Research* 408:113196
9. Auer E, Bontscheva H, Hughes F, Jakobi W, Lübke J, Wohner S, Sidziuk V, Sirek J (2006/2007) Testanalyse und Validierung eines Fragebogens zur Erfassung von Empathie, Prosozialität, Aggressionslegitimation und Aggressionshemmung für Erwachsene (FEPAA-E). Lehrstuhl für Pädagogische Psychologie Universität Regensburg
10. Baar JM van, Chang LJ, Sanfey AG (2019) The computational and neural substrates of moral strategies in social decision-making. *Nature Communications* 10:1483
11. Benedek M, Jurisch J, Koschutnig K, Fink A, Beaty RE (2020) Elements of creative thought: Investigating the cognitive and neural correlates of association and bi-association processes. *NeuroImage* 210:116586
12. Bentham J (2007) *An Introduction to the Principles of Morals and Legislation*. Dover Publications, INC., New York
13. Boccia M, Dacquino C, Piccardi L, Cordellieri P, Guariglia C, Ferlazzo F, Ferracuti S, Giannini AM (2017) Neural foundation of human moral reasoning: an ALE meta-analysis about the role of personal perspective. *Brain Imaging and Behavior* 11:278-292
14. Böckler-Raettig A (2019) *Theory of Mind*. Ernst Reinhardt Verlag, München
15. Capraro V, Sippel J (2017) Gender differences in moral judgment and the evaluation of gender-specified moral agents. *Cognitive Processing* 18:399-405
16. Carpendale JIM, Hammond SI (2016) The development of moral sense and moral thinking. *Current Opinion in Pediatrics* 28:743-747
17. Chiong W, Wilson SM, D'Esposito M, Kayser AS, Grossman SN, Poorzand P, Seeley WW, Miller BL, Rankin KP (2013) The salience network causally influences default mode network activity during moral reasoning. *Brain* 136:1929-1941
18. Christensen JF, Flexas A, de Miguel P, Cela-Conde CJ, Munar E (2012) Roman Catholic beliefs produce characteristic neural responses to moral dilemmas. *Social Cognitive and Affective Neuroscience* 9:240-249
19. Clopton NA, Sorell GT (1993) Gender Differences in Moral Reasoning: Stable or Situational? *Psychology of Women Quarterly* 17:85-101
20. Conway P, Gawronski B (2013) Deontological and Utilitarian Inclinations in Moral Decision Making: A Process Dissociation Approach. *Journal of Personality and Social Psychology* 104:216-235
21. Davis MH (1980) A Multidimensional Approach to Individual Differences in Empathy. *JSAS Catalog of Selected Documents in Psychology* 10:85

22. Davis MH (1983) Measuring Individual Differences in Empathy: Evidence for a Multidimensional Approach. *Journal of Personality and Social Psychology* 44:113-126
23. Decety J, Cowell JM (2014) Friends or foes: Is empathy necessary for moral behavior? *Perspectives on Psychological Science* 9:525-537
24. Dehaene S, Piazza M, Pinel P, Cohen L (2003) Three Parietal Circuits for Number Processing. *Cognitive Neuropsychology* 20:487-506
25. Dehaene S (2009) Origins of Mathematical Intuitions: The Case of Arithmetic. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1156:232-259
26. Dehaene S, Cohen L (2011) The unique role of the visual word form area in reading. *Trends in Cognitive Sciences* 15:254-262
27. Derntl B, Finkelmeyer A, Eickhoff S, Kellermann T, Falkenberg DI, Schneider F, Habel U (2010) Multidimensional assessment of empathic abilities: Neural correlates and gender differences. *Psychoneuroendocrinology* 35:67-82
28. Eickhoff SB, Stephan KE, Mohlberg H, Grefkes C, Fink GR, Amunts K, Zilles K (2005) A new SPM toolbox for combining probabilistic cytoarchitectonic maps and functional imaging data. *NeuroImage* 25:1325-1335
29. Eickhoff SB, Heim S, Zilles K, Amunts K (2006) Testing anatomically specified hypotheses in functional imaging using cytoarchitectonic maps. *NeuroImage* 32:570-582
30. Eickhoff SB, Paus T, Caspers S, Grosbras MH, Evans A, Zilles K, Amunts K (2007) Assignment of functional activations to probabilistic cytoarchitectonic areas revisited. *NeuroImage* 36:511-521
31. Fair DA, Cohen AL, Power JD, Dosenbach NU, Church JA, Miezin FM, Schlaggar BL, Petersen SE (2009) Functional Brain Networks Develop from a "Local to Distributed" Organization. *PLOS Computational Biology* 5:e1000381
32. Fehr T, Code C, Herrmann M (2007) Common brain regions underlying different arithmetic operations as revealed by conjunct fMRI-BOLD activation. *Brain Research* 1172:93-102
33. FeldmanHall O, Mobbs D, Dalgleish T (2014) Deconstructing the brain's moral network: dissociable functionality between the temporoparietal junction and ventromedial prefrontal cortex. *Social Cognitive and Affective Neuroscience* 9:297-306
34. Forbes CE, Grafman J (2010) The Role of the Human Prefrontal Cortex in Social Cognition and Moral Judgment. *Annual Review of Neuroscience* 33:299-324
35. Förstl H (2012) Theory of Mind: Anfänge und Ausläufer. In: Förstl H (ed) *Theory of Mind: Neurobiologie und Psychologie sozialen Verhaltens*. 2<sup>nd</sup> ed. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, pp 3-11
36. Friedrich R, Friederici AD (2009) Mathematical Logic in the Human Brain: Syntax. *PLOS ONE* 4:e5599
37. Friesdorf R, Conway P, Gawronski B (2015) Gender Differences in Responses to Moral Dilemmas: A Process Dissociation Analysis. *Personality and Social Psychology Bulletin* 41:696-713
38. Frith CD, Frith U (2006) The Neural Basis of Mentalizing. *Neuron* 50:531-534
39. Frith U, Frith CD (2003) Development and neurophysiology of mentalizing. *Philosophical transactions of the Royal Society of London Series B, Biological sciences* 358:459-473
40. Fumagalli M, Ferrucci R, Mameli F, Marceglia S, Mrakic-Sposta S, Zago S, Lucchiari C, Consonni D, Nordio F, Pravettoni G, Cappa S, Priori A (2010a) Gender-related differences in moral judgments. *Cognitive Processing* 11:219-226
41. Fumagalli M, Vergari M, Pasqualetti P, Marceglia S, Mameli F, Ferrucci R, Mrakic-Sposta S, Zago S, Sartori G, Pravettoni G, Barbieri S, Cappa S, Priori A (2010b) Brain switches utilitarian behavior: does gender make the difference? *PLOS ONE* 5:e8865
42. Fumagalli M, Priori A (2012) Functional and clinical neuroanatomy of morality. *Brain* 135:2006-2021
43. Garz D (2008) *Sozialpsychologische Entwicklungstheorien: Von Mead, Piaget und Kohlberg bis zur Gegenwart*. 4<sup>th</sup> ed. VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden

