

**AUS DEM LEHRSTUHL
FÜR PSYCHIATRIE UND PSYCHOTHERAPIE
PROF. DR. RAINER RUPPRECHT
DER FAKULTÄT FÜR MEDIZIN
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG**

*Neuronale Korrelate moralischer Urteile -
geschlechtsspezifische Unterschiede der Aktivierungen:
eine fMRT Studie*

Inaugural – Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin

der Fakultät für Medizin
der Universität Regensburg

vorgelegt von
Magdalena Resch

2016

**AUS DEM LEHRSTUHL
FÜR PSYCHIATRIE UND PSYCHOTHERAPIE
PROF. DR. RAINER RUPPRECHT
DER FAKULTÄT FÜR MEDIZIN
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG**

*Neuronale Korrelate moralischer Urteile -
geschlechtsspezifische Unterschiede der Aktivierungen:
eine fMRT Studie*

Inaugural – Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin

der Fakultät für Medizin
der Universität Regensburg

vorgelegt von
Magdalena Resch
2016

Dekan:	Prof. Dr. Dr. Torsten E. Reichert
1. Berichterstatter:	Prof. Dr. Göran Hajak
2. Berichterstatter:	Prof. Dr. Wilhelm Schulte-Mattler
Tag der mündlichen Prüfung:	06.04.2018

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	7
1 EINLEITUNG	9
2 THEORETISCHER HINTERGRUND	11
2.1. Moral und Moralisches Handeln	11
2.1.1. Moral	11
2.1.2 neuronale Korrelate moralischen Handelns.....	18
o Frontallappen.....	19
o Parietallappen.....	22
o Temporallappen.....	23
o subkortikale Strukturen.....	25
2.2. Geschlechter im Vergleich.....	27
2.2.1 das biologische Geschlecht.....	27
2.2.2 neuronale Sexualdimorphismen.....	28
2.2.2.1 Strukturelle, anatomische Sexualdimorphismen.....	28
a) Globale Unterschiede.....	29
b) Unterschiede des Cortex.....	30
o Planum temporale	30
o visueller Kortex.....	31
o Präcuneus.....	31
o Corpus Callosum.....	32
o Sulcus Centralis.....	32
c) subkortikale Regionen & limbisches System.....	32
o BnSt.....	32
o Hypothalamus.....	33
o Hippocampus.....	33
o Amygdala.....	34
o Cingulum und Thalamus.....	36
2.2.2.2. Unterschiede in der Konnektivität.....	38
2.2.2.3 funktionelle, verhaltenswissenschaftl. Unterschiede.....	39
2.2.2.4 Ergebnisse bildgebender Verfahren (fMRI).....	43

3. METHODEN	54
3.1 Probanden.....	54
3.2 Experimental Design - Stimuli und Ablauf eines Trials.....	55
3.3 Versuchsablauf.....	59
3.4 Datenaufzeichnung und fMRT- Parameter.....	60
3.5 statistische Analyse.....	61
3.5.1 Analyse der allgemeinen Daten und der Verhaltensdaten.....	61
3.5.2 Analyse der fMRT-Daten.....	62
o Datenvorverarbeitung.....	62
o Statistische Analyse der fMRT-Daten.....	63
o Gruppenanalyse.....	64
4. ERGEBNISSE	66
4.1 Verhaltensdaten während des fMRI-Experiments.....	66
4.2 Verhaltensdaten anhand des Fragebogens.....	67
4.2.1 Ergebnisse Fragebogen.....	67
4.3 fMRT-Daten.....	69
4.3.1 Der Kontrast $M > N$	69
4.3.2 Der Kontrast $UM > M$	71
4.3.3 Der Kontrast $M > UM$	71
4.3.4 Geschlechtsabhängige Mehraktivierungen.....	72
5. DISKUSSION	73
5.1 Diskussion der Verhaltensdaten beider Testgruppen.....	74
5.2 Diskussion der fMRT Daten.....	77
5.2.1 Diskussion der Mehraktivierungen des Kontrastes $M > N$	77
5.2.2 Diskussion der Mehraktivierungen des Kontrastes $m > um$	81
5.2.3 Diskussion der Mehraktivierungen im Kontrast $\text{♀} > \text{♂} (M > N)$	84
5.3. Kritik und Ausblick.....	88
6. Literaturverzeichnis	91
7. Abbildungs und Tabellenverzeichnis	125
8. Danksagung	126
9. Eidesstattliche Erklärung	127
10. Anhang	128

Zusammenfassung

Seit jeher ist das Thema Moral Gegenstand von philosophischen und wissenschaftlichen Abhandlungen. Das Interesse daran, welche neuronalen Prozesse an moralischen Entscheidungen beteiligt sind, hat in den letzten Jahren sehr zugenommen. Zahlreiche Studien konnten zeigen, dass moralische Entscheidungen mit einer verstärkten Aktivierung gewisser Gehirnareale in Verbindung stehen: Diese Aktivierung zeigt sich im präfrontalen Cortex (PFC), im anterioren Temporalpol (aTP), dem superioren temporalen Sulcus (STS), dem anterioren cingulären Cortex (ACC) und dem Präcuneus (Moll et al., 2001; Greene et al., 2001; Sommer et al., 2010; Fumagalli et al., 2012; Pascual et al. 2013).

So ist der *Frontalcortex* an der Wahrnehmung und Integration von Emotionen in moralische Entscheidungsprozesse ebenso beteiligt, wie an emotionalen Lernprozessen, an der Einschätzung eines moralischen Wertes und dem Einnehmen einer anderen Perspektive im Sinne der 'Theory of Mind' (ToM) (Zysset et al. 2002; Greene und Haidt, 2002; Fuster et ; al., 2001; Elliot et al., 2000; Heekeren et al. 2003 & 2005 Sommer et al., 2007; Karnath-Thier, 2006; Luo et al. 2006; Moll et al., 2001).

Teile des *Temporallappens* spielen eine wichtige Rolle, wenn es darum geht Rückschlüsse auf Absichten und 'Belief' anderer zu ziehen; sie sind auch für die soziale Wahrnehmung und Empathie von Bedeutung (Sommer et al, 2007; Allison et al, 2000; Narumoto et al, 2001; Saxe et al, 2004; Carr et al, 2003; Farrow et al, 2001; Leslie et al, 2004).

Der *anteriore cinguläre Cortex* wird bei Gewissenskonflikten aktiviert, insbesondere beim Geben utilitaristischer Antworten; zudem ist er an der Regulation intrinsischer Motivation beteiligt (Greene et al., 2004; Young und Koenigs, 2007; Gruber et al., 2002).

Der *Präcuneus* ist bedeutend für das Vorstellungsvermögen, für Selbstwahrnehmung und Bewusstsein, sowie für das Treffen von empathischen, emotionalen Urteilen und damit auch bei moralisch persönlichen Konflikten (Kjaer und Lou, 2000; Kjaer et al. 2001; Farrow et al. 2001; Greene et al., 2001).

In vorliegender Arbeit wird mit Hilfe moderner Bildgebung (funktionelle

Magnetresonanztomographie, fMRT) untersucht, inwieweit neuronale Prozesse während moralischer Entscheidungsaufgaben abhängig vom Geschlecht aktiviert werden.

Dabei hatten sich die Probanden zwischen der Erfüllung eines persönlichen Bedürfnisses (unmoralische Entscheidung) und der Erfüllung einer ethischen Norm (moralische Entscheidung) zu entscheiden. Dabei bezogen sich die moralischen Konfliktformen auf alltägliche Situationen mit zwischenmenschlichen und sozialen Interaktionen ohne strafrechtliche Relevanz. Als Vergleichskonflikte wurden den Probanden zudem neutrale Entscheidungen ohne moralischen Inhalt in Textform vorgelegt.

Die statistische Auswertung ergab signifikante Unterschiede zwischen der Aktivierung bei neutralen (N) und moralischen (M) Konflikten. Es zeigte sich also, dass eine Verwendung strafrechtlich nicht relevanter, moralischer Konflikte somit durchaus geeignet ist, um Unterschiede in der Verarbeitung neuronaler Prozesse der Moral abzubilden.

Die Untersuchungen ergaben, dass abhängig vom Geschlecht signifikante Unterschiede in der neuronalen Aktivierung auftreten: So zeigte sich bei Frauen gegenüber Männern eine Mehraktivierung im orbitofrontalen und ventromedialen Cortex. Auf der Verhaltensebene ergaben sich im Vergleich des moralischen bzw. unmoralischen Antwortverhaltens zwischen der männlichen und weiblichen Gruppe keine signifikanten Unterschiede.

Zusammenfassend haben sich bislang vorliegende Studienergebnisse über das moralische Netzwerk bestätigt. Darüber hinaus konnten geschlechtsspezifische Unterschiede in der neuronalen Aktivierung bei moralischen Entscheidungen nachgewiesen werden.

1. Einleitung

Die Moralität des Weibes ist im Gefühl,
wie die des Mannes
in der Vernunft begründet.
Novalis (1772-1801)¹

Moral und Geschlecht

– die Geschichte einer Diskussion

Seit der Mensch existiert, befindet er sich in moralischen Konflikten; die Frage nach der Moral stellt sich dabei nicht nur jedem Einzelnen, sondern immer auch der Gesellschaft. Mit neuen Erkenntnissen und mit jedem Fortschritt, den die Menschheit vorangeht, ergeben sich neue Situationen, die auch wieder neue moralische Konflikte bergen und moralische Entscheidungen erfordern. „Jede Tat ist ein Schritt ins Niemandsland der Moral“². Fragen der Moral und moralische Entscheidungen findet man dementsprechend im alltäglichen Leben jedes Individuums und sie bestimmen das Leben in all seinen Bereichen: im Persönlichen, in Gemeinschaft und Familie, in der Gesellschaft, in Glaube und Religion, und natürlich mit großer Tragweite auch in der Politik. Immanuel Kant ging so weit zu sagen, dass `nur die Moral den Menschen zum Menschen macht` (Kant I., 1793, S.28).

Im Moment des Schreibens dieser Zeilen, leben 7.170.777.083 Menschen auf der Erde und mit jeder Sekunde kommen 2,5 Menschen dazu³ - wen wundert es, dass es da viele verschiedene Moral-Vorstellungen gibt. Neben kulturellen Moral-Unterschieden gibt es schließlich auch von Mensch zu Mensch individuelle unterschiedliche Vorstellungen. Da liegt die Frage natürlich nahe, ob es auch geschlechtsbedingte Unterschiede gibt. Seit jeher gab es in den Köpfen der Menschen die Vorstellung, dass Männer und Frauen nicht nur biologische unterschiedlich seien, sondern dass sie auch anders „ticken“, anders fühlen, anders denken. Das Zitat von Novalis „die Moralität des Weibes ist im Gefühl, wie die des Mannes in der Vernunft begründet“, beschreibt diese gängige Vorstellung, dass die

1 Aus Novalis: Fragmente, Kapitel 14; 1929, Ernst Kamnitzer (Hrsg)

2 http://www.academia.edu/7733740/Walter_Fuerst_Aphorismen

3 <http://www.umrechnung.org/weltbevoelkerung-aktuelle-momentane/weltbevoelkerungszahler.htm>, 02.10.2013

Frau emotionaler und der Mann rationaler sei, sehr gut. So ist also im Zusammenhang mit dem Thema Moral auch immer wieder das Geschlecht Gegenstand der Forschung von Philosophen, Psychologen, Psychiatern, Soziologen und anderen Wissenschaften.

Der berühmte Entwicklungspsychologe Lawrence Kohlberg zum Beispiel teilte den moralischen Entwicklungsprozess in sechs Stufen ein, wobei die höchste Stufe der Moral einer Orientierung entspricht, die sich nicht nur an zugewiesenen sozialen Rollen, sondern auch an Prinzipien der Entscheidung, an logischen Universalitäten und Konsistenz orientiert und für den größten Grad moralischer Reife steht (Kohlberg, 1969; Kohlberg et al., 1983). Dabei stellte Kohlberg fest, dass Männer schneller und häufiger die höchste moralische Entwicklungsstufe erreichen als Frauen. Mit dieser Feststellung löste er die Geschlechterdiskussion bezüglich der Moral aus. So brachte Kohlbergs Mitarbeiterin Carol Gilligan (1982) die These auf, dass es zwei Arten von Moral gibt: eine eher weibliche, die sich an Fürsorglichkeit - und eine eher männliche, die sich vor allem an Gerechtigkeit orientiert. Nunner-Winkler (1994) beschäftigte sich in den Neunzigern ausführlich mit Gilligans Theorie und analysierte dazu verschiedene Studien. Dabei kam sie zu dem Schluss, dass die These moralischer Geschlechtsdifferenzen „philosophisch unangemessen und empirisch unhaltbar“ sei. Jedoch wurde bisher dieser Frage noch nie im Hinblick auf neuroanatomische Unterschiede nachgegangen. Daher soll das Augenmerk in dieser Studie darauf liegen, ob es innerhalb des neuronalen Moralnetzwerks bei Frauen und Männern im selben moralischen Konflikt geschlechtsbedingte Unterschiede im Netzwerk selbst bzw im Aktivierungsgrad einzelner Strukturen gibt. Dafür wurden den Versuchspersonen, acht Frauen und acht Männern, im funktionellen Magnetresonanztomographen (fMRT) moralische Konflikte mit zum Teil moralischem und zum Teil neutralem Inhalt vorgelegt. Die dabei auftretenden neuronalen Aktivierungen wurden mittels funktioneller Bildgebung auf Unterschiede zwischen den Geschlechtern analysiert. Mit den dadurch erhaltenen Ergebnissen will diese Studie einen weiteren Beitrag zur Geschlechterforschung geben und zu den bisherigen Erkenntnissen der Moralforschung beitragen.

Dazu werden im ersten Hauptpunkt zunächst Theorien zu Moral und zum moralischen Handeln beschrieben, sowie das neuronale Netzwerk selbst. Im Anschluss daran sollen allgemeine neuronalen Unterschiede der Geschlechter im Vergleich dargestellt werden. Beides bildet die Grundlage für die Thematik dieser Studie, die im Anschluss daran eingehend beschrieben wird.

2. Theoretischer Hintergrund

2.1. Moral und Moralisches Handeln

Die Moral sagt nichts Bestimmtes

– sie ist das Gewissen –

eine Richterin ohne Gesetz.

Novalis (1772-1801)⁴

2.1.1. Moral

Was ist Moral und was ist moralisch? Diese Frage wurde immer wieder von den verschiedensten Wissenschaften aufgegriffen und ist bis heute auch immer wieder Gegenstand der Forschung, sei es in der Psychologie, der Philosophie, in den Religionswissenschaften oder den Neurowissenschaften. Das Wort Moral kommt vom lateinischen Wort moralitas, das „Moralität, Sittlichkeit, Charakter“ bedeutet, beziehungsweise von dem lateinischen mos, moris, das mit „Sitte, Brauch, Gewohnheit, Charakter“ übersetzt wird. Der Begriff „Moral“ wird seit dem 16. Jahrhundert in der Bedeutung „Sittlichkeit“ und seit dem 17. Jahrhundert auch als Synonym für „Sittenlehre“ (philosophia moralis) verwendet (Austeda 1962, S.164). Der Duden definiert Moral als „die Gesamtheit von ethisch-sittlichen Normen, Grundsätzen, Werten, die das zwischenmenschliche Verhalten einer Gesellschaft regulieren, die von ihr als verbindlich akzeptiert werden“⁵

Die Frage nach der Moral beschäftigt den Menschen schon lange, und so ist es nicht verwunderlich, dass die ersten tiefer gehenden, überlieferten Diskussionen zur Moral aus der Zeit der alten Griechen stammen. Platon (427-347 v. Chr.) und Aristoteles (384-322 v. Chr.) waren beide als Tugend-Ethiker der Meinung, dass man allein über die Vernunft zu moralischen Entscheidungen komme. Sie definierten also die Moral als die vernunftgemäße, „richtige“ Entscheidung. Die sich daraus ergebende Frage „wer definiert was `richtig` ist?“ beantwortete dann Immanuel Kant (1724-1804) im Sinne der Deontologie (griechisch δέον, die Pflicht)⁶. Er statuierte den kategorischen Imperativ „handle nur nach derjenigen Maxime, durch die Du zugleich wollen kannst, dass sie ein allgemeingültiges Gesetz werde“ (Casebeer et al., 2003). Moralisch richtig ist demnach das, was allgemein gültig sein kann. David Hume

4 Aus Novalis, Schriften; G. Reimer (Hrsg.), 1837 S. 247

5 <http://www.duden.de/rechtschreibung/Moral>

6 Wilhelm Gemoll, Karl Vretska, Gemoll. Griechisch-deutsches Wörterbuch

(1711-1776) sah wiederum Moral als „Human Nature“, also als jedem Menschen von Natur aus angeboren (1739). Er ging davon aus, dass Moral aus Mitgefühl entsteht, wobei Mitgefühl ein angeborener Instinkt ist, der uns mit anderen zusammenbringt. Er war der Meinung, dass wir von Gefühlen gesteuert werden, nicht von Vernunft und kündigte damit schon Jeremy Benthams (1748-1832) Utilitarismus an, indem er die Tugend definiert als „jede Qualität des Geistes, die für die Person selbst oder andere hilfreich ist“ (Boeree et al., 2006).

Sigmund Freud (1856-1939) wiederum war der Ansicht, dass Moral ein Ergebnis davon sei, dass das Über-Ich als moralische Instanz Schuld- und Schamgefühle vermeiden will. Er betonte damit ebenfalls den emotionalen, nicht-rationalen Anteil beim Bilden von moralischen Urteilen (Freud S., 1923). Jean Piaget (1896-1980) hat im Rahmen seiner Studien zur Moral Kinder in unterschiedlichen Altersklassen und deren Verständnis von Regeln und Fairness beim Mummenspiel beobachtet und daraus Stufen abgeleitet, die die kindliche, kognitive Entwicklung beschreiben. Piaget richtete sein Hauptaugenmerk dabei auf dem Sinn der Kinder für soziale Gerechtigkeit und ihrer Entwicklung moralischer Vorstellungen. Dabei konnte er zeigen, dass sich Moral stufenweise entwickelt. Diese veranschaulicht folgende Tabelle 1.1 (Mietzel, G. 2002):

I. Einfacher moralischer Realismus	Was nicht bestraft wird, ist erlaubt. Was bestraft wird, ist verboten.
II. Heteronome Moral (=fremdbestimmte Moral)	Was andere Personen gut heißen bzw vormachen, ist erlaubt. Was andere Personen nicht gut heißen, ist verboten.
III. Autonome Moral (=selbstbestimmte Moral)	Das eigene Verhalten wird unabhängig von anderen Personen beurteilt.