44. Gillett G, Franz E (2016) Evolutionary neurology, responsive equilibrium, and the moral brain. *Consciousness and Cognition* 45:245-250
45. Gilligan C, Attanucci J (1988) Two Moral Orientations: Gender Differences and Similarities. *Merrill-Palmer Quarterly* 34:223-237
46. Greene J, Haidt J (2002) How (and where) does moral judgment work? *Trends in Cognitive Sciences* 6:517-523
47. Greene JD, Sommerville RB, Nystrom LE, Darley JM, Cohen JD (2001) An fMRI Investigation of Emotional Engagement in Moral Judgment. *Science* 293:2105-2108
48. Greene JD, Nystrom LE, Engell AD, Darley JM, Cohen JD (2004) The Neural Bases of Cognitive Conflict and Control in Moral Judgment. *Neuron* 44:389-400
49. Greene JD (2007) Why are VMPFC patients more utilitarian? A dual-process theory of moral judgment explains. *Trends in Cognitive Sciences* 11:322-323
50. Grodd W, Beckmann CF (2013) Resting-State-fMRT. In: Schneider F, Fink GR (eds) *Funktionelle MRT in Psychiatrie und Neurologie*. 2<sup>nd</sup> ed. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, pp 229-256
51. Harenski CL, Antonenko O, Shane MS, Kiehl KA (2008) Gender differences in neural mechanisms underlying moral sensitivity. *Social Cognitive and Affective Neuroscience* 3:313-321
52. Harenski CL, Antonenko O, Shane MS, Kiehl KA (2010) A functional imaging investigation of moral deliberation and moral intuition. *NeuroImage* 49:2707-2716
53. Heekeren HR, Wartenburger I, Schmidt H, Schwintowski HP, Villringer A (2003) An fMRI study of simple ethical decision-making. *NeuroReport* 14:1215-1219
54. Hirnstein M, Hugdahl K, Hausmann M (2019) Cognitive sex differences and hemispheric asymmetry: A critical review of 40 years of research. *Laterality: Asymmetries of Body, Brain and Cognition* 24:204-252
55. Hirschberger J (2018) *Geschichte der Philosophie - Erster Band: Altertum und Mittelalter*. 13<sup>th</sup> ed. WBG Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt
56. Horn C (2019) *Einführung in die Moralphilosophie*. 2<sup>nd</sup> ed. Verlag Karl Alber, Freiburg/München
57. Horn JD van, Irimia A, Torgerson CM, Chambers MC, Kikinis R, Toga AW (2012) Mapping Connectivity Damage in the Case of Phineas Gage. *PLOS ONE* 7:e37454
58. Iskenius-Schuppert U (2006) Die Psychologie der Moralentwicklung nach Lawrence Kohlberg. *Zeitschrift für Tranksaktionsanalyse* 4:305-325
59. Kahane G, Wiech K, Shackel N, Farias M, Savulescu J, Tracey I (2012) The neural basis of intuitive and counterintuitive moral judgment. *Social Cognitive and Affective Neuroscience* 7:393-402
60. Kahane G (2015) Sidetracked by trolleys: Why sacrificial moral dilemmas tell us little (or nothing) about utilitarian judgment. *Social Neuroscience* 10:551-560
61. Kant I (2008) *Grundlegung zur Metaphysik der Sitten*. In: Valentiner T (ed) Reclam, Stuttgart
62. Kohlberg L (2017) *Die Psychologie der Moralentwicklung*. In: Althof W, Noam G, Oser F (eds) 8<sup>th</sup> ed. Suhrkamp Verlag, Frankfurt am Main
63. Krick C, Kreis S, Paulus F, Reith W (2013) Zur Biologie der Mathematik. *MNU* 66:68-75
64. Krick CM, Neuhaus A, Klewin C, Wörner T, Kreis S, Reith W (2015) fMRT und DTI bei Entwicklungsverzögerung der Zahlenverarbeitung. *Der Radiologe* 55:788-794
65. Lerner A, Leach JP (2002) Phineas Gage and the beginnings of neuropsychology. *Advances in Clinical Neuroscience & Rehabilitation* 2:26
66. Lukesch H (2004) *Fragebogen zur Erfassung von Empathie, Prosozialität, Aggressionsbereitschaft und aggressivem Verhalten (FEPAA)*. Hogrefe Verlag, Göttingen
67. Mathiak K, Goebel R, Weiskopf N (2013) Echtzeit-fMRT. In: Schneider F, Fink GR (eds) *Funktionelle MRT in Psychiatrie und Neurologie*. 2<sup>nd</sup> ed. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, pp 103-118

68. Moll J, Oliveira-Souza R de, Bramati IE, Grafman J (2002) Functional Networks in Emotional Moral and Nonmoral Social Judgments. *NeuroImage* 16:696-703
69. Moll J, Oliveira-Souza R de, Eslinger PJ (2003) Morals and the human brain: a working model. *NeuroReport* 14:299-305
70. Moll J, Schulkin J (2009) Social attachment and aversion in human moral cognition. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* 33:456-465
71. Nakagawa S, Takeuchi H, Taki Y, Nouchi R, Sekiguchi A, Kotozaki Y, Miyauchi CM, Iizuka K, Yokoyama R, Shinada T, Yamamoto Y, Hanawa S, Araki T, Hashizume H, Kunitoki K, Sassa Y, Kawashima R (2015) Comprehensive neural networks for guilty feelings in young adults. *NeuroImage* 105:248-256
72. Neumann M, Scheffer C, Tauschel D, Lutz G, Wirtz M, Edelhäuser F (2012) Physician empathy: Definition, outcome-relevance and its measurement in patient care and medical education. *GMS Zeitschrift für Medizinische Ausbildung* 29:Doc11
73. Obeso I, Moisa M, Ruff CC, Dreher J-C (2018) A causal role for right temporo-parietal junction in signaling moral conflict. *eLife* 7:e40671
74. Osman M, Wiegmann A (2017) Explaining Moral Behavior: A Minimal Moral Model. *Experimental Psychology* 64:68-81
75. Otti A, Guendel H, Lärer L, Wohlschlaeger AM, Lane RD, Decety J, Zimmer C, Henningsen P, Noll-Hussong M (2010) I know the pain you feel - how the human brain's default mode predicts our resonance to another's suffering. *Neuroscience* 169:143-148
76. Pascual L, Rodrigues P, Gallardo-Pujol D (2013) How does morality work in the brain? A functional and structural perspective of moral behavior. *Frontiers in Integrative Neuroscience* 7:65
77. Piefke M, Fink GR (2013) Gedächtnis. In: Piefke M, Fink GR (eds) Funktionelle MRT in Psychiatrie und Neurologie. 2<sup>nd</sup> ed. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, pp 393-408
78. Raichle ME (2015) The Brain's Default Mode Network. *Annual Review of Neuroscience* 38:433-447
79. Sandel MJ (2013) Gerechtigkeit: Wie wir das Richtige tun. 2<sup>nd</sup> ed. Ullstein Buchverlage GmbH, Berlin
80. Schneider K, Pauly KD, Gossen A, Mevissen L, Michel TM, Gur RC, Schneider F, Habel U (2013) Neural correlates of moral reasoning in autism spectrum disorder. *Social Cognitive and Affective Neuroscience* 8:702-710
81. Schnell K, Bluschke S, Konradt B, Walter H (2011) Functional relations of empathy and mentalizing: An fMRI study on the neural basis of cognitive empathy. *NeuroImage* 54:1743-1754
82. Schurz M, Radua J, Aichhorn M, Richlan F, Perner J (2014) Fractionating theory of mind: A meta-analysis of functional brain imaging studies. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* 42:9-34
83. Sevinc G, Spreng RN (2014) Contextual and perceptual brain processes underlying moral cognition: a quantitative meta-analysis of moral reasoning and moral emotions. *PLOS ONE* 9:e87427
84. Sommer M, Rothmayr C, Döhnelt K, Meinhardt J, Schwerdtner J, Sodian B, Hajak G (2010) How should I decide? The neural correlates of everyday moral reasoning. *Neuropsychologia* 48:2018-2026
85. Sowell ER, Peterson BS, Kan E, Woods RP, Yoshii J, Bansal R, Xu D, Zhu H, Thompson PM, Toga AW (2007) Sex Differences in Cortical Thickness Mapped in 176 Healthy Individuals between 7 and 87 Years of Age. *Cerebral Cortex* 17:1550-1560
86. Stöcker T, Shah NJ (2013) Grundlagen der MR-Bildgebung. In: Schneider F, Fink GR (eds) Funktionelle MRT in Psychiatrie und Neurologie. 2<sup>nd</sup> ed. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, pp 61-78
87. Tsoi L, Dungan JA, Chakroff A, Young LL (2018) Neural substrates for moral judgments of psychological versus physical harm. *Social Cognitive and Affective Neuroscience* 13:460-470