Tabelle 1.1.: Stufenentwicklung der Moral

Der 1927 in New York geborene Lawrence Kohlberg verwendete für seine Studien der Moral Geschichten, in denen er eine Konfliktsituation bzw ein moralisches Dilemma beschrieb. Um das moralische Urteilen zu erforschen, erzählte er z.B. die "Geschichte von Heinz". Heinz muss sich entscheiden, ob er in eine Apotheke einbrechen und ein teures Medikament stehlen soll, um damit das Leben seiner Frau

zu retten, oder nicht.

Kohlberg sammelte Antworten in Interviews und teilte diese in drei Kategorien, entsprechend des jeweiligen Entwicklungsniveaus, wobei bei jedem Niveau jeweils zwei Stufen unterschieden werden können (Mietzel, G. 2002). Er definierte also sechs Moralstufen basierend auf dem Stufen-Modell von Piaget. Kohlberg zeigte damit, dass der Mensch – je nach Entwicklungsstufe – zu vernünftigem Abwägen fähig ist und durch rationale Überlegung zu einer moralischen Entscheidung kommt. Man spricht daher vom „rationalist model“. Kohlberg zeigte zudem, dass Moral als ein System von Transformationen gesehen werden kann, die kognitiven Konstrukten unterliegen. Ferner machte er deutlich, wie sich das Moralverständnis bzw die Moralfähigkeit bei Kindern parallel zur kognitiven Entwicklung mitentwickelt. Die von Kohlberg definierten sechs Stufen (Kohlberg 1969; Kohlberg et al.,1983) sind wie folgt:

Stufe 1: Orientierung an Bestrafung und Gehorsam: Egozentrischer Respekt vor überlegener Macht oder Prestigestellung bzw Vermeidung von Schwierigkeiten.

Stufe 2: Naiv egoistische Orientierung. Richtiges Handeln um die Bedürfnisse des Ich und gelegentlich die der anderen instrumentell zu befriedigen.

Stufe 3: Orientierung am Ideal des „Guten Jungen“: Konformität mit stereotypischen Vorstellungen vom natürlichen Verhalten oder Mehrheitsverhalten.aus Bemühung um Beifall, um zu gefallen und zu helfen

Stufe 4: Orientierung an Aufrechterhaltung von Autorität und sozialer Ordnung: Bestrebung „seine Pflicht zu tun“ und Respekt vor der Autorität zu zeigen. Einhaltung der sozialen Ordnung um ihrer selbst willen. Rücksicht auf die Erwartungen anderer.

Stufe 5: Legalistische Vertrags-Orientierung: Anerkennung einer willkürlichen Komponente oder Basis von Regeln und Erwartungen als Ausgangspunkt. Allgemein Vermeidung der Verletzung von Absichten oder Rechten anderer, sowie von Wille und Wohl der Mehrheit.

Stufe 6: Orientierung an Gewissen oder Prinzipien: Orientierung nicht nur an zugewiesenen sozialen Rollen, sondern auch an Prinzipien der Entscheidung, die an logische Universalitäten und Konsistenz appellieren. Orientierung am Gewissen als leitendes Agens und an gegenseitigem Respekt und Vertrauen.

Stufe 1 und 2 werden auch als `präkonventionelle Ebene´ zusammengefasst, Stufe 3 und 4 als `konventionelle Ebene´. Auf der konventionellen Ebene, die meist im

Jugendalter erreicht wird, werden Regeln nicht mehr ausschließlich aus Angst vor Bestrafung befolgt. Im Gegensatz zu der präkonventionellen Ebene, bei der die Autorität bei anderen Personen liegt, wurden die Maßstäbe der Autoritäten verinnerlicht. In Stufe 5 und 6, also auf der postkonventionellen Ebene, werden die Konsequenzen des eigenen Verhaltens für andere Menschen bzw für das soziale System berücksichtigt. Nach Kohlberg gelangt die Mehrheit der Menschen nur selten über die konventionelle Ebene hinaus. Personen, die sich auf der postkonventionellen Ebene befinden, unterziehen die bestehenden Regeln und Gesetze einer kritischen Prüfung. Eigene bzw innere ethische Werte nehmen einen höheren Stellenwert ein (Mietzel., 2002).

Für die Annahme, es gehe bei moralischen Entscheidungen schlicht und einfach um Gerechtigkeit, erntete Kohlberg auch Kritik. Diese Annahme hatte ihn nämlich zu der Feststellung geführt, dass Jungen sich moralisch schneller entwickeln als Mädchen, Mädchen sogar öfter in ihrer Moral-Entwicklung zurückbleiben. Kohlbergs eigene Mitarbeiterin Carol Gilligan stellte dem die These entgegen, dass Kohlberg die weibliche Moral unterschätze, weil er sie am – für den Mann zutreffenden - Maßstab der Gerechtigkeit messe. Sie konstituierte, dass es zwei Arten von Moral gäbe: eine eher weibliche, die sich an Fürsorglichkeit orientiere, und eine eher männliche, die sich vor allem an Gerechtigkeit orientiere (Gilligan, C; 1982). Ihrer Meinung nach ist die Grundlage für die Moral von Frauen vor allem die Fürsorglichkeit und soziale Verantwortung „Gilligan thought that women, more than men, based their moral judgments and actions on concerns about their obligations to care for, protect, and nurture those to whom they are connected, particularly those who are vulnerable“(Gilligan & Wiggins, 1987).

Gilligan begründete damit den Begriff "Ethic of Care" (Ethik der Fürsorge), der beinhaltet, dass Mädchen in ihren Entscheidungen oft emotionaler handeln und damit ihre Ethik anders orientiert oder ausgerichtet, doch deshalb noch lange nicht weniger entwickelt sei. Damit brachte Gilligan Kohlbergs Grundannahme, der Mensch sei rational, ins Wanken, womit die Frage nach der Emotionalität, nach sozialen Bedingungen und nicht zuletzt auch nach geschlechtsbedingten Unterschieden Einzug in die Moralforschung nahm.

Nunner-Winkler (1994) beschäftigte sich in diesen Jahren ausführlich mit Gilligans Theorie und kam zu dem Schluss, dass die These moralischer Geschlechtsdifferenzen „philosophisch unangemessen und empirisch unhaltbar“ sei. Sie verglich dazu die Daten von mehr als 130 Untersuchungen mit insgesamt fast 20.000

Versuchspersonen, die Walker (1986) sowie Lind, Grochelewsky und Langer (1987) erhoben hatten, und konnte nachweisen, dass sich in den allermeisten Untersuchungen keine Unterschiede im Moralniveau der Geschlechter finden ließen. Und sogar diese wenigen Unterschiede verschwanden, wenn die Einflussgröße von Bildungsniveau und Berufstätigkeit kontrolliert wurde.

Dem entgegenete Gilligan (1986) jedoch, ihre These bezöge sich nicht auf das Moral-Niveau, sondern auf inhaltliche Differenzen im weiblichen und männlichen Moralverständnis. Frauen etwa zeigen in der Tat – in Übereinstimmung mit Gilligans Untersuchung – höhere Kontextsensitivität als Männer z.B. in der Debatte um Schwangerschaftsabbruch. Bei der Frage der Wehrdienstverweigerung hingegen sind die Frauen es, die eher abstrakt, rigide und prinzipien-orientiert argumentieren (Nunner-Winkler 1986). Daran wird ersichtlich, dass die Fürsorglichkeits- versus Gerechtigkeitsorientierung eher eine Frage des Dilemmainhalts ist als des Geschlechts. Jedoch zeigt sich auch, dass ein Dilemma abhängig vom Geschlecht der Versuchsperson nicht gleich Dilemma ist - und damit zeigt sich dann doch auch, dass das Geschlecht Einfluss auf die moralische Entscheidung hat.

Albert Bandura konnte dann zeigen, dass man auch im Umgang mit moralischen Fragen von Vorbildern geprägt ist, und es damit auch vom sozialen Umfeld abhängig ist, welche Entscheidung wir in einem moralischen Konflikt treffen (Bandura ,1991).

Im Zuge der weiteren Forschung wurde festgestellt, dass Unterschiede in der emotionalen Beteiligung bei einer moralischen Frage ebenfalls die Entscheidung beeinflussen. So entwickelten Philippa Foot und Judith Thomson zwei moralische Dilemmata, als Beispiel für zwei verschiedene Konfliktarten: das moralisch persönliche und das moralisch unpersönliche Dilemma. Das moralisch unpersönliche Dilemma wird im sogenannten „Trolley Dilemma“ beschrieben: Eine Straßenbahn ist außer Kontrolle geraten und droht fünf Personen zu überrollen. Durch Umstellen einer Weiche kann die Straßenbahn auf ein anderes Gleis umgeleitet werden. Unglücklicherweise befindet sich dort jedoch eine weitere Person. Darf - durch Umlegen der Weiche - der Tod einer Person in Kauf genommen werden, um das Leben von fünf Personen zu retten?⁷. Greene et al. (2001) zeigte in seinen Studien dazu, dass die meisten Menschen einverstanden sind, einen Menschen zugunsten von fünf zu opfern, die Frage hier also mit Ja beantworten. Das Problem dieser Art moralischer Dilemmata ist, dass sie zwei Antwortmöglichkeiten bieten, die - moralisch gesehen - beide nicht erstrebenswert sind.

7 [http:// de.wikipedia.org/wiki/Trolley-Problem](http://de.wikipedia.org/wiki/Trolley-Problem) aufgerufen am 10.10.2013

Ein Beispiel für ein moralisch persönliches Dilemma wäre das Footbridge Dilemma. Wieder rollt eine Straßenbahn auf fünf Menschen zu und droht sie zu überfahren. Die einzige Möglichkeit, sie zu retten, besteht darin, eine weitere, unbeteiligte Person von einer Brücke zu stoßen, damit sie vor die Straßenbahn fällt und diese abbremst, um die fünf Personen zu retten. Auch hier geht es also darum, ein Leben gegen fünf Leben aufzurechnen: Soll man diesen einen Menschen für die fünf Menschen opfern? Erstaunlicherweise sind sich die Versuchspersonen dieses Mal einig, dass es nicht recht wäre und beantworten diese Frage mit Nein (Thomson 1985). Diese zwei unterschiedlichen Arten von Dilemmata zeigen, dass manche moralischen Zwickmühlen mehr emotionale Beteiligung erfordern als andere und dass gerade diese Unterschiede in der emotionalen Beteiligung die Entscheidung beeinflussen (Cushman et al., 2006; Greene et al., 2001).

Damit bleibt festzuhalten, dass moralisches Urteilen – anders als lange Zeit angenommen – bedeutend von intuitiven, emotionalen Prozessen beeinflusst wird und daher eine Kombination beider Seiten nötig macht. Schon war die Theorie, dass Emotion und Vernunft im moralischen Konflikt maßgeblich sind, entstanden (Kohlberg 1969; Piaget, 1965; Greene et al., 2004; Haidt, 2001). Greene nimmt folglich die emotionalen und die rationalen Aspekte einer moralischen Entscheidung zusammen (Greene et al. 2004) und betont die Notwendigkeit einer Differenzierung zwischen moralisch persönlichen und moralisch unpersönlichen Konflikten. Damit versucht er dem Umstand gerecht zu werden, dass manche moralische Entscheidung vor allem von sozial-emotionalen Vorgaben oder Antworten gesteuert wird (moralisch-persönlich), wohingegen andere Konflikte vor allem auf der kognitiven Ebene gelöst werden (moralisch-unpersönlich), wobei der Begriff kognitiv sich hier auf eine Gruppe von Prozessen bezieht, die im Gegensatz stehen zu affektiven oder emotionalen Prozessen (Greene et al. 2004).

Jonathan Haidt brachte die Moral noch einen bedeutenden Schritt weg von dem reinen Rationalismus Kohlbergs und schaffte eine Präzisierung des Gefühl-Vernunft-Gemischs von Greene. Haidt, der die Rolle von intuitiven und emotionalen Prozessen bei menschlichen Entscheidungsprozessen wieder neu und stärker einbezieht, entwickelte das sog. „social intuitionist model“ (SIM), das alternativ zum „rationalist model“, wie es Kant oder auch Kohlberg vertrat, neben der Vernunft auch soziale und kulturelle Einflüsse einbezieht und betont (Haidt, J. 2001). Seine Kritik am rationalist model begründet er mit vier Hauptargumenten: Erstens betont er, dass

logisches Denken und Rationalität bis jetzt einfach überbewertet wurden, und Intuition unbeachtet und unerforscht blieb, was er als „dual process“-Problem bezeichnet. Zweitens verweist er auf ein weiteres Problem, nämlich, dass unser logisches Denken sehr oft “motivated” ist, also beeinflusst und damit voreingenommen aufgrund individueller Motivation. Drittens macht er deutlich, dass der Verstand oft erst nachträgliche Rechtfertigungen für intuitive Entscheidungen geltend macht; so konnte er nämlich in einer Studie, in der er Probanden mit hypothetischen moralischen Konflikten konfrontierte, zeigen, dass die Probanden zunächst unzulängliche und fehlerhafte Argumente aufführten, um ihre moralischen Entscheidungen zu verteidigen; wurden die Probanden aber argumentativ ‘unter Druck gesetzt’, gestanden sie ganz einfach - „I don’t know why, I just know it’s wrong“ (Haidt, 2001; Baumeister, Vohs, DeWall, & Zhang, 2007). Mit diesem Ergebnis konnte Haidt seine Theorie stützen. Zudem konnten auch Studien von Haidt, Bjorklund und Murphy (2000) zeigen, dass Menschen nicht von ihrer moralischen Entscheidung abrücken, obwohl sie nicht in der Lage waren, diese durch Argumente zu untermauern.

Als vierten und letzten Kritikpunkt am Rationalist-Model führt er an, dass moralisches Handeln untrennbar mit (moralischen) Emotionen verbunden ist, mehr noch als mit moralischer Ratio. Haidt will mit dem SIM keineswegs den Verstand oder den rationalen Anteil ausblenden, sondern nur versuchen, daneben auch noch Intuition, Emotion und soziale Einflüsse mit zu berücksichtigen. Der intuitive Teil des SIM stellt dabei moralische Entscheidungen als Ergebnisse von unbewussten, schnellen und oft affekt-beladenen Prozessen (Intuition) dar, in denen gutes oder schlechtes Gefühl genauso wie Sympathie oder Antipathie die Entscheidung beeinflussen und im Bewusstsein auftauchen, ohne dass der Betreffende sich dessen bewusst gewesen wäre und rational geprüft hätte (Haidt, 2001; Haidt 2007; Haidt and Bjorklund 2007a; Haidt and Bjorklund 2007b). Um seine Theorie zu beweisen, hat Haidt als Erster auch 'perverse Szenarien' angewandt, wie die Geschichte von den Geschwistern, die zusammen Sex haben. Damit zeigte er, dass alle Hörer der Geschichte zwar fest davon überzeugt sind, dass das nicht in Ordnung sei, sie es aber nicht rational begründen können. Dieses „Es-nicht-begründen-Können“ bedeutete für Haidt: unsere Antwort auf das Geschwister-Dilemma ist rein gefühlsgelenkt. Erst danach, so Haidt, liefern wir einen rationalen Grund. Haidt lotet mit einem Satz das Paradigma neu aus: “The emotional dog and its rational tail”. Nach Haidt kommt also zuerst eine vom Gefühl geleitete, intuitive Entscheidung, die dann nachträglich

rational begründet wird.

Was also bleibt? Bei Kant galt, dass alles der Vernunft folgt oder zu folgen hätte. Sein Zeitgenosse David Hume hingegen war damals schon ganz anderer Meinung und sagte, wir seien Sklaven unserer Emotionen. Vielleicht muss man die beiden Aussagen zusammenbringen und fragen: Prägen unsere Emotionen unser Denken oder bestimmt unser Denken unsere Emotion? Oder ist gar unsere Vernunft nur Sklave unserer Emotion? Und wenn Frauen wirklich emotionaler sind als Männer, und Emotion so essentiell für unsere Moral ist - können Frauen dann überhaupt dieselbe Moral haben wie Männer?

Bevor die Methoden und Ergebnisse dieser Studie dargestellt werden, muss noch auf eine andere Grundlage der Moral eingegangen werden: Was oder wo ist die Moral neuronal? Mit dem Ausbau von neuen Technologien wie der funktionellen Magnetresonanztomographie (fMRT) war es in den letzten Jahren möglich, in den verschiedensten Situationen neuronale Aktivitäten darzustellen. Aus diesen zahlreichen Neuroimaging-studies ergab sich, dass Moral neuronal gesehen ein Netzwerk aus verschiedensten Arealen ist. Diese sollen im Folgenden genauer beschrieben werden.

2.1.2 Neuronale Korrelate moralischen Handelns

Lange Zeit konnten die Moralentwicklungs-Theorien und der Einfluss von affektiven Komponenten auf unsere moralische Urteilsfähigkeit nur aus behavioraler Sicht erforscht werden. Welche neuronalen Prozesse und welche Hirnareale beteiligt waren, blieb über viele Jahre unerforschbar. Mit der Entwicklung der funktionellen Magnetresonanztomographie (fMRT) wurde es jedoch erstmals möglich „Aktivität“ in bestimmten Hirnarealen anhand des Sauerstoffgehalts zu messen. Infolgedessen gab es in den letzten Jahren viele Studien, die genau das in unterschiedlichsten Situationen und unter unterschiedlichsten Bedingungen zum Thema Moral unternahmen.

Die Forschungsgruppe um Antonio Damasio konnte ab den Neunzigern zeigen, dass Menschen, bei denen die emotionsassoziierten Hirnareale verletzt und funktionslos geworden sind, bei Konfrontation mit den üblichen Dilemmata Probleme haben, sich sozial, sprich moralisch zu verhalten, wenn die passende Emotion dazu fehlt (Saver et al. 1991; Damasio et al. 1994; Anderson et al. 1999). Damit hat Damasio der reinen vernunft-basierten Moral definitiv die Grundlage entzogen und mit diesen

Läsionsstudien, insbesondere der über Phineas Gage und Elliot, die Wichtigkeit kortikaler Areale gezeigt.

Joshua Greene versuchte die beiden vermeintlichen Gegenpositionen - Gefühl und Vernunft - zusammenzubringen und konnte sie auch mithilfe des funktionellen MRTs sichtbar machen, indem er Versuchspersonen unter Beobachtung im MRT moralische Konflikte bearbeiten ließ wobei sich Aktivitäten sowohl in Gefühlsarealen als auch in Vernunftarealen zeigten. Es bestätigte sich damit also seine These: Empathie und Fürsorge ringen mit Kontrolle und Verstand um Entscheidung (Greene, J. D, 2001).

Mit der Zeit wurden verschiedene Paradigmen wie einfache moralische Urteile, moralische Dilemmata und moralische Emotionen in unterschiedlichsten Herangehensweisen bezüglich Versuchsaufbau und Aufgaben untersucht. Die wichtigsten Ergebnisse und neuronalen Korrelate moralischen Handelns sollen hier kurz vorgestellt werden:

o Frontallappen:

Im Frontallappen sind besonders der (ventro)mediale **Präfrontalkortex** und der **orbitofrontale Kortex** im Zusammenhang mit Moral von Bedeutung. Dass der Präfrontalkortex am moralischen Urteilen beteiligt ist, konnte schon in vielen Studien gezeigt werden (Greene et al. 2001, Moll et al. 2002, Harenski & Hamaan 2006, Koenigs et al. 2007, Prehn et al. 2008, Harada et al. 2009). So hat Moll beim Lesen einer moralischen Aussage wie „der Mann stiehlt das Auto“ im Vergleich zu einer neutralen Aussage „Jeder Text besteht aus Wörtern“ eine erhöhte Aktivität beidseits im Frontalpol (BA10) und im frontomedialen Gyrus (BA9/10) festgestellt (Moll et al 2001). Greene's Ergebnisse in einer Studie, bei der er die Aktivierungen von moralischen Dilemmata persönlicher Art (z.B. das Footbridge-Dilemma) und Dilemmata der unpersönlichen Art (z.B. das Trolley-Dilemma) einem Vergleich unterzog, führten zu dem Ergebnis, dass es bei einem moralisch-persönlichen Dilemma zu einer erhöhten Aktivität im medialen präfrontalen Gyrus (BA 9/10) kommt (Greene et al. 2004).

In den Studien von Moll (2001 & 2002) und Greene (2001 & 2004) konnte für den medialen präfrontalen Kortex gezeigt werden, dass er an der Wahrnehmung von Intentionen, Ideen und Emotionen nicht nur maßgeblich beteiligt ist, sondern auch zu vorausschauendem Handeln und zu Verarbeitung von sozialem Wissen befähigt. Greene und Haidt zeigten, dass der VMPFC Emotionen mit in den Entscheidungsprozess integriert, was auch Young und Koenigs (2007) bestätigen

konnten. Zudem fanden Greene und Haidt (2002), dass der VMPFC in der ToM involviert ist was auch Amodio und Frith (2006) für den medialen frontalen Gyrus herausfanden. Koenigs zeigte, dass Menschen mit Verletzungen am VMPFC dazu neigen, utilitaristische Antworten auf schwere persönliche moralische Dilemmata zu befürworten (2007). Und Krajbichs Ergebnisse (2009) zeigen, dass Personen mit VMPFC-Läsionen Schwierigkeiten haben, sich abstrakte Folgen ihrer Entscheidungen vorzustellen. Moll konnte für den VMPFC außerdem nachweisen, dass er zur Einhaltung gesellschaftlicher Normen und Werte befähigt und, wie Cooper zeigen konnte, auch an der Auslegung der Darstellung der Absichten Anderer und dem Ergebnis bei gesellschaftlichen Entscheidungsprozessen (2010) beteiligt ist. Moll hatte bereits in zwei vorausgehenden Studien dargestellt, dass sowohl der orbitofrontale Kortex, als auch der frontomediale Gyrus bei der Verarbeitung von Bildern mit hohem moralischen Inhalt beteiligt sind (Moll et al 2002a); außerdem, dass beim Lesen von Sätzen mit moralischem Inhalt die Aktivität des medialen OFC (BA 10/11) ansteigt, wohingegen bei amoralischen unerfreulichen Aussagen die Aktivität des linkslateralen OFC (BA11/47) erhöht ist. Folglich gibt es im OFC selbst noch unterschiedliche Areale, die sich in ihrer Funktion voneinander abgrenzen (Moll et al 2002b). Greene und Haidt fanden heraus, dass der frontomediale Gyrus Emotionen in den Entscheidungsvorgang integriert (Greene & Haidt, 2002). Heekeren's Studienergebnisse bestätigten die Bedeutsamkeit des medialen OFCs bei der emotionalen Bewertung von Umweltreizen und bestätigte damit auch Moll's Ergebnisse (Heekeren et al. 2003 & 2005). Eine signifikante Aktivität des rechten medialen OFC konnten Harenski und Hamaan (2006) beim passiven Betrachten von moralischen Stimuli nachweisen. 2010 zeigten Shenhav und Greene für den OFC, dass das BOLD-Signal im medialen OFC mit dem erwarteten „moralischen Wert“ der Entscheidungsmöglichkeiten korrelierte, was die Hypothese unterstützte, dass diese Region gemeinsam mit dem VMPFC positive und negative „reward signals“ in eine abstraktere Wert-Form umwandelt – also aus den Informationen eine Art „Entscheidungswährung“ bildet (Chib et al., 2009; Hare et al., 2008; Kringelbach and Rolls, 2004; O'Doherty et al., 2001; Padoa-Schioppa et al., 2007; Wallis et al., 2007). Nicht zuletzt spielt der OFC eine entscheidende Rolle bei emotionalen Lernprozessen (Fuster et al., 2001) – so werden ankommende Reize (visuelle, taktile, olfaktorische, emotionale) vom OFC verarbeitet, wobei jeder einzelne Reiz mit „Belohnung“ oder „Bestrafung“ gekoppelt wird. Es zeigt sich dabei eine Aufteilung des OFCs in den medialen Anteil (mOFC), der mit Belohnung

in Verbindung gebracht wird, und den lateralen Anteil (IOFC), der hauptsächlich mit Bestrafung assoziiert wird (Elliott et al., 2000; O'Doherty et al., 2001). Dabei wird der IOFC erst dann aktiviert, wenn eine positive Verknüpfung unterdrückt werden muss (Elliott et al., 2000). Damit kann der Mensch rasch auf Veränderungen von äußeren Einflüssen reagieren und je nach Situation sein Verhalten anpassen. Außerdem kann er Handlungen nach unterschiedlicher Wertigkeit einstufen, so dass in ähnlichen Situationen diese erlernte Reiz-Belohnungs-Assoziation wieder abgerufen und das Verhalten in ähnliche Muster gelenkt wird (Elliott et al., 2000; O'Doherty et al., 2001; Kringelbach & Rolls, 2004). Mit seinen efferenten Verbindungen zu den Basalganglien, dem Hypothalamus und anderen neokortikalen Arealen, wirkt der OFC auch als Kontrollzentrum zur Inhibierung mancher Verhaltensweisen und zur Aufmerksamkeitssteuerung (Fuster, 2001). Eine Schädigung im OFC führt damit auch dazu, dass Konsequenzen einer Handlung nicht mehr vorhergesehen werden und infolgedessen das Verhalten nicht mehr adäquat angepasst werden kann (O'Doherty et al. 2001). Auch an der Fähigkeit, sich in die emotionale und soziale Situation anderer hineinzusetzen ist der OFC mit beteiligt (Karnath-Thier, 2006, Luo et al. 2006; Moll et al. 2001).

Zusammenfassend scheint der OFC also besonders für moralische Entscheidungen mit emotionalen Anteilen bedeutsam zu sein. Als Ort des Mentalisierens ermöglicht er das Hineinversetzen in andere Personen und damit die Fähigkeit, eine andere Perspektive einzunehmen (Theory of Mind). Außerdem erfolgen im OFC emotionale Lernprozesse: Es werden Reiz-Belohnungs-Assoziationen geknüpft, die vorausschauendes Planen und Bewerten von Handlungsintentionen und die Einschätzung eines moralischen Wertes ermöglichen. Der VMPFC scheint vor allem Emotionen in den moralischen Entscheidungsprozess zu integrieren und ebenso an der ToM und der moralischen Bewertung beteiligt zu sein.

Für den dorsolateralen Präfrontalkortex (DLPFC) konnte Greene 2001 und 2004 zeigen, dass er im Sinne eines Arbeitsgedächtnisses kognitive Prozesse aktiviert, an der kognitiven Kontrolle und am Problem-Lösen, sowie am Wahrnehmen eigener Empfindungen beteiligt ist. So wird er aktiviert, wenn eine Person eine utilitaristische Antwort gibt (Young & Koenigs 2007); außerdem dient er zur Analyse von Situationen, die regel-basiertes Wissen erfordern (Prehn et al. 2008). Laut Harada könnte er daran beteiligt sein, dass Vorhersagen basierend auf sozialen Normen mit Rückschlüssen auf Täuschungsabsichten kombiniert werden (Harada et

al. 2009). So wurde eine Aktivierung des DLPFC bei unehrlichen Entscheidungen beobachtet (Greene & Paxton 2009). Greene spekulierte schon 2004, dass der OFC und der VMPFC bei den emotional-gesteuerten moralischen Entscheidungen hauptbeteiligt sind, wobei der DLPFC - als der sachlichere Part - mit ihnen um Autorität streitet und damit vielleicht sogar zu einer Verzögerung der Antworten des VMPFC beiträgt (Greene et al. 2004).

Zum Frontallappen zählt noch der **anteriore Cortex Cinguli (ACC)**, der wie Gallagher und Frith (2003) zeigen konnten, an ToM-Aufgaben und an selbst-referenziellen Aufgaben beteiligt ist. Gemäß Greene (2004) wirkt der ACC an der Kontrolle von Gewissenskonflikten mit und wird aktiviert, wenn Menschen eine utilitaristische Antwort geben (Young & Koenigs 2007). Shackman et al. fanden heraus, dass der ACC auch an Fehlererkennung beteiligt ist (2011). Ein weiteres funktionales Korrelat, das dem ACC aufgrund von fMRI-Studien zugeschrieben wurde, ist die Regulation intrinsischer Motivation oder Anstrengungs-Bereitschaft. So fand man bei Patienten mit Läsionen des ACC eine Antriebsminderung (Gruber et al., 2002).

o Parietallappen:

Im Parietallappen sind im Zusammenhang mit Moral der **posteriore Gyrus Cinguli (BA31)** und der **Präcuneus (BA7)** von Bedeutung. Greene fand eine erhöhte Aktivität des posterioren Cingulums bei moralisch-persönlichen Konflikten verglichen mit nicht-moralischen Konflikten (Greene et al, 2001). Fletcher zeigte schon 1995 für den Präcuneus, dass er an erinnerungsbezogener bildlicher Darstellung und am Vorstellungsvermögen beteiligt ist und nannte ihn daher „minds eye“. In Molls Studien zeigte sich gesteigerte Aktivität im rechten Präcuneus bei der Betrachtung moralisch relevanter Bilder, desweiteren eine Aktivitätssteigerung im linken Präcuneus beim Lesen von moralischen Aussagen im Vergleich zu neutralen Aussagen (Moll et al 2001 & 2002a). Eine gesteigerte Präcuneus Aktivität fand auch Farrow in seiner Studie, bei der es um das Treffen von empathischen, emotionalen Urteilen im Vergleich zum Treffen von Urteilen auf der Basis von logischem Denken und Vernunft ging (Farrow et al, 2001). Kjaer wies mittels visueller und verbaler Stimulation nach, dass der Präcuneus gemeinsam mit der dorsolateralen präfrontalen rechten Hemisphäre eine bedeutende Rolle für unser Bewusstsein spielt (Kjaer & Lou, 2000; Kjaer et al. 2001).

Letztlich lässt sich für den Präcuneus festhalten, dass er an der Verarbeitung von bildlichen Darstellungen und dem episodischen Gedächtnis beteiligt ist, dass er für moralische, und dabei vermehrt bei persönlich moralischen Konflikten und deren Lösung, eine große Rolle spielt, sowie verantwortlich für Selbstwahrnehmung und Bewusstsein ist. Es zeigte sich also in allen bisherigen Studien, dass BA31 und BA7, die bekannt dafür sind, für emotionale Prozesse und Gedächtnis-Prozesse wichtig zu sein, auch maßgeblich am moralischen Entscheidungsprozess beteiligt sind (Maddock et al, 2003).

o Temporallappen:

Am Moralnetzwerk beteiligt sind der **superiore temporale Sulcus** (STS, BA39) und **die temporalen Pole** (BA38), wobei der temporo-parietale Übergang (TPJ) als Teil der STS eine wichtige Rolle bei der ToM spielt, also notwendig ist um Rückschlüsse auf Absichten und 'Belief' anderer zu ziehen (Sommer et al, 2007; Allison et al, 2000). Zusätzlich zum Beitrag zur Theory of Mind ist der STS auch für die soziale Wahrnehmung, zur Erkennung eines Gesichtsausdrucks und an der Repräsentation von beabsichtigten Handlungen, wie auch an der Imitation beteiligt (Allison et al, 2000; Narumoto et al, 2001; Saxe et al, 2004). Desweiteren spielt er noch eine bedeutende Rolle beim Thema Versöhnlichkeit und Empathie (Carr et al, 2003; Farrow et al, 2001; Leslie et al, 2004).

Moll fand in seiner Studie von 2001 eine erhöhte Aktivität im temporalen Pol und dem posterioren, temporalen Sulcus (BA 21/22/38 und BA39 rechts) bei Beschäftigung mit moralischen Aussagen. Ebenso bestätigten seine nächsten zwei Studien im Jahre 2002 vermehrte Aktivität im STS und an den temporalen Polen bei der Betrachtung von moralisch-relevanten Bildern. Auch Greene fand Aktivität im Areal BA39 bei der Auseinandersetzung mit moralisch-persönlichen Dilemmata (Greene et al, 2001). Insgesamt wurde also in verschiedenen Studien gezeigt, dass der superiore temporale Sulcus ein bedeutendes Areal des Temporallappens für das Bilden von moralischen Urteilen darstellt (Allison et al., 2000; Moll et al., 2002; Greene et al., 2004; Harenski et al., 2008). Heekeren zeigte speziell für den anterioren temporalen Pol (aTP), dass er zur Verknüpfung von Emotionen mit früheren Erlebnissen beiträgt und dass er für das Begriffsverständnis von sozialem Verhalten, ebenso wie auch für die ToM bedeutsam ist (Heekeren et al. 2003 & 2005). Auch der Gyrus Angularis zeigte eine Beteiligung bei persönlichen moralischen Dilemmata (Greene et al.2001, Schaich-Borg et al. 2006, Funk &

Gazzaniga 2009).

Die TPJ erwies sich damit als wesentliches Areal der Theory of Mind und stellt ein Schlüsselareal für moralische Intuitionen und Belief-Attribution beim moralischen Prozess dar (Young & Saxe 2008; Harada et al., 2009; Young et al., 2010; Moor et al, 2011; Young & Dungan 2011). Wie der Präcuneus, so ist auch die TPJ daran beteiligt, Überzeugungen mit anderen relevanten Merkmalen einer Aktion, wie zum Beispiel dem zu erwartenden Resultat, zu integrieren (Young & Saxe 2008). Außerdem ist die rechte TPJ und der Präcuneus aktiv, wenn soziale Absichten eine Rolle spielen (Ciaramidaro et al. 2007) oder auch zum Beispiel wenn gelogen wird (Harada et al. 2009).

o subkortikale Strukturen:

Zusätzlich bedeutsam und Bestandteil für das Moralnetzwerk sind zum Einen subkortikale Strukturen wie die Amygdala, die laut Moll und Heekeren in moralischen Situationen beteiligt ist (Moll et al. 2002, Heekeren et al. 2005), zudem für moralisches Lernen wichtig ist (Mendez 2006) und speziell beim Treffen unmoralischer Entscheidungen Aktivierung zeigt (Sommer et al., 2010). Greene stellte eine Beteiligung der Amygdala in der Bewertung von moralischen Urteilen dar (Greene et al. 2004). Adolphs und Morris betonten schon einige Jahre vorher eine Beteiligung der Amygdala im Verarbeiten von Angst und den damit verbundenen Emotionen (Adolphs et al , 1994; Morris et al, 1996). So verwundert es nicht, dass Decety et al. 2011 entdeckten, dass die Amygdala in Zusammenhang steht mit dem Einfühlungsvermögen bei moralischem Geschehen. Blair wiederum wies darauf hin, dass eine amygdaläre Dysfunktion mit affektiven Defiziten bei Psychopathie verbunden ist. Interessant ist, dass sowohl die Amygdala als auch der Thalamus signifikante Aktivierungsanderungen zeigen bei der Bewertung von Traurigkeit und Wahrnehmung und Abschätzung von schmerzlichen Situationen (Jackson et al., 2005, Decety et al. 2011). Für den Thalamus konnte nachgewiesen werden, dass sich bilateral Aktivität zeigt, wenn Probanden sich zwischen einer moralischen Antwort und einem persönlichen Verlangen entscheiden sollen (Sommer et al. 2010).

Weitere subkortikale Strukturen sind der Ncl. Caudatus, der während der Evaluation von wesentlichen moralischen Stimuli (Luo et al., 2006) ebenso wie auch bei uneigennütziger Bestrafung aktiviert wird (de Quervain et al., 2004). Das selbe gilt für den Hippocampus, den Tssetsenis als entscheidende Region für den Erwerb und

das Abrufen von konditionierter Angst beschrieb (2007). Zudem spielt der Hippocampus eine Rolle für das Auslösen angemessener emotionaler Reaktionen beim Verarbeiten sozialer Emotionen (Immordino-Yang et al. 2011) und im Verarbeiten nonverbaler emotionaler Zeichen, wie zum Beispiel des Gesichtsausdrucks (Fusar-Poli et al., 2009).

Alles in allem ergibt sich also ein Geflecht von Arealen, die im Zusammenhang mit Moral stehen. Dieses „Moral-Netzwerk“ wurde in einer funktionellen und strukturellen Meta-Analyse der Moral-Ergebnisse von Pascual et al. 2013 bildlich zusammengefasst und darf mit freundlicher Genehmigung des Verfassers zur bildlichen Darstellung verwendet werden (siehe nächste Seite).