88. Ullsperger M, Cramon DY von (2006) Funktionen frontaler Strukturen. In: Karnath H-O, Thier P (eds) Neuropsychologie. 2<sup>nd</sup> ed. Springer Medizin Verlag, Heidelberg, pp 479-488
89. Veroude K, Jolles J, Croiset G, Krabbendam L (2014) Sex differences in the neural bases of social appraisals. *Social Cognitive and Affective Neuroscience* 9:513-519
90. Vignemont F de, Singer T (2006) The empathic brain: how, when and why? *Trends in Cognitive Sciences* 10:435-441
91. Weiner KS, Zilles K (2016) The anatomical and functional specialization of the fusiform gyrus. *Neuropsychologia* 83:48-62
92. White SF, Zhao H, Leong KK, Smetana JG, Nucci LP, Blair RJR (2017) Neural correlates of conventional and harm/welfare-based moral decision-making. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience* 17:1114-1128
93. Wohlschläger A, Kellermann T (2013) Datenanalyse: Vorverarbeitung, Statistik und Auswertung. In: Schneider F, Fink GR (eds) Funktionelle MRT in Psychiatrie und Neurologie. 2<sup>nd</sup> ed. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, pp 151-172
94. Wylie KP, Tregellas JR, Bear JJ, Legget KT (2020) Autism Spectrum Disorder Symptoms are Associated with Connectivity Between Large-Scale Neural Networks and Brain Regions Involved in Social Processing. *Journal of Autism and Developmental Disorders* 50:2765-2778
95. Yamada M, Camerer CF, Fujie S, Kato M, Matsuda T, Takano H, Ito H, Suhara T, Takahashi H (2012) Neural circuits in the brain that are activated when mitigating criminal sentences. *Nature Communications* 3:759

## 7. Abbildungsverzeichnis

<b>Abbildung 1:</b> Altersverteilung der 38 Studienteilnehmer nach Häufigkeit .....	26 -
<b>Abbildung 2:</b> Anzahl der Teilnehmer der Hauptstudie und Aufteilung nach Geschlecht .....	27 -
<b>Abbildung 3:</b> Beispiel für eine moralische Fragestellung .....	31 -
<b>Abbildung 4:</b> Beispiel für eine mathematische Fragestellung .....	31 -
<b>Abbildung 5:</b> Schnittebenendarstellung der Gehirnaktivität für den Kontrast „Moral > Mathe“, n = 54 .....	35 -
<b>Abbildung 6:</b> Prozentuale Änderung der Aktivierungsstärke der Gehirnareale, n = 38. ....	41 -
<b>Abbildung 7:</b> Prozentuale Änderung der Aktivierungsstärke des mPFC, n = 54 .....	42 -
<b>Abbildung 8:</b> Aktivierung des Precuneus bei weiblichen Probanden, Kontrast „Moral > Mathe“ .....	43 -
<b>Abbildung 9:</b> Schnittebenendarstellung der Gehirnaktivität für den Kontrast „Mathe > Moral“, n = 54 .....	45 -
<b>Abbildung 10:</b> Visualisierung der Mittelwerte des Empathie- und Prosozialitäts-Scores nach dem Geschlecht, n = 38.....	50 -
<b>Abbildung 11:</b> Zusammenhang zwischen Empathie-Punktzahl des FEPAA-E und der prozentualen Änderung der Aktivierungsstärke des linken mPFC bei dem Kontrast „Moral > Mathe“, n = 38 .....	53 -
<b>Abbildung 12:</b> Aktivierung im linken Gyrus frontalis superior für den Kontrast „Moral > Mathe“ bei der Korrelation entgegen der Empathie-Skala des FEPAA-E, n = 38 .....	54 -
<b>Abbildung 13:</b> Zusammenhang zwischen der prozentualen Änderung der Aktivierungsstärke der rechten TPJ und der Empathie-Punktzahl des FEPAA-E für den Kontrast „Moral > Mathe“, n = 38 .....	54 -
<b>Abbildung 14:</b> Aktivierung im linken Gyrus frontalis inferior für den Kontrast „Moral > Mathe“ bei Korrelation entgegen der Prosozialität, n = 38.....	55 -
<b>Abbildung 15:</b> Aktivierung des linken Gyrus fontalis superior für den Kontrast „Moral > Mathe“ bei Korrelation entgegen der Prosozialität, n = 38.....	55 -
<b>Abbildung 16:</b> Aktivierung des rechten Gyrus frontalis superior bei Korrelation entgegen der Empathie-Skala des IRI, Kontrast „Moral > Mathe“, n = 38.....	56 -
<b>Abbildung 17:</b> Aktivierung im rechten Gyrus frontalis medius bei der Korrelation entgegen der Skala der Perspektivübernahme des IRI, Kontrast „Moral > Mathe“, n = 38.....	56 -
<b>Abbildung 18:</b> Aktivierung des linken Gyrus frontalis medius bei gleichgerichteter Korrelation mit der Fantasie-Skala, Kontrast „Moral > Mathe“, n = 38 .....	57 -
<b>Abbildung 19:</b> Aktivierung des rechten Gyrus frontalis superior bei Korrelation entgegen der Distress-Skala, Kontrast „Moral > Mathe“, n = 38.....	57 -

## 8. Tabellenverzeichnis

<b>Tabelle 1:</b> Subsysteme des DMN mit den jeweils zugeordneten Funktionen und Arealen ...	- 16 -
<b>Tabelle 2:</b> Übersicht über die wichtigsten an moralischer Entscheidungsfindung sowie an Emotionen und ToM beteiligten Gehirnareale.....	- 17 -
<b>Tabelle 3:</b> Überblick über die vier MRT-Sequenzen mit Darstellung der jeweiligen Parameter und Zeitdauer .....	- 30 -
<b>Tabelle 4:</b> Geschlechtsspezifische Aktivierungen der Gehirnareale für den Kontrast „Moral > Mathe“ unter Angabe der zugehörigen MNI-Koordinaten und T-Werte, n = 54.....	- 36 -
<b>Tabelle 5:</b> Korrelationen zwischen den Gehirnarealen für den Kontrast „Moral > Mathe“, n = 54.....	- 37 -
<b>Tabelle 6:</b> Korrelationen zwischen den Gehirnarealen für den Kontrast „Moral > Mathe“, Geschlecht = weiblich, n = 22.....	- 39 -
<b>Tabelle 7:</b> Korrelationen zwischen den Gehirnarealen für den Kontrast „Moral > Mathe“, Geschlecht = männlich, n = 22.....	- 40 -
<b>Tabelle 8:</b> Mann-Whitney-U-Test zu den geschlechtsspezifischen Unterschieden aus dem Kontrast „Moral > Mathe“, n = 54.....	- 42 -
<b>Tabelle 9:</b> Korrelationen zwischen den moralisch-assoziierten Gehirnarealen und dem Alter, n = 54. ....	- 44 -
<b>Tabelle 10:</b> Korrelationen zwischen den mathematisch-assoziierten Arealen, Geschlecht = weiblich, n = 22.....	- 46 -
<b>Tabelle 11:</b> Korrelationen zwischen den mathematisch-assoziierten Arealen, Geschlecht = männlich, n = 22.....	- 47 -
<b>Tabelle 12:</b> Korrelationen zwischen den mathematisch-assoziierten Gehirnarealen und dem Geschlecht, n = 54.....	- 48 -
<b>Tabelle 13:</b> Korrelationen zwischen Empathie- und Prosozialitäts-Score des FEPAA-E sowie Alter und Geschlecht, n = 38 .....	- 49 -
<b>Tabelle 14:</b> Mann-Whitney-U-Test für den Empathie- und Prosozialitäts-Score in Abhängigkeit vom Geschlecht, n = 38.....	- 50 -
<b>Tabelle 15:</b> Korrelationen zwischen den vier Dimensionen des IRI sowie dem Alter und Geschlecht, n = 38.....	- 51 -
<b>Tabelle 16:</b> Gesamtübersicht über die signifikanten Korrelationen zwischen den Fragebögen FEPAA-E und IRI, n = 38.....	- 52 -