Abbildung 1.1 Moral Brain – Areale des moralischen Urteilens - Schittbild

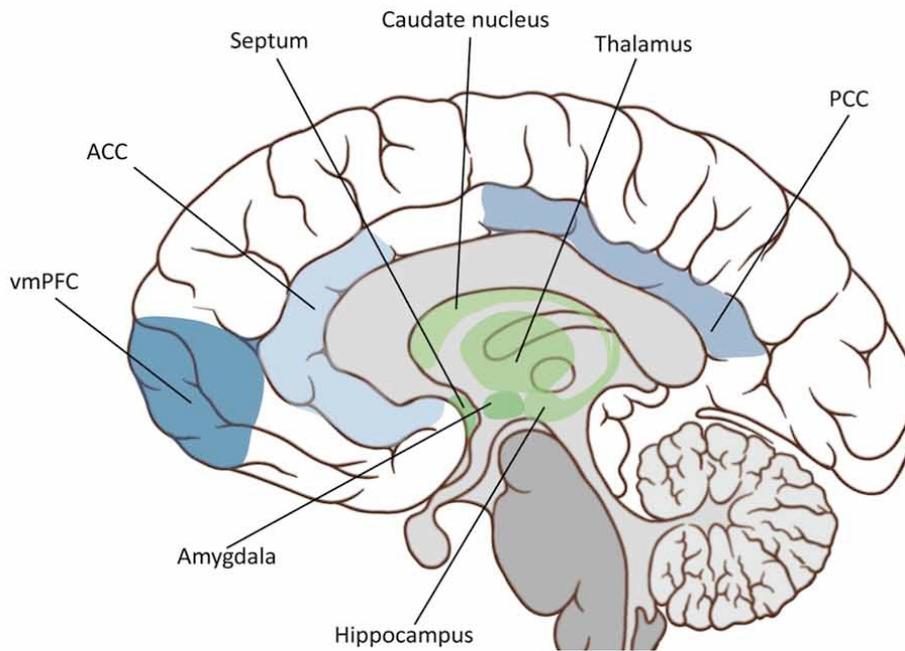
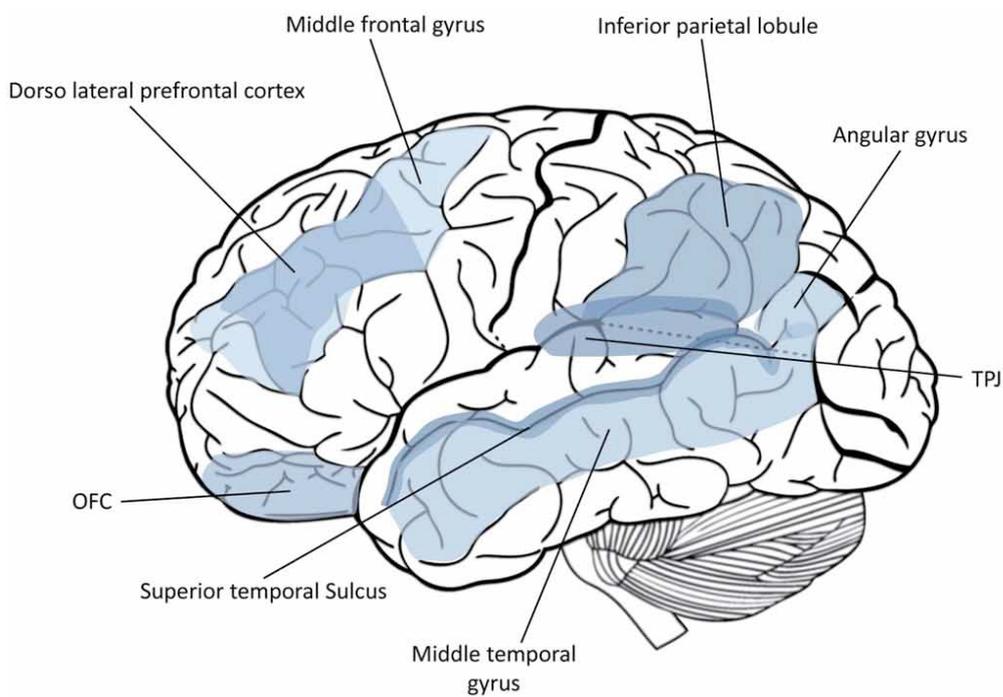


Abbildung 1.2: Moral Brain – Areale des moralischen Urteilens - Draufsicht



2.2. Geschlechter im Vergleich

Inspektor Craddock: »Ich glaube, bloß ein Weibergehirn und bestimmt auch nur Ihres konnte auf so was kommen.«

Miss Marple: »Es mag Sie ja irritieren, Inspektor, dass weibliche Gehirne manchmal den männlichen überlegen sind, doch Sie müssen sich nun leider damit abfinden.«

(Agatha-Christie Verfilmung, »16 Uhr 50 ab Paddington«)

Die Vorstellung, dass Frauen in manchen Bereichen Männern überlegen sind, wie ebenso natürlich Männer in manchen Bereichen den Frauen, findet man nicht nur bei Miss Marple. Was man in unserer Gesellschaft Männern und Frauen an Unterschieden und unterschiedlichen Fähigkeiten zuschreibt, beruht zumeist auf persönlichen Erfahrungen, intuitiven oder empirischen Eindrücken, Vorurteilen oder auffälligen Tendenzen. Jedoch gibt es anatomische und funktionelle Unterschiede, die wissenschaftlich nachgewiesen und belegt wurden, und die im Folgenden näher betrachtet werden sollen.

2.2.1 das biologische Geschlecht

Der Pschyrembel definiert das biologische (somatische) Geschlecht als die Summe aller inneren und äußeren körperlichen Charakteristika von Individuen, welche männliche und weibliche Individuen voneinander trennen (vgl. Pschyrembel 260. Auflage, S. 643). Die Entwicklung des biologischen Geschlechts wird in eine pränatale und eine postnatale Phase unterteilt. Ab dem Zeitpunkt der Befruchtung ist das genetische Geschlecht eines Menschen festgelegt, und die pränatale Entwicklung beginnt (Berk, 2011). Das Gonosomenpaar, welches jeder Mensch neben den 22 identischen Autosomenpaaren besitzt, begründet je nach Ausprägung – XY oder XX – die biologischen Unterschiede. Das Y-Chromosom ist dabei für die Differenzierungsprozesse des männlichen Embryos verantwortlich. Die Keimdrüsenentwicklung wird durch genau diese genetische geschlechtsspezifische Information beeinflusst, und da in den Keimdrüsen die Sexualhormone produziert werden, wird damit eine Vielzahl von geschlechtsspezifischen Veränderungen möglich. So ist also das Keimdrüsen Geschlecht sowie deren Sexualhormonproduktion für die Ausbildung des männlichen oder weiblichen Erscheinungsbildes verantwortlich (Nussey et al., 2001). Gleichzeitig erfolgt neben

der genitalen Entwicklung ebenfalls die Gehirnentwicklung mit ihren synaptischen Verbindungen und neuronalen Strukturen unter dem Einfluss von Sexualhormonen (Zellerhoff, 2000). Jeder Säugling kommt daher mit geschlechtsspezifischen Keimdrüsen und einer, von den jeweiligen Sexualhormonen, beeinflussten Gehirnorganisation auf die Welt. Damit ist die Entwicklung von geschlechtsspezifischen Merkmalen jedoch noch nicht abgeschlossen, denn nach der Geburt erfolgt die postnatale und vor allem körperliche Entwicklung. Auch in dieser Phase spielen Hormone wieder eine entscheidende Rolle, die jedoch bis zur Pubertät noch in nur sehr geringer Konzentration vorhanden sind. Mit dem Eintritt in die Pubertät aber kommt es zu starken hormonellen Veränderungen. Die Ausschüttung der jeweiligen Hormone Östrogen und Testosteron verursacht die unterschiedliche Ausprägung von sekundären Geschlechtsmerkmalen wie Körperbehaarung, Muskelwachstum, weibliche oder männliche Körperproportionen und die Menstruationsregelung (Bischof-Köhler S.209 f., 2006).

Parallel dazu haben diese Hormone auch einen aktivierenden Einfluss auf Strukturen des Gehirns und des autonomen Nervensystems, was zum Auftreten spezifischer Verhaltensmuster bei Männern und Frauen führen kann (Zellerhoff 2000, S.42). Es bestehen also zwangsläufig geschlechtsspezifische anatomische und funktionelle Unterschiede im Gehirn. Diese geschlechtsspezifischen Unterschiede in der anatomischen und funktionalen Gehirnorganisation nennt man Sexualdimorphismen (Lautenbacher 2007, S.88). Um die bestehenden Unterschiede in Kognition und Verhalten zu begründen, wird zunehmend versucht, diese Sexualdimorphismen zu identifizieren, die ein entsprechendes Korrelat für die jeweiligen Geschlechtsunterschiede darstellen (Pezoldt, 2010). Die bisherigen Ergebnisse zu neuronalen Sexualdimorphismen werden in den folgenden Abschnitten dargestellt.

2.2.2 neuronale Sexualdimorphismen

2.2.2.1 Strukturelle, anatomische Sexualdimorphismen

Durch den Einfluss von Sexualhormonen und Genen sind in den Gehirnen von Männern und Frauen geschlechtsspezifische anatomische und funktionale Unterschiede in der Gehirnorganisation entstanden (Güntürkün, 2010). Diese Sexualdimorphismen sollen nun näher betrachtet werden.

a) Globale Unterschiede

Der älteste wissenschaftliche Befund ist die geschlechtsspezifische Differenzierung des Gehirns hinsichtlich Volumen und Gewicht. Diesbezüglich lässt sich sagen, dass das männliche Gehirn aufgrund unterschiedlicher Körpergröße größer und durchschnittlich 100g schwerer ist als das weibliche (Ankney, 1992; Rushton, 1992). Interessant dabei ist, dass diese Unterschiede des Hirnvolumens sogar nach einer Korrektur der Körpergrößenunterschiede beobachtet werden konnten; dass also selbst bei gleicher Körpergröße das männliche Gehirn größer und schwerer ist als das weibliche (Allen et al. 2003; Cosgrove et al 2007; Lüders et al. 2002; Nopoulos et al. 2000; Shin et al 2005). Größenunterschiede zeigen sich auch in anderen Strukturen; so zeigt sich bei Männern, dass Amygdala und Hypothalamus größer sind als bei Frauen, wohingegen bei Frauen das Caudatum und der Hippocampus größer sind, was mit der Verteilung von Östrogen-Rezeptoren (im Hippocampus) und Androgen- Rezeptoren (in der Amygdala) in Zusammenhang stehen könnte. Es sind jedenfalls Areale, die für Wahrnehmung, Gedächtnis, emotionale Prozesse und Interpretation von sensorischen Informationen von Bedeutung sind (Fanselow und Dong, 2010; Hines et al. 2010). Auch hinsichtlich des Verhältnisses von grauer (Nervenzellkörper) und weißer Substanz (Axone) bestehen Geschlechtsdifferenzen. So hat das weibliche Gehirn einen höheren Anteil grauer Substanz, während das männliche prozentual mehr weiße Substanz enthält, wie Gur et al. (1999) im Rahmen einer MRT-Studie nachweisen konnten. Dieser Unterschied wurde auch in weiteren Studien bestätigt (Allen et al. 2003; Goldstein et al. 2001; Gur et al 1999; Luders et al 2005).

Chen et al. (2007) beobachteten regional erhöhte Hirnvolumina von Männern im Gegensatz zu Frauen im Mesenzephalon, im linken Gyrus temporalis inferior, dem rechten occipitalen Gyrus lingualis, dem rechten Gyrus temporalis medius und in beiden cerebellären Hemisphären. Frauen zeigten mehr Volumen der grauen Substanz im dorsalen anterioren Gyrus Cinguli (dACC) und dem posterioren (PCC) und ventralen Cingulum (ventrales und dorsales ACC, entsprechend BA 24,32), sowie dem rechten Lobus parietalis inferior. Des Weiteren wurden größere Volumina für sowohl posteriore als auch anteriore Teile des Cingulums bei Frauen gefunden (Mann et al. 2011; Cosgrove et al. 2007). Als weiteren Sexualdimorphismus stellten Gur et al. (1999) fest, dass sich bei Männern in der linken Hirnhälfte prozentual mehr graue Substanz befindet, wohingegen die graue Substanz bei Frauen symmetrisch auf beide Hemisphären verteilt ist, was auf eine geringere hemisphärische Spezialisierung von Frauen hindeutet. Brun et al. (2009) konnten mehr graue

Substanz in der weiblichen linken Hemisphäre in sprachassoziierten und auditorischen Arealen nachweisen, bei den Männern stattdessen vergrößerte visuell-räumliche Areale. Außerdem ist die kortikale Tiefe bei Frauen größer als bei Männern (Im et al. 2006; Luders et al. 2006; Sowell 2007). Weiter konnte gezeigt werden, dass es einen Zusammenhang zwischen dem Grey Matter Volume und dem Testosteron, Östrogen und Progesteronlevel gibt (van Amelsvoort, 2001). Keller und Menon (2009) konnten mittels fMRI-Bildgebung während einer Kopfrechen-Aufgabe zeigen, dass Frauen gerade in den Regionen, in denen Männer höhere Aktivierung zeigten, eine größere Dichte und größeres regionales Volumen aufwiesen. Auch hier ließen sich also Geschlechtsunterschiede in der funktionellen und strukturellen Organisation nachweisen. All diese Unterschiede bestätigen die Notwendigkeit, Sexualdimorphismen in die Ausführung von strukturellen neuronalen Bildgebungs-Studien mit einzubeziehen.

b) Unterschiede des Cortex

o im Planum Temporale

Neuroanatomische Grundlagen für kognitive Geschlechtsunterschiede sind auch im Cortex zu finden. Zum Beispiel ist das Planum Temporale eine Region in der Großhirnrinde, die einen Sexualdimorphismus aufweist. Aufgrund seiner teilweisen Überlappung mit dem Wernicke-Sprachzentrum wird es mit Sprachprozessen in Verbindung gebracht (Jäncke et al. 2002, Griffiths und Warren 2002). Das rechte Planum Temporale spielt außerdem eine Rolle in der räumlichen Aufmerksamkeit (Karnath et al. 2001). Während es bei Männern in der Regel linkshemisphärisch größer ist, scheint diese Asymmetrie bei Frauen weniger stark vorhanden oder sogar ganz aufgehoben zu sein. Dieser Befund könnte mit der reduzierten Sprachasymmetrie von Frauen in Verbindung stehen (Kulynych et al. 1994; Shapleske 1999).

Auch hinsichtlich seines zytoarchitektonischen Aufbaus weist das Planum Temporale einen Dimorphismus auf. Die Schichten II und IV besitzen im weiblichen Gehirn eine signifikant größere Neuronendichte als bei Männern (Witelson et al. 1995). Da in Schicht IV Fasern aus dem Thalamus, also dem Bereich des Mittelhirns, der unter anderem auditive Sinnesimpulse an den Cortex weiterleitet, enden, lassen sich daher auch bei der Verarbeitung auditiver Informationen geschlechtsspezifische Unterschiede vermuten (Güntürkün et al., 2010).

o im visuellen Kortex

Auch die visuelle Informationsverarbeitung läuft neuronal asymmetrisch ab. Die rechte Hemisphäre verarbeitet dabei vor allem globale Musteranteile, die linke Hemisphäre übernimmt eher analytische Funktion von lokalen Stimuluskomponenten.

Bei männlichen Gehirnen wird vor allem hinsichtlich visuell-räumlicher Verarbeitungsprozesse eine stärkere Lateralisierung vermutet, die primär rechts-hemisphärisch auftritt (Witelson et al. 1976 ; Güntürkün et al. 2010). So beobachteten Johnson et al.(2002) bei einer Aufgabe zur mentalen Rotation eine rechts-hemisphärische Dominanz in männlichen, nicht aber in weiblichen Gehirnen. Deutsch et al. (1988) stellten keine Hinweise auf eine geschlechtsspezifisch größere Abhängigkeit von rechts-hemisphärischen Prozessen fest, Frauen und Männer zeigten ähnliche Aktivierungsmuster. Dieser fehlende Unterschied bezüglich der Asymmetrie könnte auf eine stärkere Aktivierung des weiblichen Gehirns aufgrund größerer Anstrengungen bei den untersuchten Aufgaben zurückzuführen sein (Deutsch et al. 1988). Es ist also bisher nicht klar, ob Unterschiede in der neuronalen Aktivierung auf verschiedene kognitive Strategien der Geschlechter hinweisen, oder ob sie nicht vielleicht Ausdruck von Leistungsunterschieden in der Aufgabenerfüllung sind (Hamilton et al., 2008). Bei Neuroimaging Studien zum Thema mentale Rotation scheinen jedenfalls differierende Strategien der Geschlechter die gleiche Leistung zu ermöglichen (Jordan et al. 2002; Weiss et al. 2003).

o Präcuneus

Der Präcuneus spielt eine große Rolle bei einer Vielzahl von komplexen Aufgaben wie z.B. beim visuell-räumlichen Vorstellungsvermögen, dem Abrufen von episodischem Gedächtnis und bei autonomen Prozessen wie beim Einnehmen einer Ich-Perspektive. Der Präcuneus gehört dabei zu den Hirnstrukturen mit dem höchsten Ruhestoffwechsel. Cavanna et al. (2006) brachten die Idee mit in den Diskurs, dass der Präcuneus an den verwobenen Netzwerken der neuronalen Korrelate des Selbstbewusstseins beteiligt und auch für die mentale Repräsentation in Ruhe unabkömmlich ist. In einer Studie, die die Anatomie des Präcuneus von Männern und Frauen verglich, zeigte sich, dass die sichtbare, extra-sulcale Oberfläche beidseits bei Männern signifikant größer ist als die der Frauen (Spasojevic et al. 2004). Wie im Kapitel 2.1.2 beschrieben ist der Präcuneus an der Verarbeitung von bildlichen Darstellungen und dem episodischen Gedächtnis beteiligt und spielt bei moralischen -

und dabei vermehrt bei persönlich moralischen Konflikten und deren Lösung - eine große Rolle, ebenso bei der Selbstwahrnehmung und dem Bewusstsein.