## **9. Anlagenverzeichnis**

<b>A.1</b>	Informationsschreiben und Einverständniserklärung zur Studie.....	- 76 -
<b>A.2</b>	Informationspflichten nach Art. 12 ff. DSGVO.....	- 78 -
<b>A.3</b>	Einwilligungserklärung zur Durchführung der Kernspintomographie und zur Datenverarbeitung .....	- 79 -
<b>A.4</b>	Fragebogen zur Erfassung von Empathie, Prosozialität, Aggressionslegitimation und Aggressionshemmung für Erwachsene .....	- 80 -
<b>A.5</b>	Interpersonaler Aktivitätsindex .....	- 87 -
<b>A.6</b>	Ergebnisse der 38 Probanden aus dem FEPAA-E .....	- 89 -
<b>A.7</b>	Ergebnisse der 38 Probanden aus dem IRI.....	- 90 -

## A.1 Informationsschreiben und Einverständniserklärung zur Studie

<b>UNIVERSITÄTSKLINIKUM DES SAARLANDES</b>	
Klinik für Diagnostische und Interventionelle Neuroradiologie Kliniken für Radiologie	Direktor: Prof. Dr. W. Reith
<small>Klinik für Diagnostische und Interventionelle Neuroradiologie. Kliniken für Radiologie, Universitätsklinikum des Saarlandes D-66421 Homburg-Saar</small>	Homburg, den 01. Oktober 2019 Telefon: (0 68 41) 16 - 2 43 02 Telefax: (0 68 41) 16 - 2 43 10 e.mail: nrreith@uniklinik-saarland.de

**Betreff: Informationsschreiben und Einverständniserklärung zur Studie „Neurobiologische Grundlagen der Moral im Gehirn“**

Sehr geehrte Studienteilnehmer,

in der anvisierten Studie wird die Aktivierung im Gehirn beim Beantworten von moralischen und mathematischen Fragestellungen untersucht. Die Gehirnaktivierung wird durch eine funktionelle Kernspinaufnahme (fMRT) gemessen. Diese dauert insgesamt ca. 30 Minuten. Hierbei bitten wir Sie, leichte mathematische Aufgaben oder moralische Fragestellungen zu beantworten.

Hier nun noch wichtige Informationen zu Kontraindikationen, Risiken und Teilnahmebedingungen an MRT-Aufnahmen:

### **Kernspintomographie**

Die Kernspintomographie verwendet zur bildlichen Darstellung der Gehirnstruktur Radiowellen in einem Magnetfeld. Es werden weder Röntgenstrahlen noch Strahlen aus radioaktiven Stoffen eingesetzt. Die Messung ist also vollkommen ungefährlich. Bei Ihnen wird die Kernspintomographie mit einem Kernspintomographen mit einer Magnetfeldstärke von 3,0 Tesla durchgeführt.

### **Ablauf der MRT-Untersuchung**

Die Kernspintomographie wird in einem speziellen, nach außen für Radiowellen abgeschirmten Raum der Neuroradiologie im Gebäude 90 des **Universitätsklinikums Homburg/Saar** durchgeführt. Sie liegen auf einer verschiebbaren Liege, mit der Sie langsam in eine 70 cm große Öffnung des Magneten bewegt werden. Während der Untersuchung ist ein lautes Brummen zu hören, welches durch Magnete hervorgerufen wird. Sie sollten so ruhig und entspannt wie möglich liegen. Für die Qualität der Aufnahmen ist es entscheidend, möglichst keine Körperbewegungen während der Messdauer auszuüben. Über eine Klingel, die Sie zu Beginn der Untersuchung erhalten, können Sie Kontakt nach außen herstellen.

### **Fragestellung und wissenschaftlicher Erkenntniswert**

Der wissenschaftliche Erkenntniswert besteht darin, die neuronalen Mechanismen der menschlichen Moral zu untersuchen. Die Erkenntnislage ist insbesondere wesentlich für die Erklärung von moralischen Entscheidungen bei Menschen unterschiedlichen Alters, Geschlechts und Berufs.

## Fortsetzung A.1

### Klinische Relevanz und Umgang mit Zufallsbefunden

Die erhobenen Daten dienen ausschließlich Forschungszwecken. Daten aus Forschungsstudien haben keine diagnostische Aussagekraft. Eine neuroradiologische Befundung der MR-Bilder im Sinne einer klinisch orientierten Diagnostik findet daher nicht statt. Falls eine Auffälligkeit festgestellt werden sollte, wird ein Radiologe oder ein Neuroradiologe zur weiteren Abklärung herangezogen. Zufallsbefunde können z.B. sein: Normvarianten, Zysten, Tumore oder entzündliche ZNS-Erkrankungen. Falls sich bei der Untersuchung Anhaltspunkte für einen Zufallsbefund ergeben, die eine fachärztliche neuroradiologische Diagnostik empfehlenswert erscheinen lassen, würde Sie der Versuchsleiter persönlich darüber informieren und Ihnen eine fachärztlich neuroradiologische Diagnostik in unserem Institut empfehlen. **Falls Sie über einen Zufallsbefund nicht informiert werden wollen, stellt dies ein Ausschlusskriterium für die Teilnahme an der Studie dar.**

### Besteht für Proband/innen ein Risiko?

Nach heutigen Erkenntnissen sind MRT-Verfahren ohne Risiko für die menschliche Gesundheit. Bekannte Gefahren gehen nur von Metallteilen oder elektronischen Implantaten im Körper aus. Grenzwerte für die eingesetzten Radiowellen werden strikt eingehalten, um eine Erwärmung des Körpers zu vermeiden. Zum Schutz gegen die Klopfgeräusche während der Untersuchung erhalten Sie einen den arbeitsmedizinischen Vorschriften entsprechenden Gehörschutz.

### **Zur Erkennung einer möglichen Kontraindikation bitten wir Sie um folgende Angaben:**

- Sind Sie Träger elektronischer Implantate? **nein** \_ **ja** \_  
(z.B. Herzschrittmacher, implantierte Medikamentenpumpe oder Cochlea-Implantat)
- Befinden sich in Ihrem Körper Metallteile? **nein** \_ **ja** \_  
(z.B. feste Zahnspange, Schrauben, Gefäßclips oder -coils, Prothesen, Verhütungsspirale aus Metall)
- Sind Sie am Herzen oder Kopf operiert worden? **nein** \_ **ja** \_
- Besteht eine Schwangerschaft? **nein** \_ **ja** \_
- Möchten Sie ggf. über etwaige Zufallsbefunde informiert werden? **nein** \_ **ja** \_

### Ausschlusskriterien

Ausschlusskriterien für die Teilnahme an der Studie sind bekannte ZNS-Erkrankungen sowie metallische oder magnetisierbare Implantate (z.B. Herzschrittmacher, Cochlea-Implantat oder implantierte Medikamentenpumpen) oder nicht entfernbare metallische Teile in oder am Körper (Schrauben nach Knochenbruch oder Verhütungsspirale bei Frauen) sowie eine bestehende Schwangerschaft. Probanden, die nicht über mögliche Zufallsbefunde informiert werden wollen, können ebenfalls nicht an der Studie teilnehmen.