o Corpus Callosum

Bei der Größe des Corpus Callosum, das beide Hemisphären miteinander verbindet, findet sich ein weiteres strukturelles Korrelat für Asymmetrien bei den Geschlechtern. Bei Männern ist nämlich der posteriore Teil (Isthmus und Splenium) kleiner als bei Frauen (Clarke et al. 1994; Holloway et al. 1993). Dieser Größenunterschied lässt die Vermutung aufkommen, dass Frauen aufgrund ihrer geringeren Lateralisierung mehr Informationen zwischen den beiden Hemisphären austauschen müssen und daher ein größeres Splenium benötigen (Weiss et al.; 2005). Oder anders betrachtet: dadurch dass sie mehr Informationen zwischen beiden Hemisphären austauschen können, bedarf es weniger Lateralisierung. Menzler et al. (2011) konnten zudem mikrostrukturelle Unterschiede in der fraktionellen Anisotropie zwischen dem weiblichen und dem männlichen Corpus Callosum mittels Diffusion Tensor Imaging (DTI) nachweisen, die auf Unterschieden in der Myelinisation zu beruhen scheinen.

o Sulcus centralis

Auch der Sulcus Centralis, die Grenze zwischen dem Frontal- und dem Parietalkortex, weist geschlechtsspezifische Unterschiede auf. Bei männlichen Rechtshändern ist der linke Sulcus deutlich tiefer als der rechte bzw bei männlichen Linkshändern genau umgekehrt, wohingegen bei Frauen diese Asymmetrie nicht gefunden wurde (Amunts et al. 2000).

c) Subkortikale Regionen und limbisches System

Neuroanatomische Sexualdimorphismen sind auch in den Gehirnbereichen unterhalb des Cortex, also in den subkortikalen Regionen zu finden - und dort insbesondere in den Gebieten, die Rezeptoren für Sexualhormone aufweisen.

o BnSt

Im Bettkern der Stria terminalis (BnSt) wurde bei Frauen und Männern eine unterschiedliche Verteilung und Dichte von Androgen- und Östrogenrezeptoren registriert. Bei männlichen Gehirnen weist die zentrale Unterregion des BnSt ein größeres Volumen auf (Zhou et al. 1995). In der präoptischen Region, die den vorderen Abschluss des Hypothalamus bildet, befinden sich viele Kerne, die mit dem

Sexualverhalten assoziiert sind, wo ebenfalls Unterschiede bezüglich der Dichte und Verteilung der Androgen- und Östrogenrezeptoren bestehen (Hausmann et al. 2007).

o Hypothalamus

Der Hypothalamus stand bei der Erforschung von Geschlechtsunterschieden im Gehirn lange Zeit ziemlich isoliert im Fokus. Bereits im Jahre 1966 veröffentlichte Seymour Levine, ein führender Neuroendokrinologe, ein wissenschaftliches Paper mit dem Titel „Sex Differences in the Brain“. In dem ganzen Artikel erwähnte er genau eine Struktur: den Hypothalamus, der bei Männern ein deutlich größeres Volumen hat als bei Frauen. Dabei ist besonders der mediale Bereich der präoptischen Region von Interesse; es finden sich dort nämlich vier kleine Kerne, die von Allen und Gorski (1991) „Nucleus interstitialis des anterioren Hypothalamus“ (INAH 1-4) benannt wurden. INAH 3 ist bei Männern deutlich größer und hat mehr Nervenzellen als bei Frauen (Byne et al. 2000). Dieser Dimorphismus entsteht jedoch erst zwischen dem 4. und 10. Lebensjahr (Swaab et al. 1988 und 2009) und damit deutlich nach der Hauptwirkung embryonaler bzw fötaler organisierender Effekte durch Sexualhormone. Es ist also möglich, dass zwar die Grundlage des Geschlechtsunterschieds in der menschlichen präoptischen Region früh angelegt wird, aber erst spät nachweisbar ist. Andererseits wäre auch denkbar, dass Androgene diesen Sexualdimorphismus erst in späteren Phasen der Entwicklung bedingen und folglich auch Umwelteinflüssen unterliegen können (Cooke et al. 1999). 1991 konnte LeVay bestätigen, dass INAH 3 bei Männern größer ist als bei Frauen und interessanterweise auch, dass INAH 3 bei homosexuellen Männern signifikant kleiner ist als bei heterosexuellen - und ungefähr das Volumen besitzt wie bei Frauen (über die sexuelle Orientierung der weiblichen Vergleichsgruppe hatte er keine Auskunft). Diese Ergebnisse zeigen, dass nicht nur das Geschlecht, sondern auch die sexuelle Orientierung einen Unterschied im Volumen von neuronalen Strukturen in der präoptischen Region nach sich ziehen könnte. Oder aber hat das Volumen des INAH 3 Einfluss auf die sexuelle Präferenz?

o Hippocampus

Der Hippocampus hat je nach Geschlecht unterschiedliche anatomische Strukturen und neurochemische Zusammensetzungen. Im Verhältnis zum Gesamthirn ist der Hippocampus bei der Frau größer. Außerdem besteht eine unterschiedliche Rezeptor-Affinität für verschiedene Neurotransmitter, desweiteren bestehen Unterschiede in der Langzeitpotenzierung (Cahill et al. 2006). Der Hippocampus ist unter anderem

am Lernprozess und an Erinnerungsfähigkeit beteiligt. Trotz der von Frings et al. (2006) nachgewiesenen unterschiedlichen geschlechtsspezifischen Aktivierungsmuster erbrachten die Geschlechter jedoch vergleichbare Leistungen, so dass die Aktivierungsunterschiede möglicherweise auf unterschiedliche Herangehensweisen oder Strategien zurückzuführen sind.

o Amygdala

Auch in der Amygdala lassen sich Geschlechtsunterschiede feststellen. Bei der Amygdala handelt es sich um einen Bereich des limbischen Systems, der bei der Verarbeitung emotionaler Stimuli eine wesentliche Rolle spielt (Pritzel et al. 2009) und insbesondere bei negativen Emotionen im Zusammenhang mit dem Treffen von unmoralischen Entscheidungen aktiviert wird (Sommer et al. 2010). Das Volumen der männlichen Amygdala ist, genauso wie auch das des männlichen Hypothalamus, größer als das der weiblichen (Goldstein et al. 2001). Hinsichtlich ihrer Funktionsweise wurde mittels fMRT-Studien belegt, dass die Amygdala die Konsolidierung emotional fundierter Gedächtnisinhalte modulieren kann, und dass eine geschlechtsspezifische hemisphärische Lateralisierung besteht (Cahill et al. 2004; Canli et al. 2002). Ein weiterer Unterschied ist in der durch emotionalen Stress bewirkten amygdalären Aktivierung zu finden. Diese läuft bei Männern vor allem rechtsseitig und bei Frauen primär linksseitig ab und bewirkt bei Frauen vor allem die Speicherung von peripheren Details, wohingegen bei Männern mehr zentrale Basisinformationen ins Langzeitgedächtnis gespeichert werden. Das bedeutet, dass Frauen sich eher an die Details eines emotionalen Erlebnisses erinnern und Männer im Gegensatz dazu vor allem allgemeine Zusammenhänge bzw elementare Hauptmerkmale eines Ereignisses speichern (Cahill et al. 2003). Diese von Canli et al. (2002) und Cahill et al. (2004) beobachtete konträre geschlechtsspezifische Lateralisierung konnte jedoch nicht in allen vorliegenden Studien so eindeutig beobachtet werden, so zum Beispiel in den Studien von Schienle et al. (2005) und Schneider et al. (2000): sie konnten lediglich eine stärkere männliche Lateralisierung ausfindig machen.

Dass das kognitive und affektive System der männlichen Großhirnrinde in größerem Ausmaß lateralisiert ist als das der Frauen, war bereits länger schon bekannt, unklar war jedoch ob diese Unterschiede sich auch auf das subkortikale System erstrecken. Killgore und Yurgelun-Todd (2001) beobachteten die Amygdala-Aktivierung bei der Wahrnehmung von emotionalen Gesichtsausdrücken. Mittels fMRI untersuchten sie

also die Aktivierung der Amygdala beim Betrachten von fröhlichen und ängstlichen Gesichtern und fanden, dass sich die Aktivierung bei Männern und Frauen abhängig davon unterschied, was das Gesicht ausdrückte. Insgesamt waren die Männer deutlich „lateralisierter“ als die Frauen. Bei fröhlichen Gesichtern zeigte sich bei den Männern eine größere Aktivierung in der rechten als in der linken Amygdala, was bei den Frauen nicht zu beobachten war. Jedoch zeigten beide Geschlechter bei den angsterfüllten Gesichtern eine stärkere linksseitige Aktivierung. Damit war zumindest gezeigt, dass die Lateralisierung der Geschlechter nicht nur auf Großhirnrinden-Ebene, sondern durchaus auch subkortikal zu finden ist.

Auch bei einer Untersuchung zur funktionellen Konnektivität der links- und rechtshemisphärischen Amygdala (Kilpatrick et al., 2006) zeigten sich geschlechtsspezifische Unterschiede bei der Beteiligung der Amygdala an der Gedächtnisbildung von emotionalen Inhalten, die sich auf Grund von unterschiedlichen Mustern der funktionellen Konnektivität im „resting brain“, also dem Gehirn bei Wachheit in Ruhe, zeigen. Dabei war bei den Männern die rechte Amygdala mehr verknüpft, bei den Frauen hingegen die linke. Außerdem sind die Regionen, die mit der rechten Amygdala neuronal verknüpft sind (sensomotorischer Kortex, Striatum, Pulvinarareal), gravierend andere, als die mit der linken Amygdala verknüpften (Hypothalamus, subgenualer Kortex). Diese Unterschiede in der funktionellen Konnektivität können, so Kilpatrick, durchaus auch geschlechtsspezifische Unterschiede in den verschiedensten Krankheitsbildern bewirken.

Auch Schienle et al. (2005) ermittelten bezüglich spezifisch emotionsrelevanter Regionen unterschiedliche neuronale Aktivierungsmuster. So ermittelten sie bei der Konfrontation mit angstausslösenden Bildern eine stärkere bilaterale Aktivierung der Amygdala und des fusiformen Gyrus bei Männern. Obwohl bei den Frauen eine geringere amygdaläre Aktivierung zu sehen war, stuften die weiblichen Probanden die Bilder als angsterregender ein. Schienle (2007) erklärte sich diese Diskrepanz der Subjektivität der Selbsteinschätzung mit Unterschieden bezüglich der affektiven Expressivität. In anderen Experimenten zum emotionalen Erleben wurden unterschiedliche Aktivierungsmuster bei Frauen und Männern festgestellt, wobei beide dennoch die aktivierende Wirkung der gezeigten Bilder ähnlich beurteilten (Schneider et al. 2000; Sabatinelli et al. 2004; Wrase et al. 2003). Allerdings zeigten Frauen in der Studie von Schneider (2000) beim Empfinden von Traurigkeit eine schwächere rechtsseitige Aktivierung der Amygdala als die Männer.

Unterschiedliche Aktivierungsmuster bei jedoch vergleichbarer Leistung wurden für die beiden Geschlechter auch bei der Erkennung emotionaler Mimik gefunden (Kesler-West et al. 2001 ; McClure et al. 2004; Tessitore et al. 2005). Für diese vielen Abweichungen zwischen Leistung und Aktivierung führt Schienle (2007) mehrere Gründe an. So könnte eine erhöhte Aktivierung durchaus mit Aufmerksamkeitsreaktionen erklärt werden und müsse daher nicht unbedingt eine höhere Emotionalität implizieren. Genauso könnte die Motivation der Probanden Einfluss auf die Aktivierung gehabt haben.

o Cingulum und Thalamus

Menzler et al. (2011) konnten mittels Diffusion Tensor Imaging-Verfahren (DTI) neben dem Corpus Callosum auch mikrostrukturelle Unterschiede im Thalamus und dem Cingulum für die beiden Geschlechter zeigen. Dabei wiesen Männer signifikant höhere Werte für die fraktionelle Anisotropie und niedrigere Diffusität in diesen Arealen auf, die auf Unterschieden in der Myelinisierung zu beruhen scheinen. Gerade für Studien am Thalamus fordern Menzler und Kollegen weitere Studien mit Berücksichtigung des Geschlechts, um falsche Rückschlüsse zu vermeiden. In der Studie von Klein et al. (2003) zeigte sich bei weiblichen Probanden eine stärkere ACC Aktivierung bei der Verarbeitung von emotionalen Stimuli, die als neurobiologisches Korrelat einer erhöhten Aufmerksamkeit für unangenehme Stimuli gesehen wird.

Die damit bisher bekannten neurowissenschaftlichen Ergebnisse hinsichtlich neuronaler Korrelate für Sexualdimorphismen, sollen zusammenfassen in einer Tabelle noch einmal dargestellt werden, um einen Überblick des derzeitigen Forschungsstandes bezüglich bestehender Geschlechtsunterschiede im Gehirn.

Tabelle 2.1: Neuroanatomisch identifizierte Sexualdimorphismen⁸

Global	Cortex	Subkortikale Regionen
<p>Volumen und Gewicht</p> <p>Männliches Gehirn schwerer und größer</p>	<p>Planum temporale</p> <ul style="list-style-type: none"> - linkshemisphärische Asymmetrie bei Frauen weniger bzw sogar ganz aufgehoben - weibliche Gehirne mit größerer Neuronendichte in den Schichten II und IV 	<p>Rezeptoren für Sexualhormone</p> <ul style="list-style-type: none"> - Geschlechtsunterschiede bezüglich der Dichte und Verteilung von Androgen und Östrogenrezeptoren im Bettnukleus der Stria Terminalis BNST - Unterregionen der BNST bei Männern größer
<p>Graue Substanz</p> <p>weibliches Gehirn mehr graue Substanz</p> <p>Verteilung der grauen Substanz bei Frauen symmetrisch auf beide Hemisphären, bei Männern vorwiegend in der linken Hemisphäre</p>	<p>visuell räumliche Verarbeitungsprozesse</p> <ul style="list-style-type: none"> - bei männlichen Gehirnen primär rechts-hemisphärische Verarbeitung - keine Unterschiede bei rechtshemisphärischen Prozessen - Unterschied beim visuellen Cortex: rechter hOc5 im männlichen Gehirn signifikant größer - Frauen mit mehr primären und sekundären visuellem Cortex pro Volumeneinheit hOc5 - Frauen mit größerem posterioren Teil des Corpus Callosum 	<p>Amygdala</p> <ul style="list-style-type: none"> -größeres Volumen bei Männern - amygdaläre Aktivierung durch emotional berührende bzw stressinduzierende Situationen erfolgt bei Männern links- und bei Frauen rechtsseitig - stärkere rechtshemisphärische Aktivierung beim Empfinden von Traurigkeit bei Männern - stärkere bilaterale Aktivierung der Amygdala und des fusiformen Gyrus bei Männern bei Angstkonfrontation
	<p>Präcuneus</p> <p>bei Männern größere Oberfläche als bei Frauen</p>	<p>Thalamus und Cingulum</p> <p>mikrostrukturelle Unterschiede</p>
	<p>medialer Frontallappen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Korrelation zwischen rechtshemisphärischer Aktivierung und empathischen Prozessen bei Frauen - bei Frauen stärkere Aktivierung des linken und rechten superioren Temporalgyrus und Gyrus Cinguli, damit größere weibliche Empfänglichkeit für soziale Stimuli 	<p>Hippocampus</p> <ul style="list-style-type: none"> - signifikant stärkere rechtslateralisierte Aktivierung bei Männern - signifikant stärkere linkslateralisierte Aktivierung bei Frauen
		<p>Hypothalamus</p> <p>INAH 3 bei Männern deutlich größer mit mehr Nervenzellen</p>

8 vgl Pezoldt et al. 2010, S. 194

2.2.2.2. Unterschiede in der Konnektivität

Mittels der Messung der Bewegung von Wassermolekülen ermöglicht das Diffusion Tensor Imaging-Verfahren (DTI) die Visualisierung und Charakterisierung von weißer Substanz des Gehirns *in vivo* und zeigt damit potentielle Unterschiede im neuronalen Informationstransfer und der Konnektivität. Die DTI-Daten der letzten Jahre haben grundlegende Unterschiede der Geschlechter in der anatomischen Konnektivität der weißen Substanz (Gong et al. 2011) aufgedeckt. Betroffen sind vor allem Areale wie der Thalamus, das Cingulum und das Corpus callosum, also Regionen, die bedeutsam für Emotionen und für Motorik sind, und die eine Rolle in höheren kognitiven Prozessen wie Aufmerksamkeit und Konflikt-Monitoring, visuell-räumlichem Denken, sowie Gedächtnisfunktion spielen. Folgestudien konnten diese Ergebnisse bestätigen und auf weitere Gebiete ausweiten: Gyrus Parahippocampalis, Capsula interna, Gyrus fusiformis, Hippocampus, Insula, Fasciculus occipitofrontalis, Gyrus postcentralis, die Bereiche unterhalb des medialen Gyrus frontalis genauso wie Frontal- und Temporallappen (Chou et al. 2011; Menzler et al. 2011; Westerhausen et al. 2003 und 2004). Damit zeigen sich in vielen Arealen, die auch für die moralische Entscheidung bedeutend sind, geschlechtsassoziierte Unterschiede in der Konnektivität.

So fanden Gong et al. (2009) in einer Studie über die Auswirkungen des Zusammenhangs Altern und Geschlecht auf die Topologie von anatomischen neuronalen Netzwerken, dass Frauen mehr und umfassendere kortikale Verknüpfungen aufweisen in Arealen wie den Gyri temporales transversi (Heschl Gyrus), dem Gyrus temporalis superior, dem Gyrus parietalis superior und inferior, im Lobus insularis und im rechten Gyrus fusiformis, sowie in den meisten Regionen der linken Hemisphäre, wohingegen bei Männern nur in zwei rechts-hemispherischen Regionen mehr Verknüpfungen nachgewiesen wurden.

Mittels sogenannter resting-state fMRI-Messungen (rs-fMRI) wurde es möglich Aktivitäten und damit Kommunikation und Verbindungen im Gehirn in Ruhe nachzuweisen (Gusnard et al., 2001). Beim Vergleich von Männern und Frauen in solchen rs-fMRI Studien zeigte sich, dass beide Geschlechter eindeutige funktionelle Asymmetrien in verschiedenen Hirnarealen aufweisen, die auch Sprachareale, Areale der Aufmerksamkeit und des Sehvermögens betreffen (Liu et al., 2009). Biswal und Kollegen überprüften 2010 eine große rs-fMRI Kohorte auf Einflüsse des Geschlechts und fanden, dass Frauen stärkere Verknüpfungen im posterioren Cingulum, im medialen präfrontalen Gyrus und im inferioren Lobus parietalis

aufwiesen als Männer, dafür aber schwächere Verknüpfungen im dorsalen anterioren Cortex Cinguli (dACC), in der Insula, im Gyrus temporalis superior, im Gyrus marginalis superior und in den occipitalen Regionen: fast alles auch Areale, die am Moralnetzwerk beteiligt sind. In Folgestudien konnten nicht nur diese Ergebnisse reproduziert und bestätigt werden, sondern auch Unterschiede im Entwicklungsverlauf der funktionellen Homotypie in der Amygdala und im dorsolateralen präfrontalen Kortex - also in Schlüsselarealen des cortico-limbischen Kreislaufes, der am emotionalen Erleben und emotionalen Verarbeiten beteiligt ist - nachgewiesen werden (Zuo et al., 2010).

Rs-fMRI wurde auch genutzt, um geschlechtsspezifische Unterschiede der Organisation von funktionellen Netzwerken im menschlichen Hirn zu untersuchen (Tian et al., 2011), wobei eine „gender-by-hemisphere interaction“ gefunden wurde: Männer und Frauen zeigten deutlich symmetrische Muster in der Auslastung ihrer Netzwerke. Dabei tendierten Männer vor allem zu mehr lokaler Effizienz in ihren rechts-hemisphärischen Netzwerken, wohingegen Frauen mehr ihre linke Hemisphäre nutzten. Jedoch sind diese Ergebnisse zu Unterschieden der funktionalen Konnektivität durchaus noch kontrovers – zum Beispiel fanden Weissman-Fogel et al. (2010) keine Geschlechtsunterschiede in drei funktionellen Netzwerken im Ruhezustand. Diese Diskrepanz zeigt jedoch vor allem, dass hier noch großer Bedarf an weiterer Forschung besteht.

2.2.2.3 Funktionelle, verhaltenswissenschaftliche Unterschiede

In der Frage nach Verhaltensunterschieden zwischen Mann und Frau ist sich die öffentliche Meinung einig: Frauen gelten als das emotionalere Geschlecht, wohingegen Männer gefasster und rationaler seien. Tatsächlich fanden Allen und Haccoun schon 1976 deutliche Hinweise auf ein stärkeres weibliches Emotionserlebnis. Wie Whittle et al. anhand vieler Studien zeigen konnten (2011), sind Frauen empfänglicher für emotionale Stimuli – insbesondere unangenehme, bedrohliche oder traumatische Stimuli. Jedoch gibt es auch Studien, die zeigen dass Männer auf manche Stimuli wie auf Zeichen von Dominanz, sexuelle Stimuli, sowie allgemein visuelle Reize stärker und emotionaler reagieren (Allen et al. 2007). Fugate (2009) kommt sogar zu dem Schluss, dass Frauen nur scheinbar emotionaler sind, weil sie sich sprachlich und damit auch im Ausdruck von Emotionen leichter tun. Bezüglich der Sprache zeigte eine umfangreiche Metaanalyse von Hyde und

Linn aus dem Jahre 1988, dass das weibliche Geschlecht Vorteile bei verbalen Aufgaben in den Altersgruppen der unter Fünfjährigen und der über 26-Jährigen hat. Viele weitere Studien bestätigten einen weiblichen Vorteil in Wortflüssigkeit (Halari et al. 2005; Torres et al. 2006; Simić et al. 2009; Hausmann et al. 2009; Hirnstein et al. 2014). Jedoch zeigte sich, dass neben Sprachfunktionen auch Faktoren wie Aufmerksamkeit, Arbeitsgedächtnis und Antwortgeschwindigkeit eine Rolle spielen, und insbesondere auch das Alter der Probanden, so dass frühere Untersuchungsergebnisse, in denen ein signifikanter Vorteil für Frauen gefunden worden war, in Frage gestellt wurden, nachdem einige Studien keine signifikanten Unterschiede der Geschlechter bezüglich der Wortflüssigkeit gefunden hatten (Mathuranath et al 2003; Neave et al. 1999; Rahman und Wilson 2003) - oder gar Männern eine bessere Wortflüssigkeit bescheinigt wurde (Kempler et al. 1998).

Auch die Studien von Asthana und Mandal (1998), Kring und Gordon (1998) bestätigen Frauen eine stärkere Expressivität von Emotionen. Jüngere Studien zeigen, dass Frauen häufiger angeben Sorgen und Angst zu empfinden (McLean & Anderson 2009; Robichaud et al. 2003) ebenso Traurigkeit (Fischer et al. 2004). So gaben Frauen auch an, häufiger und intensiver Angst zu empfinden (Egloff und Schmuckle 2004), was durchaus auch eine Erklärung sein könnte, warum bei Frauen Angststörungen und depressive Störungsbilder häufiger auftreten als bei Männern (Schienle et al. 2007, McLean & Anderson 2009; Toufexis et al. 2006).

Frauen scheinen allgemein mehr unter Stress zu leiden, geben unbedeutendere Ereignisse als tägliche Stressoren an, werten Lebensereignisse allgemein negativer und glauben weniger Kontrolle darüber zu haben (Matud, 2004). Jedoch zeigten Stoyanova und Hope (2012), dass Männer ihre Angst nur verbal weniger kommunizierten, als ihre physiologische körperliche Reaktion vermuten ließ.

Dennoch wurden Frauen Vorteile in der Emotionsperzeption nachgewiesen, sowie Begabung darin, die Gemütslage von anderen wahrzunehmen (Neff und Karney, 2005; Rosip und Hall, 2004). Auch im Erkennen von nonverbalen Hinweisen (Hall und Matsumoto, 2004; Rosip und Hall, 2004), dem Erschließen von Gedanken und Gefühlen anderer (Klein und Hodges, 2001), der Wahrnehmung von Gesichtsausdrücken und dem Ableiten von Emotionen aus sprachlichen Mustern (Prosodie) haben Frauen laut Montagne (2005) Vorteile (siehe jedoch auch Grimshaw et al. 2004).

Ebenso zeigten sich im Umgang mit Negativem unterschiedliche Coping-Strategien. So unterscheidet sich die Emotionsregulation und -inhibition der Geschlechter, womit die Fähigkeit gemeint ist, Gedanken, Emotionen und Verhalten als Antwort auf eine emotionsgeladene Situation zu modulieren, indem man zum Beispiel unangemessenes Verhalten unterdrückt oder seine Aufmerksamkeit von dem Auslöseimpuls ablenkt oder seine Emotionen reguliert, um schlussendlich kognitive Lösungen zu finden. Diesbezüglich konnten Studien zeigen, dass Frauen zu detailliertem Aufarbeiten und Grübeln neigen, was eher gegenteilig zu einer Verstärkung der negativen Emotionen bis hin zu Depression führen kann, statt zu Lösungen (Martin, 2003; Nolen-Hoeksema 2012) und dass sie mittels Verbalisierung nach emotionaler und sozialer Unterstützung suchen (Tamres et al. 2002; Day Livingstone, 2003; Matud 2004). Männer hingegen wählen eher eine Strategie der Zerstreuung und Ablenkung (Martin, 2003; Nolen-Hoeksema 2012). Frauen, die allgemein Stressoren intensiver wahrnehmen als Männer, betreiben daher auch mehr Aufwand, um diesen potentiellen Gefahren zu begegnen, wohingegen Männer mehr auf Verdrängung setzen: eine rationale Form der Bewältigung durch emotionale Distanz (Tamres et al. 2002; Matud, 2004). Interessanterweise ist die Emotionsregulation auch von der Art der Emotion abhängig, denn wie Glenberg und Kollegen 2009 zeigten, fällt Frauen Emotionsregulation bei Trauer signifikant schwerer als bei Wut, bei Männern ist dies genau gegenteilig der Fall.

Dies führt zur Frage der Aggressivität. Lange Zeit galt Aggression als etwas typisch männliches; so war bei Männern tatsächlich ein höheres Maß an physischer Gewalt und Aggression feststellbar (Eagly et al. 1986, Hyde 1984). Jedoch darf man nicht vergessen, dass es unterschiedliche Formen von Aggressivität gibt. Frauen neigen scheinbar eher zu indirekter, relationaler Aggression, deren Ergebnis die Schädigung der persönlichen Beziehungen anderer Menschen ist. Provokativ formuliert: „der Mann schlägt zu, die Frau lästert“ (Björkqvist 1994; Crick und Grotpeter 1995; Lagerspetz et al. 1988). Jedoch konnte auch eine Metaanalyse von Knight, Guthrie, Page und Fabes (2002) zeigen, dass die Geschlechter in niedrigem Erregungslevel ihre Wut gleichermaßen regulieren können und aggressives Verhalten gleich effizient vermeiden, dass es Männern jedoch - mit steigender Intensität der Erregung - signifikant schwerer fällt aggressive Impulse zu zügeln.

Billington konnte zeigen, dass Männer ein höheres Systematisierungsvermögen haben, welches zu Vorteilen bei der Herstellung und Nutzung mechanischer Systeme

führt, sowie zum Durchschauen hierarchischer Strukturen und damit zum erfolgreichen Behaupten in einer sozialen Gruppe befähigt (2007). Insbesondere die Kombination aus schwacher Empathie und starker Systematisierung kann, so Baron-Cohen, dazu führen, dass Männer zu sozialer Dominanz und Führungsstärke gelangen (2006).

Ob infolge ihrer emotionalen und kommunikativen Vorteile oder nicht: Frauen sind Billington zufolge (2007) empathischer. Dies stimmt mit den Ergebnissen von Hoffmann und seinen Kollegen aus dem Jahre 1977 überein, die zeigten, dass Frauen in der Empathie - also der Fähigkeit, Gefühle und Gedanken eines anderen zu erspüren, zu identifizieren und darauf angemessen zu reagieren - den Männern überlegen sind, was, so Baron-Cohen, selbst wieder zu Vorteilen bei der Kommunikation und im sozialen Umgang führen kann (Baron-Cohen 2006, Freimüller 2001). Dies könnte auch erklären (Happe et al. 1996), warum Frauen höhere Leistungen in „Theory of Mind“-Aufgaben erbringen. Frauen sind, wie Feingold (1994) feststellte, vertrauensseliger als Männer und gelten auch als vertrauenswürdiger (Beck et al 2013; Buchan et al. 2008). Interessanterweise ist das Gegenteil der Fall, wenn speziell im Kontext von e-commerce und online-games die selbe Frage untersucht wird: dort ist das Ergebnis plötzlich umgekehrt und Männer sind vertrauensseliger und gelten als vertrauenswürdiger (Midha, 2012 ; Lee und Schumann 2009).

Von besonderem Interesse für diese Studie ist natürlich der Bereich Ethik und Moral. Hier zeigte sich bislang wenig Unterstützung für die These, dass Frauen moralischer seien als Männer (Jaffee und Hyde 2000; Walker et al. 2006). Es zeigte sich, dass Männer schneller bereit sind für einen finanziellen Nutzen die Unwahrheit zu sagen (Dreber und Johannesson 2008; Erat und Gneezy, 2012), wohingegen Frauen den Schaden des Anderen mit abzuwägen scheinen und bei geringem persönlichen Nutzen nicht lügen. Jedoch ab einer gewissen Höhe des finanziellen Nutzens entschieden auch sie sich für die Lüge (Childs 2012; Erat und Gneezy, 2012) - was als Hinweis gewertet wurde, dass die Ethik von Frauen kontextbezogener ist.

Es ließen sich noch sehr viele weitere Unterschiede zwischen den Geschlechtern aufzählen – zum Beispiel der männliche Vorteil bei der räumlichen Perzeption (Kimura und Clarke 2002; Voyer et al. 1995; Collaer und Nelsen 2002) und der

mentalen Rotation (Peters et al. 1995; Masters und Sanders 1993) oder im Bereich der motorischen Fähigkeiten wie Wurfgenauigkeit (Hall und Kimura 1995; Watson und Kimura 1991). So sollen Männer in allen Altersstufen einen deutlichen Vorteil bei der sensorischen Perzeption in der dynamischen Sehschärfe haben, sodass sie besser kleine Bewegungen im Gesichtsfeld wahrnehmen (Hamilton 2008; Ishigaki und Miyao 1994). Bei Frauen dagegen wird ein Vorteil bei der Gesichtserkennung vermutet (Lewin und Herlitz 2002), ebenfalls eine bessere Erinnerungsfähigkeit an emotionale Erfahrungen (Seidlitz und Diener 1998) oder wie sich in einer Studie von Yamasue aus dem Jahre 2008 zum Thema Kooperation zeigte, eine signifikant höhere Bereitschaft und Fähigkeit zu Kooperation bei Frauen.

Desweiteren finden sich Unterschiede bei der auditiven Wahrnehmung (Halpern 2000), der Wahrnehmungsgeschwindigkeit (Hausmann 2007), dem visuospatialen Kurzzeitgedächtnisses (Orsini et al. 1987) oder dem Ortsgedächtnis von Objekten (Eals und Silvermann 1994; Kimura und Clarke 2002). Die Liste von verhaltenswissenschaftlichen Unterschieden zwischen Mann und Frau ließe sich wie gesagt noch lange fortsetzen und zeigt nur einmal mehr, wie wichtig die Berücksichtigung des Faktors Geschlecht in Studien ist.

Dennoch gilt auch hier Vorsicht walten zu lassen, denn selten können objektive Messungen eindeutige und konsistente Unterschiede der Geschlechter aufzeigen; oftmals zeigen sich gerade im Bereich der Verhaltensforschung und des emotionalen Erlebens recht widersprüchliche Ergebnisse in Studien zu Geschlechtsunterschieden, weil unser Verhalten ein komplexes Ergebnis ist aus unzähligen, größtenteils immer noch unbewussten, Faktoren.

Doch nun zu der Frage, die sich aus den gefundenen Verhaltensunterschieden ableiten muss: gibt es hinter diesen verhaltenswissenschaftlichen Unterschieden entsprechende Unterschiede in den neuronalen Korrelaten?

2.2.2.4 Ergebnisse bildgebender Verfahren (fMRI)

Bei **Arbeitsgedächtnis**-Aufgaben zeigte sich bei Männern im rechten Gyrus parietalis superior sowie occipitalis inferior, außerdem im linken Lobus parietalis inferior, mehr neuronale Aktivierung als bei Frauen. Trotz dieser neuronalen Unterschiede zeigten sich jedoch in der Leistung keine signifikanten Unterschiede. Bei verbalen Aufgaben bestanden bei männlichen Probanden stärkere Aktivierungen im rechten dorsolateralen präfrontalen Cortex, dem rechten inferioren Parietallappen und dem Cingulum (Hill et al. 2014). In Studien zu kognitiven Fähigkeiten zeigte

sich auch, dass es bei Frauen eine zyklusabhängige Fluktuation gibt. Frauen schnitten nämlich in den Phasen hoher Östradiolspiegel besonders gut in den kognitiven Funktionen ab, in denen sie den Männern sowieso durchschnittlich überlegen sind; wobei sie während der Menstruation in den Tests besser waren, in denen sonst Männer bessere Leistungen zeigen (Hampson et al. 1990 a&b; Hampson et al. 1988, Phillips und Silverman 1997; siehe aber auch Epting u. Overman 1998).

Auch in Tests für visuell-räumliche Wahrnehmung zeigten sich deutliche neuronale Aktivierungsunterschiede bei Männern und Frauen – so aktivierten Männer vornehmlich parietal - Frauen dagegen inferior frontal (Hugdahl et al. 2006;). Weiter wurde deutlich, dass Männer bei räumlichen Aufgaben rechts lateralisiert aktivierten, und zusätzlich bessere Ergebnisse erzielten als die weibliche Vergleichsgruppe (Gur et al. 2000; Bell et al. 2006).

Bei bildgebenden Studien zur **Empathie** wiesen Männer gegenüber Frauen verringerte Aktivierungen im MPFC und der anterioren Insel auf, wenn sie beobachteten, wie einer - zuvor als unfair erlebten Person - Schmerzen zugefügt wurden (Singer et al., 2006); gleichzeitig hatten sie eine stärkere Aktivierung im ventralen Striatum. Damit könnten die Befunde als “Hinweis auf eine verstärkte Neigung zu negativer Reziprozität und altruistischer Bestrafung bei Männern” interpretiert werden (Fließbach, 2010).

Ebenso wurde anhand **emotionaler Stimuli** geschlechtsvergleichend bildgebend geforscht. Dabei wurden die Probanden unterschiedlichen negativen visuellen Stimuli ausgesetzt (z.B. negative Wörter in der Studie von Shirao et al. 2005; negative Gesichtsausdrücke wie Abscheu bei Aleman and Swart, 2008; wütende Gesichtsausdrücke bei McClure et al. 2004; ängstliche Gesichtsausdrücke bei Thomas et al. 2001 und Williams et al. 2005). Dabei zeigte sich in allen Studien erhöhte weibliche Aktivierung in subkortikalen (Thalamus, Caudatum und Putamen), limbischen (Amygdala, Insula, subgenualer Cortex) und präfrontalen Regionen (Gyrus frontalis superior, OFC). Mehraktivierung bei Männern zeigte sich beim Betrachten von Bildern, die Aggressions- und Angriffssituationen zeigten in der Amygdala bilateral, sowie dem linken Gyrus fusiformis (Schienle et al. 2005), obwohl die Frauen angaben die Bilder als furchterregender zu empfinden. Aleman und Swart (2008) konnten für das Betrachten von verächtlichen Gesichtsausdrücken eine größere Aktivierung bei Männern im Gyrus frontalis (medial und inferior),

sowie im Gyrus temporalis superior nachweisen.