**Sie können jederzeit ohne Angabe von Gründen und ohne Nachteil für Sie von der geplanten Studie zurücktreten. Dazu gehören auch klaustrophobische Beklemmungen, die Sie zuvor nicht einschätzen konnten. Bitte wenden Sie sich dazu ggf. an Marlene Riedl, E-Mail: marlene.riedl@gmx.de.**

## A.2 Informationspflichten nach Art. 12 ff. DSGVO

### Informationspflichten nach Art. 12 ff. DSGVO

- Die **Studienleitung** im Sinne des **Prüfers** übernimmt Dr. Christoph M. Krick Neuroradiologie, Universitätsklinikum des Saarlandes, 66421 Homburg, Telefon: 06841-16 24359, E-Mail: [christoph.krick@uks.eu](mailto:christoph.krick@uks.eu)
- Der Prüfer wird zugleich als **Empfangsberechtigter** für alle probandenrechtlichen Anliegen des Probanden benannt.
- Der **Empfänger der erhobenen Daten** ist ausschließlich die Studienleitung. Die Weitergabe der personenbezogenen Informationen oder der Messdaten an Dritte ist ausgeschlossen.
- Folgende **personenbezogene Informationen und Messdaten** werden erhoben:
  - a. Ihr Vor- und Familienname sowie E-Mail-Adresse zum Zweck der Kommunikation und zwecks Identifikation Ihrer Messdaten im Falle Ihres Widerrufs der Datenspeicherung (Kontaktdaten)
  - b. Ihr Geburtsdatum, Ihr Geschlecht, Ihre Händigkeit sowie Ihre Körpergröße aus wissenschaftlichen Gründen
  - c. Bilddaten aus Ihrem Kopf zum Zwecke der Studienziele
  - d. Antworten aus einem Moral-/Empathie-Fragebogen
- Ihre Kontakt- und Fragebogendaten werden bis zur Endauswertung der Studie unter Verschluss gehalten und danach gemäß Art. 89 DSGVO gelöscht. Die pseudonymisierten biometrischen Informationen zu Geschlecht, Alter, Händigkeit und Körpergröße werden darüber hinaus zu statistischen Verrechnungen (z.B. Mittelwertbildung) verwendet, aber nicht zu anderen als den Studienzwecken archiviert. Die Daten werden auch nicht als Einzelwerte publiziert.
- Sie erhalten über die Studienleitung (siehe oben) auf Wunsch ein Abbild Ihres Kopfes, die Information über erreichte Studienergebnisse und Auskunft über Ihre gespeicherten Daten.
- Ebenso können Sie auch jederzeit die Einwilligung zur Datenverarbeitung widerrufen. Im Fall eines Widerrufs zur Datenspeicherung werden alle Ihre Daten gelöscht. Richten Sie ggf. Ihren Widerruf an den Studienleiter Dr. Christoph Krick via E-Mail: [christoph.krick@uks.eu](mailto:christoph.krick@uks.eu)

### Wichtige Hinweise

Lose Metallteile können durch den starken Magneten angezogen werden oder Schaden nehmen. Wir bitten Sie daher vor Betreten des Untersuchungsraumes folgende **Gegenstände abzulegen**: Uhr, Brille, Ohringe, Ketten, Metallteile an der Kleidung, Geldmünzen, Kugelschreiber, Schlüssel und Haarspangen, Feuerzeug, Scheckkarten mit Magnetstreifen (werden gelöscht), Zahnprothesen (falls möglich) und Hörhilfen.

Die Teilnahme an den Forschungsvorhaben und an den Datenerhebungen ist freiwillig. Die Teilnahme an der universitären Forschung hat auf das Studium oder die Bewertung von Klausuren keinerlei Einfluss. Bitte fragen Sie bei Unklarheiten nach! – Wenn Sie nach umfassender Information an der Studie partizipieren möchten, geben Sie uns bitte Ihr Einverständnis über die beigefügte Einverständniserklärung. Ein Widerruf der Einwilligung und damit Abbruch der Studienteilnahme zieht für keinen der Beteiligten weder persönliche noch studiumsbedingte Nachteile nach sich.

Dr. Christoph Krick  
Studienleiter

### A.3 Einwilligungserklärung zur Durchführung der Kernspintomographie und zur Datenverarbeitung

**KLINIK FÜR DIAGNOSTISCHE UND INTERVENTIONELLE NEURORADIOLOGIE**  
**Studienleiter: Dr. Christoph M. Krick**  
**Universitätsklinikum des Saarlandes**  
**66421 Homburg-Saar**

**Einwilligungserklärung zur Durchführung der Kernspintomographie und zur Datenverarbeitung für Teilnehmer/innen an der Studie „Neurobiologische Grundlagen der Moral im Gehirn“**

\_\_\_\_\_  
Name und Vorname des Probanden

\_\_\_\_\_  
Geburtsdatum

\_\_\_\_\_  
Körpergröße (cm)

\_\_\_\_\_  
Händigkeit

\_\_\_\_\_  
E-Mail-Adresse

- Ich bin über Wesen, Bedeutung, Ausschlusskriterien und Tragweite der geplanten Untersuchung aufgeklärt worden. Dazu wurde mir ein Exemplar der Probandeninformation ausgehändigt. Zu dem Ablauf und den möglichen Risiken konnte ich Fragen stellen. Die mir erteilten Informationen habe ich inhaltlich verstanden.  
Ich willige hiermit in die Teilnahme an den Untersuchungen ein. Mir ist bekannt, dass ich meine Einwilligung jederzeit ohne Angaben von Gründen widerrufen kann, ohne dass mir daraus ein Nachteil entsteht.
- **Ich weiß, dass die bei der Untersuchung mit mir gewonnenen Daten mit Computern weiterverarbeitet werden und für wissenschaftliche Zwecke verwendet werden sollen. Hiermit bin ich einverstanden, wenn die Verarbeitung und Veröffentlichung in einer Form erfolgt, die eine Zuordnung zu meiner Person ausschließt. Auch diese Einwilligung kann ich jederzeit ohne Angaben von Gründen widerrufen.**

\_\_\_\_\_  
Ort, Datum

\_\_\_\_\_  
Unterschrift des Probanden

\_\_\_\_\_  
Unterschrift des Untersuchenden

Bei Minderjährigen:

\_\_\_\_\_  
Unterschrift des/der Erziehungsberechtigten

## A.4 Fragebogen zur Erfassung von Empathie, Prosozialität, Aggressionslegitimation und Aggressionshemmung für Erwachsene

männlich  weiblich

### Fragebogen: FEPA-A-E

Im folgenden Abschnitt sind einzelne Situationen beschrieben, wie sie täglich passieren können. Geben Sie bitte an, wie sich die Hauptpersonen Ihrer Meinung nach in der jeweiligen Situation fühlen, kreuzen Sie bitte **immer nur eine** der drei Antwortmöglichkeiten an.

**(1) Hans zeigt seinem Freund Thomas voller Stolz das neue Auto, das er sich vor einer Woche gekauft hat. Thomas gefällt das Auto sehr gut und er bittet Hans, ihn das Auto ausprobieren zu lassen. Als Thomas aus der Parklücke fahren will, passiert ihm ein Unglück: Er hat beim Ausparken die Stoßstange des vorderen Autos nicht richtig eingeschätzt und nun ist die ganze Seite des Fahrzeuges eingedrückt.**

*Wie fühlt sich Hans, als er sieht, dass sein neues Fahrzeug beschädigt ist?*

- Es macht ihm nichts aus, weil die Versicherung für den Schaden aufkommen wird.
- Er ist überrascht, da er nicht geglaubt hat, dass sein Freund Thomas einen solchen Fehler machen würde.
- Er ärgert sich, weil sein neues Auto eine Delle hat.

*Wie fühlt sich Thomas dabei?*

- Es ist ihm gleichgültig, da so etwas jedem einmal passieren kann.
- Es ist ihm peinlich, dass er eine Delle in das Auto gefahren hat.
- Er ist wütend, weil ihm sein Freund erlaubt hat, mit dem Auto zu fahren.

*Wie würden Sie an der Stelle von Thomas reagieren?*

- Ich würde mich entschuldigen, weil ich sein neues Auto beschädigt habe.
- Ich würde ihm sagen, er soll sich nicht aufregen, denn die Versicherung wird schon zahlen.
- Ich würde mich über Hans ärgern, weil er mir das Auto geliehen hat.

**(2) Renate erzählt ihrer Freundin Waltraud, dass sie von der Bank einen größeren Geldbetrag abgehoben hat, weil sie sich einen neuen Computer mit allem Zubehör kaufen wollte. Als sie in dem Computerladen ankam, merkt sie, dass ihre Geldbörse nicht mehr da ist.**

*Wie fühlt sich Renate, als sie merkt, dass ihr Geld weg ist?*

- Sie ist ganz niedergeschlagen, weil ihr lang zusammengespartes Geld fort ist.
- Sie ist wütend, weil die Polizei die Taschendiebe nicht aus dem Verkehr ziehen kann.
- Es macht ihr wenig aus, weil sie sich den Betrag ja wieder zusammen sparen kann.

*Wie fühlt sich ihre Freundin Waltraud?*

- Sie macht sich über Renate lustig, weil die so dumm ist und sich bestehlen lässt.
- Renate geht ihr mit ihrem Gerede auf die Nerven.
- Renate tut ihr leid, weil das doch ein großer Verlust war.

## Fortsetzung A.4

*Wie würden Sie an der Stelle von Waltraud reagieren?*

- Ich würde versuchen, Renate zu trösten.
- Ich würde ihr sagen, dass im Leben noch viel Schlimmeres passieren kann.
- Ich würde ihr klarmachen, dass so ein Computer nur die Freizeit auffrisst.

**(3) Auf einer Betriebsfeier wollen die Kollegen Alexander, den Mann in der Poststelle, hereinlegen und sie machen untereinander aus, dass an diesem Abend keiner mit ihm reden wird.**

*Wie fühlt sich Alexander, als bei der Feier alle durch ihn hindurch sehen und keiner mit ihm spricht?*

- Er ist verwirrt, weil er das nicht erwartet hat.
- Es ist ihm gleichgültig, da Menschen eben komisch sein können.
- Er fühlt sich schuldig, weil er denkt, dieses Verhalten vielleicht verursacht zu haben.

*Was denkt sich sein Kollege Theo, der mit Alexander zusammen in der Poststelle arbeitet?*

- Es ist ihm gleichgültig, weil es ja nur ein Scherz ist.
- Er ist zornig auf Alexander, weil dieser von ihm wissen will, was los ist.
- Alexander tut ihm leid, weil die Kollegen ihm diesen Streich spielen.

*Wie würden Sie an Stelle von Theo reagieren?*

- Ich hätte mit Alexander Mitleid.
- Ich würde mich heimlich darüber freuen, weil Alexander wegen des Scherzes so durcheinander ist.
- Mir wäre es gleichgültig, was in Alexander vorgeht.

**(4) Laura hat in ihrem Betrieb schon seit einiger Zeit Ärger, weil sie immer zu spät zur Arbeit kommt. Als sie wieder eine Stunde zu spät dran ist, bittet sie ihre Freundin Heidi, dem Chef zu sagen, dass ihr Auto eine Panne gehabt hat und sie sich deswegen verspätet haben.**

*Was denkt sich Laura, als sie Heidi um diesen Gefallen bittet?*

- Eine Hand wäscht die andere, beim nächsten Mal tue ich ihr einen Gefallen.
- Vermutlich macht Heidi das nicht so gern, wo sie doch immer so korrekt ist.
- Eine Freundin muss schon zu einer kleinen Notlüge bereit sein.

*Was glauben Sie, wie fühlt sich Heidi, als Laura sie bittet, die Schuld für die Verspätung auf sich zu nehmen?*

- Es ist eine Zumutung, dass ich den Kopf für Laura hinhalten soll.
- Der Chef wird schon nicht merken, dass wir ihn linken.
- Heidi freut sich, einer Freundin einen Gefallen zu leisten.

## **Fortsetzung A.4**

*Wie würden Sie an Stelle von Heidi reagieren?*

- Ich habe Verständnis für Laura, denn die ist sowieso häufig verwirrt.
- Die soll mit ihrem Problem selbst zu Recht kommen, ich lasse mich da nicht hineinziehen!
- Laura wird mir auch helfen, wenn ich einmal ein Problem habe.

**(5) Dominick ist in seiner Freizeit begeisterter Motorradbastler. Als er auf seinem Tank eine neue Airbrush-Malerei fertig gestellt hat, zeigt er diese seinem Bikerfreund Oliver.**

*Was denkt sich Dominick, als er sein neues Kunstwerk vorführt?*

- Oliver wird vor Neid platzen, wenn er meinen neuen Tank sieht.
- Den wird das auch interessieren, weil er doch auch ein Motorrad-Fan ist.
- Jetzt bin ich im Biker-Club der Größte.

*Was geht in Oliver vor, als er den neuen Tank sieht?*

- Er denkt sich, dass Dominick ein alter Angeber ist.
- Er ärgert sich, weil sein eigenes Motorrad nicht so toll aussieht.
- Er freut sich für seinen Freund, weil ihm die Malerei so gut gelungen ist.

*Wie würden Sie an Stelle von Oliver reagieren?*

- Mir wäre es ziemlich gleichgültig, wie der seinen Tank bemalt hat.
- Ich freue mich mit ihm, weil er so begeistert von seiner Kunst ist.
- Ein Bild auf dem Tank macht ein Motorrad nicht besser.

**(6) Britta ist zu einer Party eingeladen, auf die sie sich schon sehr freut. Sie ist schon etwas spät dran, und kurz bevor sie aus dem Haus gehen will, ruft sie Melanie an und bittet Britta, sie in den Nachbarort zu ihrem Freund zu fahren, weil ihr Auto eben seinen Geist aufgegeben hat.**

*Was denkt sich Melanie, als sie Britta um den Gefallen bittet?*

- Sie will Britta wieder einmal für ihre Zwecke einspannen.
- Sie ist etwas verzweifelt, weil sie keine andere Möglichkeit sieht, zu ihrem Freund zu kommen.
- Sie ärgert sich, weil ihr Auto wieder eine Macke hat.

*Was geht in Britta vor, als sie angerufen wird?*

- Sie ärgert sich, weil sie es selbst eilig hat.
- Es macht ihr nichts aus, Melanie in den Nachbarort zu fahren.
- Sie freut sich, dass sie Melanie einen Gefallen tun kann.

## Fortsetzung A.4

*Wie würden Sie an Stelle von Britta reagieren?*

- Ich würde es ablehnen, Taxi für Melanie zu spielen.
- Ich würde mich ärgern, weil ich selbst in Zeitdruck bin und zu spät auf die Party komme.
- Es würde mir nichts ausmachen, Melanie zu ihrem Freund zu fahren.

**(7) Rudolf will gerade seine Arbeit im Betrieb beenden als ihn Edgar bittet, für ihn noch eine Lkw-Ladung für den nächsten Tag zu Recht zu machen, weil er dringend zu einer Geburtstagsfeier muss.**

*Was denkt sich Edgar, als er Rudolf bittet, den Job für ihn zu übernehmen?*

- Ich habe es wirklich eilig und der Rudolf kann das schon für mich übernehmen.
- Ein schlechtes Gewissen habe ich schon, aber hoffentlich übernimmt er meinen Job für heute Abend.
- Der Rudolf soll doch froh sein, etwas zu tun zu haben, der hängt doch sowieso nur vor der Glotze.

*Was denkt sich Rudolf dabei?*

- Eigentlich ist das eine Zumutung, aber ich kann es verstehen, dass Edgar rechtzeitig zu der Geburtstagsfeier kommen will.
- Er ist traurig, da er wieder einmal der Dumme ist.
- Er lehnt die Arbeit ab, weil Edgar damit beauftragt ist.

*Wie würden Sie an Stelle von Rudolf reagieren?*

- Der soll mit dem Auftrag doch alleine zu Recht kommen.
- Es ist zwar ärgerlich, aber ich kann das schon übernehmen.
- Ich mache das nur, wenn mir der Chef den Auftrag dazu gibt.

**(8) Greta ist Mitglied beim Roten Kreuz und sammelt in der Innenstadt Spenden für das RK. Als ihre Bekannte Stefanie vorbeikommt, hält sie auch ihr die Sammelbüchse hin.**

*Was denkt sich Greta, als sie Stefanie um eine Spende bittet?*

- Die wird bestimmt einen Euro für das RK übrig haben!
- Das wird sie sicher ärgern, weil sie mir nicht auskommt.
- Stefanie freut sich bestimmt, dass sie dem RK etwas spenden kann.