Auch bei positiven emotionalen Photostimuli zeigte sich bei Männern eine Mehraktivierung im Frontallappen (inferior und medial), sowie der Amygdala (Wrase et al. 2003). Deutliche Unterschiede in den Aktivierungen gab es ebenfalls beim Betrachten von Bildern mit sexuellem Inhalt. Hierbei antworteten Männer mit einer höheren Aktivität bilateral in der Amygdala, dem Hypothalamus und dem rechten Cerebellum, wohingegen Frauen in keinem Areal eine größere Aktivierung als Männer hatten (Hamann et al. 2004). Takahashi et al. (2006) legten den Versuchspersonen Sätze vor, die sexuelle und emotionale Untreue schilderten. Männer reagierten auf solche Eifersucht provozierende Sätze mit einer erhöhten Aktivität in der Amygdala und dem Hypothalamus, während Frauen mit erhöhter Aktivität im posterioren STS (superioren temporal sulcus) reagierten. Hamann hatte bereits 2004 bei Männern eine stärkere Aktivierung in der Amygdala sowie dem Hypothalamus beim Betrachten von sexuell erregenden Paarbildern nachgewiesen, und das obwohl beide Geschlechter angaben, die Erregung als gleich intensiv zu empfinden. Gizewski und Kollegen (2009) fanden bei Ausschnitten von erotischem Filmmaterial bei Männern im Thalamus, der Amygdala, dem orbitofrontalen und insulären Cortex eine erhöhte Aktivität verglichen mit der weiblichen Aktivierung. Allgemein zeigten Männer beim Betrachten von emotionalen Gesichtern mehr neuronale Reaktion in limbischen und präfrontalen Regionen, wohingegen bei Frauen größere Aktivierung im rechten subcallosalen Gyrus festzustellen war (Fusar-Poli et al., 2009). Dieser Aktivierungsunterschied der Geschlechter war jedoch auch von der Art des jeweiligen emotionalen Ausdrucks abhängig (Lee T. et al., 2002). Interessant ist auch, dass es einen Unterschied zu machen scheint, welches Geschlecht diese Emotion ausdrückt (Fischer et al., 2004), denn es konnte aufgezeigt werden, dass Männer und Frauen unterschiedlich auf erboste und verängstigte Gesichter reagieren, je nachdem ob es sich dabei um männliche oder weibliche Gesichter handelte.

Neuronal ergab sich auch unterschiedliche Aktivität während der Diskrimination von emotionaler Stimmlage (traurig – fröhlich); dabei ließ sich bei Männern eine signifikant höhere Aktivierung im rechten mittleren Gyrus frontalis feststellen, wohingegen bei Frauen eine größere Aktivierung im linken mittleren Gyrus temporalis auftrat (Wildgruber et al. 2002). Kempton et al. (2009) berichteten, dass Frauen beim Erkennen von angstgefüllten Gesichtern signifikant mehr Aktivierung in der linken Amygdala sowie im rechten Temporalpol aufwiesen, wohingegen Männer

in keiner Hirnregion mehr neuronale Aktivierung zeigten als die Frauen. Han et al (2008) fanden, dass Männer eine stärkere posterior parietale Aktivierung aufwiesen mit verstärkter Konnektivität zum medialen präfrontalen Cortex, während die weiblichen Probanden schneller auf Bedrohungshinweise reagierten, die in visuellen Gefahrensituationen präsentiert wurden. Hall et al. (2004) konnten beim Erkennen von Gesichtsausdrücken mit erfreulichen bzw unerfreulichen Emotionen zeigen, dass Frauen nicht nur schneller die jeweilige Emotion erkannten und zuordneten, sondern auch eine erhöhte limbische Aktivität im anterioren Cingulum und dem Thalamus aufwiesen. Bei den männlichen Probanden hingegen kam es zu erhöhter Aktivität im lateralen Gyrus frontalis inferior sowie Gyrus parietalis inferior. Killgore und Yurgelun-Todd (2001) fanden in ihrer Studie zur Emotionswahrnehmung heraus, dass bei der Wahrnehmung von fröhlichen Gesichtern Männer eine erhöhte Aktivität der rechten Amygdala aufwiesen. Diese Studien belegen, dass die zugrunde liegenden neuronalen Korrelate bei der Emotionsperzeption geschlechtsspezifisch unterschiedlich sind. Und sie belegen speziell auch, dass Frauen vermehrt limbische Areale (Amygdala, anteriores Cingulum, Thalamus) sowie den inferioren frontalen und temporalen Kortex aktivieren, wohingegen Männer vermehrt präfrontal und parietal aktivieren. Damit ergeben sich Hinweise auf unterschiedliche Strategien der Geschlechter zur Emotionsperzeption. Wenn man Damasio (1994) und LeDoux' (2000) Erkenntnisse einbezieht, dass primäre Emotionen v.a. zu einer Aktivierung des limbischen Systems führen und sekundäre Emotionen präfrontale und somatosensorische Areale erfordern, so kann man daraus schlussfolgern, dass die größere limbische Aktivierung bei Frauen für eine primäre, also intuitive, angeborene Emotionsperzeption spricht, wohingegen bei Männern die erlernte, analytischere und damit auch langsamere sekundäre Emotionsperzeption erfolgt (Whittle et al. 2011). Whittle fasst in seiner/ihrer Metaanalyse (2011) all diese bildgebenden Studien und deren Ergebnisse zum Thema Emotionen unter dem Fazit zusammen, dass Frauen scheinbar ein sensibleres „fear-detection system“ haben, also viel neuronale Aktivität bei negativen Emotionen zeigen, wohingegen Männer auf positive und sexuelle Reize und auf Emotionen im Zusammenhang mit Dominanzstreben neuronal mit erhöhter Aktivität reagieren.

Auch **Strategien der Emotionsregulation** - also die Fähigkeit, die auf bestimmte Emotionen folgenden Gefühle und entsprechend das Verhalten zu modulieren, inhibieren oder gar zu initiieren - unterscheiden sich geschlechtsspezifisch. Bei

Männern zeigte sich ein problemorientiertes Vorgehen mit positiven Regulierungsstrategien beim Umgang mit negativen Erlebnissen (Vingerhoets und Vanheck 1990), wohingegen Frauen dazu neigen eher emotionsfokussiert auf maladaptive Strategien zurückzugreifen wie Resignation und Grübeln (Donaldson et al., 2000; Hampel 2007; Nolen-Hoeksema und Jackson, 2001).

Zur Frage der Geschlechtsunterschiede in den neuronalen Korrelaten bei Emotionsregulation und Modulation fanden McRae et al. (2008), dass trotz vergleichbarer selbstberichteter Abnahme von negativen Emotionen bei Männern und Frauen, Männer eine größere Abnahme in der Amygdala-Aktivität aufwiesen als Frauen und weniger Anstieg in der präfrontalen Aktivität. Die Autoren diskutierten die Ergebnisse dahingehend, dass Männer weniger Aufwand leisten müssten negative Emotionen „herunter“zuregulieren und damit weniger Bedarf an präfrontal-basierten Exekutivfunktionen haben, was die kognitive Emotionsregulation angeht.

In einer ähnlichen Aufgabe fanden Domes et al. (2010) jedoch größere präfrontale Aktivierung bei Männern in der willentlichen Reduktion negativer Emotionen und keinen Unterschied in der amygdalären Aktivität. Ob dies darauf hinweist, dass in dieser Studie die Männer mehr frontalen Einsatzes bedurften, um ihre negativen Emotionen zu unterdrücken, lässt sich nur vermuten. Allgemein muss man jedoch daran feststellen, dass es schwierig ist, sichere Aussagen über neuronale Aktivierung und deren Sinn zu treffen, da sich noch nicht mal sicher sagen lässt, ob erhöhte Aktivität in einer speziellen Hirnregion automatisch den Rückschluss auf mehr oder weniger Effizienz zulässt (Poldrack, 2010). In einer weiteren Studie zu diesem Thema zeigte Mak (2009) erneut, dass Männer und Frauen unterschiedliche neuronale Strategien und Aktivierungsmuster zur Emotionsregulation aufweisen. Erneut war die Aufgabe, negative emotionale Antworten als Antwort auf emotionale Stimuli willentlich zu reduzieren. Bei Männern wurde vermehrte Aktivierung im linken Gyrus orbitofrontalis, dem linken Gyrus frontalis superior und temporalis medialis sowie dem rechten anterioren Cingulum nachgewiesen. Im Gegensatz dazu zeigten Frauen mehr Aktivität im linken medialen orbitofrontalen Gyrus. Es scheint, als sind die von Frauen rekrutierten Hirnareale zur Regulierung negativer Emotionen hauptsächlich Areale, die mit emotionalen Prozessen in Verbindung stehen - wohingegen die Areale, die bei Männern aktiviert wurden, v.a. Areale sind, die bei kognitiven Prozessen gebraucht werden (Mak et al. 2009). Dies wiederum bestätigte die vorhergehenden Ergebnisse, in denen Frauen emotionalere Strategien, und Männer insbesondere kognitive Coping-Strategien aufwiesen.

Forschungsergebnisse des Neuroimaging liefern immer mehr Belege, dass es Geschlechtsunterschiede im unterbewussten Emotionsregulationsprozess gibt (Gross, 2007), und dass Männer effizienter in automatische emotionsregulatorische Prozesse investieren. So zeigen die Studien von Williams et al. (2005) und Thomas (2001), dass das erhöhte weibliche Reaktionsvermögen auf Angstreize mit dauerhaft erhöhter limbischer Aktivität einhergeht, wohingegen Männer zwar initial neuronal wie die Frauen reagieren, bei ihnen dann jedoch schneller eine Abschwächung der limbischen Aktivität erfolgt. Demzufolge ist davon auszugehen, dass bei Männern regulatorische Mechanismen schneller einsetzen, die dann wiederum affektive Reaktionen dämpfen. Kempton et al. (2009) wiesen bei Männern, die Gesichtsausdrücke beschrieben, eine niedrigere Amygdala Aktivität nach und führten dies auf eine höhere präfrontale Inhibition der Amygdala-Aktivität zurück, die mit einer automatischen Emotionsregulation während der expliziten Emotionserkennung verbunden ist. Da dies auch verstärkt bei Autismus zu beobachten ist, ging Baron-Cohen sogar so weit, Autismus als „Extremform des männlichen Gehirns“ zu beschreiben (Kliemann et al. 2012; Baron-Cohen et al., 2003).

Koch et al. (2007) nutzten eine Arbeitsgedächtnis-Aufgabe, während der die VP unangenehmen Gerüchen ausgesetzt wurden. Es zeigte sich bei Männern eine stärkere Aktivierung im fronto-parieto-cingulären Netzwerk (insbesondere parietal und parieto-temporooccipitale Areale), wohingegen Frauen vermehrt im orbitofrontalen Cortex sowie der Amygdala aktivierten. Dies werteten die Autoren als Beleg für eine schwächere Emotions-Regulation bei Frauen. Und in der Tat zeigte sich, dass eine Aktivierung des fronto-parieto-cingulären Netzwerks mit einer effektiveren Emotionsregulation assoziiert ist (Habel et al. 2007). Damit bestehen sowohl im unbewussten (automatic) als auch im bewussten (effortful) Emotionsregulations-Prozess geschlechtsspezifische Unterschiede in den neuronalen Korrelaten. Wenn man nun bedenkt, dass Defizite in der Emotionsregulation ein charakteristisches Merkmal einer Vielzahl von psychischen Erkrankungen sind, für die sich auch in Prävalenz und Krankheitsbild signifikante Geschlechtsunterschiede zeigten (Gross & Munoz 1995), dann wird erneut deutlich wie bedeutend weiteres Erforschen am Thema Geschlechtsdifferenzen in neuronalen Schaltkreisen ist.

Auch zum **Emotionserleben** gibt es Studien, die zeigen, dass Frauen Emotionen mit größerer Intensität zu erleben scheinen (Brebner, 2003; Vrana und Rollock 2002): Frauen geben im Geschlechtervergleich häufiger an sowohl positive als auch

negative Stimmungslagen zu empfinden, wobei die Geschlechtsunterschiede insbesondere bei negativen Emotionen wie Angst und Eifersucht am größten sind (Canary et al. 1997; Manstead 1998; Guerrero und Reiter 1998). Drobyshevsky konnte zeigen, dass bei sexuell erregenden Stimuli, die von beiden Geschlechtern als gleich erregend eingestuft wurden, erneut die Frauen eine stärkere Aktivierung im okzipitalen Cortex aufwiesen, wohingegen bei Männern eine größere Aktivität im Kortex frontalis, dem inferioren und mittleren temporalen Gyrus, sowie dem posterioren Cingulum und der Amygdala aufwiesen (2006). McRae et al. (2008) fanden heraus, dass Frauen bei der Betrachtung emotional erregender Bilder eine größere Aktivierung des anterioren Cingulums aufwiesen; sonst fanden sie keine weiteren Geschlechtsunterschiede in der neuronalen Aktivierung und auch keine Unterschiede im Grad der selbstberichteten Erregung. Hofer et al. (2007) beschrieben bei negativen emotionalen Bild-Stimuli ebenfalls Geschlechtsunterschiede der neuronalen Aktivierung: bei Frauen ergab sich eine vermehrte Aktivierung des superioren temporalen Gyrus, der Insula, des posterioren und anterioren Cingulums, des okzipitalen Cortex, des Cerebellums, der Vermis und des Putamens, wobei die Frauen auch selbst angaben, dass sie intensivere negative Emotionen empfanden beim Anblick der Bilder als die Männer. Bei positiven Emotionsstimuli zeigte sich ebenfalls bei den weiblichen Teilnehmern eine erhöhte Aktivierung im rechten posterioren Cingulum, dem Putamen und im Cerebellum. Butler et al (2005) konnten darlegen, dass Geschlechtsunterschiede bei der neuronalen Aktivierung im Rahmen von Angst in bedrohlichen Situationen (Androhung von Schmerzreiz) bestanden: So aktivierten Frauen vermehrt im subgenualen präfrontalen Cortex, der Insula und dem Hirnstamm, wohingegen bei Männern mehr Aktivität im Gyrus frontalis superior, sowie im Gyrus postcentralis zu finden war. Caseras et al. (2007) wiesen nach, dass Frauen Ekelreize intensiver empfanden und dabei mehr Aktivierung im linken ventrolateralen präfrontalen Cortex aufwiesen als Männer. Zusammenfassend scheinen Frauen in all diesen Studien mehr limbische und präfrontale Aktivierung aufzuweisen als Männer. Auch beim Aufrufen von Gedächtnisinhalten von traurigen und glücklichen Lebensereignissen zeigte sich bei Frauen eine stärkere limbische und präfrontale Aktivierung (Damasio et al. 2000; George et al., 1996). In einer Studie mit derselben Aufgabe konnten Piefke et al. (2005) zeigen, dass Männer im parahippocampalen Gyrus vermehrt aktivieren, wohingegen Frauen beim Aufrufen von traurigen und glücklichen Erinnerungen verstärkt im dorsolateralen präfrontalen Cortex aktivierten

- bei traurigen Erinnerungen zudem auch vermehrt insulär . In den Studien von Piefke und George bestanden keine Unterschiede in den subjektiven Stimmungseinschätzungen von Männern und Frauen, was als Hinweis gewertet wurde, dass die Unterschiede in der neuronalen Aktivierung in unterschiedlichen Abruf-Strategien begründet sein könnten. George (1996) konnte auch zeigen, dass die erinnerten Begebenheiten sich unterschieden, so dass auch hier Gründe für unterschiedliche Aktivierungen gesehen werden können.

Nachdem bereits Seidlitz und Diener einen weiblichen Vorteil in der Erinnerungsfähigkeit an emotionale Erfahrungen beschrieben hatten (1998), fanden Cahill und Kollegen in einer Studie zum **emotionalen Gedächtnis** heraus , dass Männer bei emotionaler Erinnerung rechtshemisphärisch aktivierten - Frauen jedoch linkshemisphärisch (Cahill et al. 2003 und 2004). Das deckt sich mit den Ergebnissen von Tranel und auch Kosciak, die in sozial-emotionalen Prozessen eine geschlechtsabhängige funktionelle Lateralisierung nachweisen konnten. So sind bei Männern emotionale und soziale Entscheidungssituationen mit rechtsseitiger Aktivierung verbunden, bei Frauen hingegen mit linksseitiger (Tranel et al., 2005; Tranel und Bechara, 2009; Kosciak et al., 2010). Studien zu Geschlechtsunterschieden beim emotionalen Lernen und Gedächtnis (Bremner et al 2001; Cahill et al 2004; Canli et al. 2002) konnten zwar mehrfach zeigen, dass Männer und Frauen unterschiedliche Netzwerke aktivieren zur Gedächtnisbildung, jedoch wurde auch deutlich, dass die Aktivierungsunterschiede nicht nur mit dem emotionalen Erleben per se, sondern auch mit der geschlechtsspezifisch unterschiedlichen Aufrufstrategie assoziiert sind. Diese Ergebnisse unterstützen die Vermutung, dass einige Berichte von stärkerem weiblichen Emotionserlebnis schlichtweg von unterschiedlichen neuronalen Mechanismen des emotionalen Lernens und Wiederaufrufens herrühren (Fugate et al. 2009). Dass den weiblichen Probanden Gedächtnisaufgaben und Wiedererkennen leichter fiel, könnte damit erklärt werden, dass die bei Frauen gezeigte stärkere Aktivierung emotionaler Areale auch ihre Gedächtnisbildung nachhaltig fördert, so dass die Aktivierung sowohl mit der emotionalen Reaktion als auch mit dem Speicherprozess der emotional erregenden Bilder zustande kommt (Canli et al. 2002).

In der Studie von Moriguchi et al. (2014) wird zusammenfassend festgestellt, dass bei Frauen zwischen der Einschätzung ihrer Erregung (arousal-rating) und der neuronalen Antwort in der anterioren Insula, die u.a. zum Körperempfinden beiträgt, eine größere Assoziation besteht - wohingegen bei Männern eine größere Korrelation

ihres arousal ratings und der neuronalen Antwort im visuellen Cortex gegeben ist sowie zudem eine verstärkte Konnektivität zwischen der dorsalen anterioren Insula und dem dorsalen ACC vorliegt, welches ein Netzwerk darstellt, das an der Regulation von Aufmerksamkeitsverschiebung involviert ist. Daraus schlussfolgerte Moriguchi: „women’s feelings are relatively more self-focused while men’s feelings are relatively more world-focused.“. Geschlechtsunterschiede in den neuronalen Korrelaten affektiven Erlebens zeigen also Hinweise, dass dieselbe emotionale Situation von verschiedenen Menschen unterschiedlich verarbeitet und interpretiert wird, und zwar in der Art, dass die Emotionen von Frauen stärker selbstbezogen sind, während die der Männer umweltbezogener sind.