*Was denkt sich Stefanie dabei?*

- Eine Spende für das RK? Für den guten Zweck helfe ich doch gerne.
- Diese ewige Abzocke in der Innenstadt!
- Vor meiner Bekannten muss ich mich etwas großzügig erweisen.

## **Fortsetzung A.4**

*Wie würden Sie an Stelle von Stefanie reagieren?*

- Ich wäre ziemlich sauer, wenn mich eine Bekannte um eine Spende angeht.
- Es macht mir nichts aus, auch einmal „Nein“ zu sagen.
- Eine kleine Spende macht mich nicht arm, die kann gerne etwas von mir haben.

**(9) Paul wird in der Werkstätte von allen gehänselt. Alfons hat mitbekommen, wie ein Kollege das Werkzeug von Paul versteckt hat.**

*Was denkt sich Alfons, als er mitbekommt, dass das Werkzeug von Paul versteckt wird?*

- Es geht schon in Ordnung, dem Paul geschieht das zu Recht.
- Er hat Mitleid mit Paul.
- Es ist ihm gleichgültig, er hat es ja nicht getan.

*Was denkt sich Paul dabei?*

- Er ist ärgerlich, weil das nicht zum ersten Mal passiert ist.
- Er ist traurig, weil auf ihm herumgehackt wird.
- Es macht ihm nichts aus.

*Wie würden Sie an Stelle von Alfons reagieren?*

- Es wäre mir gleich, denn jeder muss selbst schauen, wie er zurechtkommt.
- Ich finde es lustig, wenn es im Betrieb nicht so langweilig zugeht.
- Ich hätte Mitleid mit Paul und würde ihm sein Werkzeug wieder geben.

**(10) Die Mitarbeiter in der Abteilung machen aus, dass sie am Abend in einen Biergarten gehen wollen. Da fällt es einem ein, dass Nina wieder eingeladen werden soll, weil sie eine Langweilerin ist. Wibke soll ihr das beibringen.**

*Was denkt sich Wibke, dass sie die Nina ausladen soll?*

- Das mache ich schon, denn die muss nicht dabei sein.
- Ich freu' mich zu sehen, was die für ein Gesicht macht, wenn ich sie auslade.
- Eigentlich tut sie mir leid, weil die Nina immer die Dumme ist.

*Was geht in Nina vor, als sie mitbekommt, dass sie nicht dabei sein soll?*

- Es freut sie, dass sie nicht mitgehen muss.
- Sie ist traurig, dass immer sie ausgeschlossen wird.
- Sie fühlt sich schuldig, weil die anderen sie nicht dabei haben wollen.

*Wie würden Sie an Stelle von Wibke reagieren?*

- Mir täte die Nina leid.
- Ich mache das gerne im Namen der Kollegen.
- Ich hätte Angst, dass sich die Nina an mir revanchieren könnte.

#### **Fortsetzung A.4**

**(11) Christoph und Ulrich spielen in einer Mannschaft Fußball. Dicht vor dem gegnerischen Tor gibt Christoph den Ball an Ulrich ab, doch der verfehlt das Tor.**

**Kurz darauf ist das Spiel zu Ende und ihre Mannschaft hat 0 : 1 verloren.**

*Wie fühlt sich Ulrich, weil er den Ball nicht reingekriegt hat?*

- Er ist von sich selbst enttäuscht.
- Es ist ihm egal, weil seine Mitspieler ja auch kein Tor erzielt haben.
- Er ist zornig auf Christoph, weil der selbst hätte schießen können.

*Was denkt Christoph darüber?*

- Er denkt nicht mehr darüber nach, weil man jetzt eh nichts mehr machen kann.
- Er ist überrascht, dass ihm das Tor nicht gelungen ist.
- Er ärgert sich, weil seine Mannschaft verloren hat.

*Wie würden Sie an Stelle von Christoph reagieren?*

- Ich würde Ulrich beschimpfen, weil er ein Versager ist.
- Ich würde ihn trösten, weil das jedem passieren kann.
- Mir wäre das gleich, weil es ja nur ein Spiel ist.

**(12) Kerstin erzählt ihrer Arbeitskollegin Frauke, dass sie in diesem Jahr eine Prämie für gute Leistungen erhalten wird. Frauke, die leer ausgegangen ist, beschimpft Kerstin, dass sie eine „blöde Schleimerin“ sei.**

*Warum sagt Frauke das?*

- Sie ist neidisch auf Kerstin.
- Sie mag Kerstin nicht.
- Sie ist einfach ein impulsiver Mensch.

*Wie fühlt sich Kerstin darauf hin?*

- Sie ist verletzt, weil Frauke sie beleidigt hat.
- Ihr ist das gleichgültig, weil sie sowieso nichts von Frauke hält.
- Sie hat ein schlechtes Gewissen, weil Frauke keine Prämie bekommen hat.

*Wir würden Sie an Kerstins Stelle reagieren?*

- Ich würde Frauke sagen, dass es schade ist, dass sie keine Prämie bekommen hat, aber dass sie mich deswegen nicht beleidigen muss.
- Ich würde ihr die Beschimpfungen mit gleicher Münze heimzahlen.
- Mir wäre das gleichgültig, wie die andere reagiert.

#### **Fortsetzung A.4**

**(13) Fabian erzählt seinem besten Freund Victor voller Verzweiflung, dass ihn seine Frau in der Vorwoche verlassen hat.**

*Wie fühlt sich Fabian?*

- Fabian ist niedergeschlagen.
- Fabian ist heilfroh, aus der Ehe herauszukommen.
- Fabian ist es gleichgültig, was seine Frau macht.

*Was denkt Victor, als er das hört?*

- Er findet Fabians Gejammere übertrieben.
- Fabian tut ihm leid.
- Er will von diesen privaten Problemen nichts hören.

*Wir würden Sie an Victors Stelle reagieren?*

- Ich würde ihm sagen, er soll sich darüber nicht so aufregen.
- Ich würde versuchen, ihn zu trösten.
- Mich geht das alles nichts an, es ist ja nicht meine Ehe.

**(14) Jens erzählt aufgeregt seinem Freund Ferdinand, dass er beim letzten Saunabesuch seine unbedeckte Chefin mit einem jungen Begleiter im Hot-Whirl-Pool angetroffen habe.**

*Wie hat sich Jens dabei gefühlt?*

- Es war ihm unangenehm, seine Chefin in dieser Situation angetroffen zu haben.
- Er hat sich diebisch gefreut.
- Er hat sich geärgert, in eine solche Situation gekommen zu sein.

*Was hat Ferdinand gemacht?*

- Er hat seinen Freund Jens beruhigt, denn er hat der Chefin ja nicht hinterher spioniert.
- Er freut sich darauf, dass dies vielleicht negative Folgen für Jens haben wird.
- Er findet seinen Freund unmöglich, warum muss der auch in eine Sauna gehen.

*Wie würden Sie an Ferdinands Stelle reagieren?*

- Ich würde Jens beruhigen.
- Mir geht das alles auf den Keks.
- Der Jens ist ein widerlicher Spinner.

## A.5 Interpersonaler Aktivitätsindex

männlich  weiblich

### Fragebogen: Interpersonaler Aktivitätsindex

Die folgenden Aussagen beziehen sich auf Ihre Gedanken und Gefühle in vielfältigen Situationen. Geben Sie für jede Aussage an, wie gut sie auf Sie zutrifft und kreuzen Sie den Grad der Übereinstimmung auf einer Skala von 0 bis 4 an. Lesen Sie bitte jede Aussage sorgfältig durch und beantworten Sie bitte alle Fragen.

#### Skala zwischen den Polen:

0 = Beschreibt mich nicht gut

4 = Beschreibt mich sehr gut

	0	1	2	3	4
1. Ich habe Tagträume und stelle mir recht regelmäßig Dinge vor, die mir passieren könnten.					
2. Ich empfinde oft warmherzige, sorgende Gefühle für Leute, denen es weniger gut geht als mir.					
3. Mir fällt es manchmal schwer, Dinge aus der Sicht einer anderen Person zu sehen.					
4. Manchmal habe ich wenig Mitleid für andere Menschen, die gerade Probleme haben.					
5. Ich lasse mich stark auf Gefühle von Romanfiguren ein.					
6. In Notfallsituationen fühle ich mich ängstlich und unbehaglich.					
7. Ich bin normalerweise objektiv, wenn ich einen Film oder Theaterstück ansehe und vertiefe mich nur selten komplett darin.					
8. Ich versuche bei Meinungsverschiedenheiten zuerst alle Ansichten zu betrachten, bevor ich eine Entscheidung treffe.					
9. Wenn ich sehe, wie jemand ausgenutzt wird, habe ich das Gefühl, ihn schützen zu müssen.					
10. Manchmal fühle ich mich hilflos, wenn ich mich inmitten einer sehr emotionsgeladenen Situation befinde.					
11. Ich versuche manchmal, meine Freunde besser zu verstehen, indem ich mir vorstelle, wie die Dinge aus Ihrer Sicht aussehen könnten.					
12. Ich lasse mich eher selten sehr intensiv auf ein gutes Buch oder einen guten Film ein.					
13. Wenn ich sehe, wie jemand verletzt wird, bleibe ich meistens ruhig.					
14. Das Unglück anderer lässt mich normalerweise weitgehend unberührt.					
15. Wenn ich mir sicher bin, dass ich Recht habe, vergeude ich nicht viel Zeit damit, mir die Argumente von anderen anzuhören.					
16. Nach einem Theaterstück oder Film habe ich mich schon mal gefühlt, als wäre ich eine der Personen aus dem Stück/Film.					
17. Angespante, emotionale Situationen machen mir Angst.					
18. Wenn ich eine Person sehe, die unfair behandelt wird, empfinde ich manchmal nur wenig Mitleid.					

### Fortsetzung A.5

19. Normalerweise komme ich mit Notfallsituationen gut zurecht.					
20. Ich bin oft ziemlich berührt von Dingen, die ich mitbekomme.					
21. Ich glaube, dass jedes Problem zwei Seiten hat, und versuche deshalb, beide zu sehen.					
22. Ich würde mich selbst als eine ziemlich gutmütige Person beschreiben.					
23. Wenn ich einen guten Film sehe, kann ich mich sehr leicht in die Lage einer der Hauptpersonen hineinversetzen.					
24. Ich neige dazu, in Notfällen die Kontrolle zu verlieren.					
25. Wenn ich wütend auf jemanden bin, versuche ich normalerweise, mich für eine Weile in die Lage der anderen Person zu versetzen.					
26. Wenn ich eine interessante Geschichte oder einen guten Roman lese, stelle ich mir vor, wie ich mich fühlen würde, wenn mir die beschriebenen Ereignisse passieren würden.					
27. Wenn ich jemanden sehe, der dringend Hilfe in einem Notfall braucht, breche ich zusammen.					
28. Bevor ich jemanden kritisiere, versuche ich mir vorzustellen, wie ich mich an seiner Stelle fühlen würde.					

## A.6 Ergebnisse der 38 Probanden aus dem FEPAA-E

Probanden- nummer	Punktzahl Empathie (max. 28)	Empathie- Score	Punktzahl Prosozialität (max. 14)	Prosozialitäts- Score
1	17	0,607	10	0,714
2	23	0,821	12	0,857
3	25	0,893	14	1,000
4	24	0,857	13	0,929
5	26	0,929	14	1,000
6	22	0,786	13	0,929
7	25	0,893	13	0,929
8	22	0,786	13	0,929
9	13	0,464	8	0,571
10	26	0,929	13	0,929
11	21	0,750	13	0,929
12	23	0,821	11	0,786
13	21	0,750	11	0,786
14	23	0,821	12	0,857
15	22	0,786	10	0,714
16	23	0,821	14	1,000
17	19	0,679	9	0,643
18	20	0,714	12	0,857
19	21	0,750	11	0,786
20	16	0,571	6	0,429
21	21	0,750	12	0,857
22	22	0,786	13	0,929
23	23	0,821	10	0,714
24	26	0,929	14	1,000
25	23	0,821	11	0,786
26	23	0,821	10	0,714
27	25	0,893	13	0,929
28	24	0,857	12	0,857
29	23	0,821	13	0,929
30	22	0,786	13	0,929
31	25	0,893	11	0,786
32	24	0,857	14	1,000
33	26	0,929	13	0,929
34	23	0,821	12	0,857
35	21	0,750	13	0,929
36	22	0,786	13	0,929
37	21	0,750	12	0,857
38	25	0,893	11	0,786

## A.7 Ergebnisse der 38 Probanden aus dem IRI

Probanden- nummer	Fantasie (max. 28)	Perspektiv- übernahme (max. 28)	Empathische Besorgnis (max. 28)	Distress (max. 28)
1	11	19	15	4
2	18	15	21	5
3	25	20	21	15
4	27	21	16	15
5	20	19	25	6
6	11	13	18	13
7	25	17	24	15
8	10	23	26	14
9	9	8	16	5
10	22	14	21	11
11	17	15	19	16
12	17	18	18	6
13	18	26	28	15
14	14	13	19	10
15	24	7	15	12
16	15	16	20	15
17	16	9	15	8
18	18	21	23	4
19	16	19	19	8
20	11	11	19	9
21	22	24	23	9
22	12	17	26	21
23	18	20	23	3
24	22	18	24	9
25	19	21	23	8
26	18	18	23	12
27	12	26	25	9
28	19	20	23	12
29	25	14	20	14
30	22	17	17	9
31	13	18	18	10
32	9	27	25	7
33	23	20	24	9
34	16	19	27	6
35	12	20	20	15
36	20	22	24	7
37	20	17	19	9
38	21	17	21	14

## **10. Publikation**

Teile der Dissertation und der Ergebnisse werden aktuell auch publiziert.

Die vorläufige Referenz lautet:

**Riedl M, Noll-Hussong M, Reith W, Wagner C, Krick CM (2022) Beyond trolleys and footbridges: Gender differences of morality in the brain – an fMRI study. Front. Psychol. x:889525**

## **11. Danksagung**

Ich möchte mich bei Herrn Prof. Dr. med. Wolfgang Reith für die Bereitstellung dieses spannenden Themas bedanken und für die Möglichkeit, die Messungen im Kernspintomographen bei zahlreichen Probanden durchführen zu können.

Ganz besonders möchte ich mich bei Herrn Priv.-Doz. Dr. rer. med. Christoph Krick für die begeisterte Schilderung und Betreuung dieses Projekts, für die Bereitstellung von Software und Literatur, für die Unterstützung bei der statistischen Analyse, die Beantwortung von Fragen und seine stets motivierenden Anregungen bedanken.

Ferner möchte ich Herrn Priv.-Doz. Dr. med. Michael Noll-Hussong für die Bereitstellung des Fragebogens „IRI“ danken.

Für bereichernde Diskussionen möchte ich mich auch bei meiner Familie bedanken.

Mein Dank gilt allen Mitwirkenden der „Gehirnwerkstatt“ insbesondere Leonie Hoppe, die die Idee zu diesem Projekt hatte und dessen Grundlagen im Rahmen ihrer „Jugend forscht“-Arbeit entwickelt hat. Weiterhin möchte ich Christine Wagner danken, die dieses Projekt weiter ausgebaut und die Pilotstudie durchgeführt hat, auf der in dieser Arbeit aufgebaut werden konnte. Ebenso möchte ich Romina Matheis für die Unterstützung bei den MRT-Messungen und allen Probanden für ihre Teilnahme und ihr Interesse an dieser Studie danken.

## **12. Lebenslauf**

Aus datenschutzrechtlichen Gründen wird der Lebenslauf in der elektronischen Fassung der Dissertation nicht veröffentlicht.