In einer Metaanalyse identifizierten Sacher et al. (2013) anhand fMRT-Studien der letzten Dekade (2000-2011) zum Thema Geschlechtsunterschiede bei emotionalen Prozessen, all jene Areale, in denen geschlechtsspezifische Aktivierungsunterschiede zu beobachten waren. Es zeigten sich in allen Studien Geschlechtsunterschiede in den Aktivierungen in Arealen des Frontalkortex (OFC, DLPFC, Gyrus frontalis), im Gyrus supramarginalis, parahippocampalis und paracinguli, im superioren Occipitallappen und dem temporo-parietalen Übergang, im Hippocampus, sowie in Amygdala, Thalamus, Putamen, Pallidum, Caudatum, anteriores und posteriores Cingulum (Sacher et al. 2013). Dabei wurde eine signifikante Mehraktivierung bei Männern bilateral in der Amygdala beobachtet, die an der emotionalen Wahrnehmung beteiligt ist und als Initiator-Region für emotionale Reaktion gilt (LeDoux et al. 2000). Der andere auffallend große Kontrast war im linken OFC festzustellen. Der orbitofrontale Kortex ist unter anderem an der Kontrolle und Inhibition von emotionalen Assoziationen, von visuellen Stimuli und am Treffen von Entscheidungen beteiligt (LeDoux et al. 2000; Bechara et al. 2000). Weiter konnte gezeigt werden, dass der OFC in seiner Aktivierung während einer Stimulation mit negativen Emotionen reziprok stark mit der Amygdala korreliert. Interessanterweise zeigen der OFC und die Amygdala beide hohe Dichte an GABA-A-Rezeptoren. Vom GABA-A-Rezeptor-System wurde beschrieben, dass es in gewissen Hirnarealen einem Sexualdimorphismus unterliegt (Davis et al. 1994). Die Regionen, in denen Frauen konsistent bei emotionalen Prozessen mehr Aktivierung zeigten als Männer, waren: der Thalamus, das anteriore und posteriore Cingulum, sowie allgemein im Mittelhirn. (Sacher et al, 2013).

Beiderseits waren die thalamischen Regionen bei Frauen mehr aktiviert als bei Männern, was erneut für ein stärkeres Emotionserlebnis der Frauen spricht, denn

bisher wurde der Thalamus als relevante subkortikale Struktur im „fear circuitry“ diskutiert (Gorman et al. 2000), der auch in der limbischen Gruppe der Emotionsverarbeitungsnetzwerke eingeschlossen ist (Canli 2002). Im Mesencephalon, dem Mittelhirn, war in einer Region bei Frauen ebenfalls deutlich mehr Aktivität zu erkennen als bei Männern. Diese Region wurde mit der Raphe-Region in Verbindung gebracht, die eine Region mit reicher Serotonin Innervation und damit anfällig für Sexualdimorphismen ist, denn mehrere Studien legen eine höhere Baseline der Serotoninfunktion bei Frauen nahe (Cosgrove et al. 2007).

Die Unterschiede im kortiko-limbischen System betrafen subkortikale Hirnareale, wie das Pallidum und das Putamen. Läsionen der Basalganglien wie zum Beispiel des Putamens können in einer verminderten Wahrnehmung von emotionalen Gesichtsausdrücken speziell von Wut, Ekel und Furcht (Cheung et al. 2006) resultieren. Dies hat die Vermutung bestärkt, dass die dopaminerge Aktivität im Putamen an der Gesichtserkennung beteiligt sein könnte. (Staley et al. 2001; Lavalaye et al. 2000; Mozley et al 2001) .

Auch bezüglich des cerebralen Blutflusses (CBF) oder des Glukose-Verbrauchs (CMRglu) zeigten sich Geschlechtsunterschiede. So konnte für Frauen in verschiedenen Studien ein höherer cerebraler Blutfluss und höherer Glukoseverbrauch vor allem in der orbitofrontalen Gegend (Devous et al. 1986; Gur et al. 1982; Baxter et al. 1987; Andreason et al. 1994) nachgewiesen werden, die sich einer anderen Studie zufolge (Reiman et al. 1996) sogar signifikant mit den verschiedenen Phasen des Menstruationszyklus' verändern. Auch neuere Studien bestätigen dies; so zeigten sich bei kognitiven Aufgaben abhängig von der Zyklus-Phase jeweils unterschiedliche Ergebnisse (Schöning et al. 2007). Aus diesen Ergebnissen muss geschlossen werden, dass sich beim weiblichen Geschlecht durchaus abhängig vom Hormonstatus unterschiedliche Versuchsergebnisse ergeben können. Insbesondere im Design von Psychopharmaka-Studien könnten solche hormonellen Unterschiede ein wichtiger Aspekt sein.

Neurochemische und bildgebende Studien zeigen also, dass eine große Notwendigkeit besteht, das Geschlecht als wesentlichen Einflussfaktor in Studien mit einzubeziehen.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass es neuronale Geschlechtsunterschiede in den neuronalen Korrelaten der Emotionswahrnehmung,

Emotionsverarbeitung und -regulation, im Zusammenhang mit Empathiefähigkeit und auch in kognitiven Funktionen, insbesondere bei mnestischen und visuell-räumlichen Fragestellungen gibt, und – wie einleitend beschrieben – gerade Kognition und Emotion für moralische Entscheidungen eine große Rolle spielen. Daher sollen abschließend jene Areale rekapituliert werden, die von Sexualdimorphismen betroffen sind und zum Moralnetzwerk gehören. Dazu zählen der Gyrus frontalis, insbesondere der orbitofrontale und ventromediale Gyrus frontalis und der dorsolaterale präfrontale Cortex. Ebenso das posteriore Cingulum, der Präcuneus, der Lobus parietalis superior wie inferior, der superiore temporale Sulcus und im Temporallappen der Gyrus temporalis medialis und inferior, und - last but not least - die Amygdala. Es gibt also deutliche und nachweisbare anatomische und funktionelle Unterschiede in den Gehirnen von Männern und Frauen, die in großen Teilen auch das Moralnetzwerk betreffen. Damit stellt sich die Frage, ob sich nicht auch das Moralnetzwerk bzw die Aktivierungen im Moralnetzwerk bei Frauen und Männern unterscheiden. Mit diesen Grundlagen soll nun auf den Studienablauf und die Ergebnisse zum Thema “neuronale Korrelate moralischen Handelns” eingegangen werden, und die für diese Studie gestellte Frage ob dabei geschlechtsspezifische Unterschiede aufweisbar sind, untersucht werden.

3. Methoden

Im folgenden Kapitel wird zunächst der Vorgang der Datenerhebung mit Darstellung der Probandenstichprobe und dem für die vorliegende Arbeit entwickelten Studiendesign beschrieben, sowie der experimentelle Ablauf selbst. Schließlich soll die statistische Auswertung sowohl der fMRT- als auch der behavioralen Daten vorgestellt werden.

3.1 Probanden

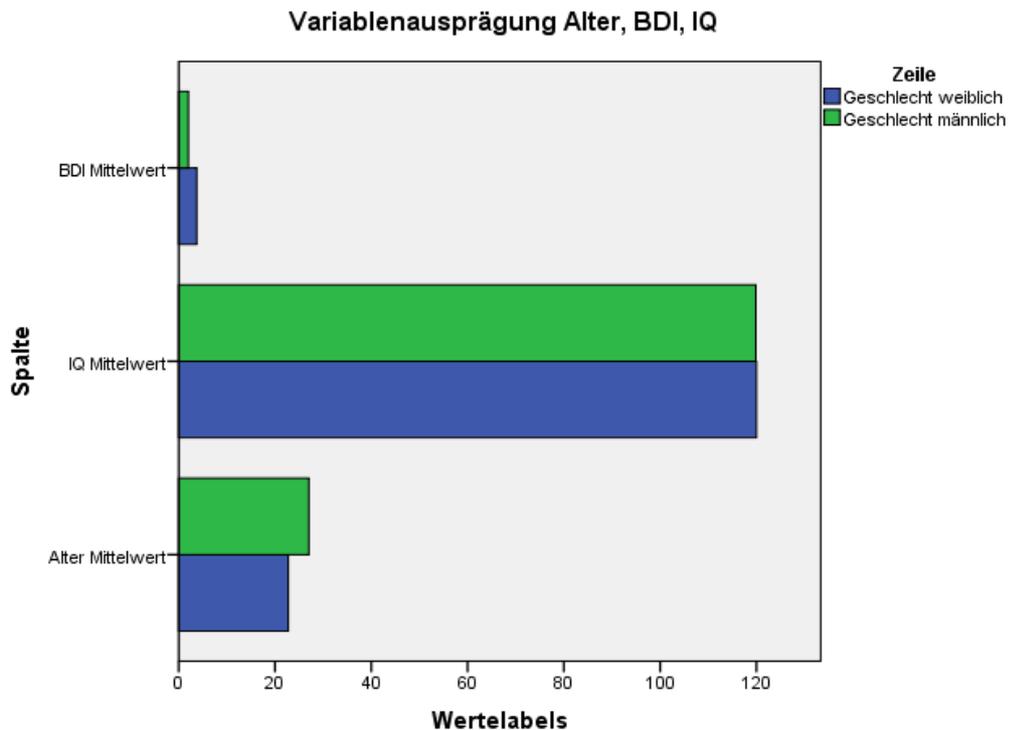
An der vorliegenden Studie nahmen insgesamt 16 Probanden (jeweils acht weibliche und acht männliche) teil, im Alter zwischen 21 und 31 Jahren ($N_{\text{gesamt}} = 16$; (mittleres Alter) $M_{\text{gesamt}} = 24,875$, davon $M_{\text{weiblich}} = 22,75$ Jahre ($SD_{\text{weiblich}} = 0,463$) und $M_{\text{männlich}} = 27$ Jahre ($SD_{\text{männlich}} = 2,878$). Die Versuchspersonen nahmen alle freiwillig an der Studie teil. Im Vorfeld wurden etwaige Ausschlusskriterien für die Teilnahme an einer fMRT-Studie abgeklärt. Diese waren bei Frauen Schwangerschaft und bei allen Teilnehmern implantierte Metallteile, sowie Herzschrittmacher, außerdem jegliche psychiatrische oder neurologische Erkrankungen, sowie mangelndes Verständnis der Fragen (z.B. aufgrund mangelnder Sprachkenntnis oder aufgrund eines zu geringen Bildungsstandes). Der besseren Vergleichbarkeit wegen wurden auch nur rechtshändige Personen zur Studie zugelassen. Die Bestätigung, dass keine Kontraindikation vorlag, sowie die Einverständniserklärung wurde von den Teilnehmern in dem dafür vorgefertigten Dokument gegeben, welches im Anhang (9.1) angeführt ist.

Die statistische Auswertung der Versuchspersonendaten (Alter, BDI, Intelligenzquotient; siehe *Abbildung 3.1*) ergab bezüglich des Intelligenzquotienten (IQ), der sich anhand der MWT-B Werte (siehe Anhang 9.2) mittels einer Normtabelle bestimmen ließ, für die weibliche Probandengruppe einen durchschnittlichen IQ von 120 ($SD = 8,350$) und damit einen ähnlichen Intelligenzbereich wie bei der männlichen Probandengruppe, deren IQ-Durchschnitt bei 119,88 ($SD = 12,276$) lag. Der sogenannte Beck Depressions Inventar Test (BDI, siehe Anhang 9.3) ist ein psychologisches Testverfahren, bei dem mittels eines Fragebogens die Schwere einer eventuell vorhandenen depressiven Symptomatik ermittelt werden kann. Die BDI-Werte der Frauen waren im Mittel 3,75 ($SD = 2,12$) – die der Männer zeigten mit 2,0 ($SD = 1,85$) etwas geringere Depressivität.

Es handelt sich also um eine recht homogene weibliche und männliche

Versuchspersonengruppe ohne signifikante Unterschiede im Bereich Intelligenz und Depressivität, jedoch waren die männlichen Probanden signifikant älter, als die weiblichen [$t(14) = 4,1$; $p = 0,001$].

Abbildung 3.1 Variablenausprägung Alter, Depressivität, Intelligenzquotient



3.2 Experimental Design - Stimuli und Ablauf eines Trials

Als Stimulusmaterial dienten in diesem Experiment 56 moralische und neutrale Konflikte, die in Textform 28 moralische Konflikte beschrieben und 28 neutrale Geschichten. Die moralischen Konflikte bestanden aus alltäglichen Situationen mit zwischenmenschlichen und sozialen Interaktionen, wobei jeweils zwei Entscheidungsmöglichkeiten zur Wahl standen: einerseits die Erfüllung einer ethischen Norm (z.B. ich helfe einer gestürzten Frau), andererseits die Befriedigung eines persönlichen Bedürfnisses (z.B. ich helfe der gestürzten Frau nicht, um noch rechtzeitig meinen Zug zu erreichen). Anders als bei bisherigen Moralstudien zogen unmoralische Entscheidungen jedoch keinerlei strafrechtliche Relevanz nach sich. Bei den neutralen Konflikten hingegen mussten sich die Probanden zwischen zwei konkurrierenden persönlichen Bedürfnissen entscheiden, zum Beispiel ob sie lieber ins Kino oder ins Schwimmbad gehen würden. Um alltagsrelevante und realistische Konflikte zu entwerfen, die eine möglichst große innere Spannung und damit

einhergehend eine möglichst hohe persönliche Identifizierung hervorrufen sollten, wurden die Konflikte im Vorfeld durch 23 unabhängige Personen (v.a. Diplomanden und Doktoranden der Universität Regensburg) nach den Kriterien Gefühl und Sicherheit bei der jeweiligen Entscheidung, sowie Realitätsbezug und Alltagsrelevanz bewertet. Im Gegensatz zu anderen Moralstudien wurden hier bewusst moralische Konflikte anstelle moralischer Dilemmata verwendet, da bei moralischen Dilemmata jede Entscheidung eine Übertretung gesellschaftlicher, moralischer Normen beinhaltet, die enorme strafrechtliche Relevanz nach sich zieht (siehe z.B. das „footbridge dilemma“ von Greene et al., 2001). Wenn die Mehrheit der neutralen Bewerter den Konflikt als unrealistisch einstufte oder ihn als nicht eindeutig der Kategorie moralisch/neutral zuordenbar hielt, dann wurde der Konflikt aussortiert. Des Weiteren wurde auf eine gute Verständlichkeit aller Konflikte geachtet. Dazu wurden alle in eine einfache Dreisatz-, sowie Ich-Form gebracht. Die je 28 moralischen bzw neutralen Konflikte wurden im Versuch außerdem in randomisierter Abfolge präsentiert, jedoch war die Reihenfolge der präsentierten Geschichten bei jeder Versuchsperson gleich. Zusätzlich wurden, um systematische Reihenfolge-Effekte zu vermeiden, die moralischen bzw unmoralischen Antworten im gleichen Verhältnis sowohl rechts als auch links eingeblendet.

Die Präsentation erfolgte mittels der Software Presentation Version 11.3 (Neurobehavioral Systems Inc., Albany, CA). Zunächst wurden die genauen Abläufe eines Trials in Excel erarbeitet und dann in die Presentation Software importiert. Für jeden Trial wurden dabei die jeweilige Bedingung, die entsprechenden Stimuli (Fixationsbild, Bild 1,2,3), die Startzeit, die Dauer und der korrespondierende MRT-Puls angegeben. Die Konflikt-Abfolge und die Einblende-Dauer des Konzentrationskreuzes wurde randomisiert. Die durchschnittliche Dauer eines Trials betrug 35 Sekunden, pro Proband ergab sich eine Gesamtdauer von circa 40 Minuten. Zusätzlich gab es eine Pause, um die stabile Baseline Aktivität messen zu können. Die Dauer des Jitter-Bildes variierte zwischen 2000 und 3000 ms und wurde so gewählt, dass die neuen Trials nicht immer mit einem entsprechenden MRT-Puls synchron liefen. Präsentiert wurde das Stimulusmaterial den Versuchspersonen über einen Rechner und einen Beamer, die sich außerhalb des MRT-Raumes befanden. Der Beamer projizierte die Trials auf eine Leinwand, die sich am Kopfende des MRT Gerätes befand. Die Versuchsperson konnte diese Leinwand über einen Spiegel an der Kopfspule sehen.

Während der ersten 15 Sekunden wurde dem Probanden die Geschichte in Form einer Ich-Erzählung präsentiert, die immer mit der Frage „Wie verhalte ich mich“ abgeschlossen wurde. Im Anschluss daran folgte eine Folie mit den zwei Antwortmöglichkeiten, die in zwei Kästchen nebeneinander auf der Bildfläche erschienen. Diese wurden fünf Sekunden lang präsentiert; die Versuchspersonen waren angewiesen den Responsebutton ihrer jeweiligen Entscheidung so lange nicht zu drücken bis zu den zwei Antworten die Buchstaben „A“ in der linken und „B“ in der rechten Antwortbox eingeblendet wurden. Diese Anordnung war nötig, damit die neuronale Aktivität bei einer Entscheidungssituation nicht von der Aktivität aufgrund von motorischen Prozessen überlagert wird. Mit dem Einblenden der Buchstaben, waren die Versuchspersonen angewiesen den entsprechenden Knopf für ihre Entscheidung zu drücken. Die Probanden hatten dazu eine kleine Tastatur in der rechten Hand, bei der sie die Taste A mit dem rechten Zeigefinger und die Taste B mit dem rechten Mittelfinger betätigen konnten. Die Versuchspersonen waren vor Versuchsbeginn genau instruiert worden, sich stark in die präsentierten Geschichten hineinzusetzen, sowie erst bei Erscheinen der beiden Buchstaben zu drücken, um mögliche motorische Aktivierungen in der statistischen Analyse zu minimieren. Nach Abschluss jedes Trials wurde ein schwarzes Fixationskreuz für acht bis zwölf Sekunden in der Mitte des Bildschirms eingeblendet.

Die Gesamtdauer der funktionellen Aufnahmen betrug circa 40 Minuten. Danach wurde bei jeder Versuchsperson noch ein strukturelles Bild des Gehirns gemacht, was noch einmal sieben Minuten in Anspruch nahm.

Abbildung 3.2. (auf der folgenden Seite) zeigt beispielhaft einen moralischen Konflikt, wie er den Probanden im Versuch präsentiert wurde.

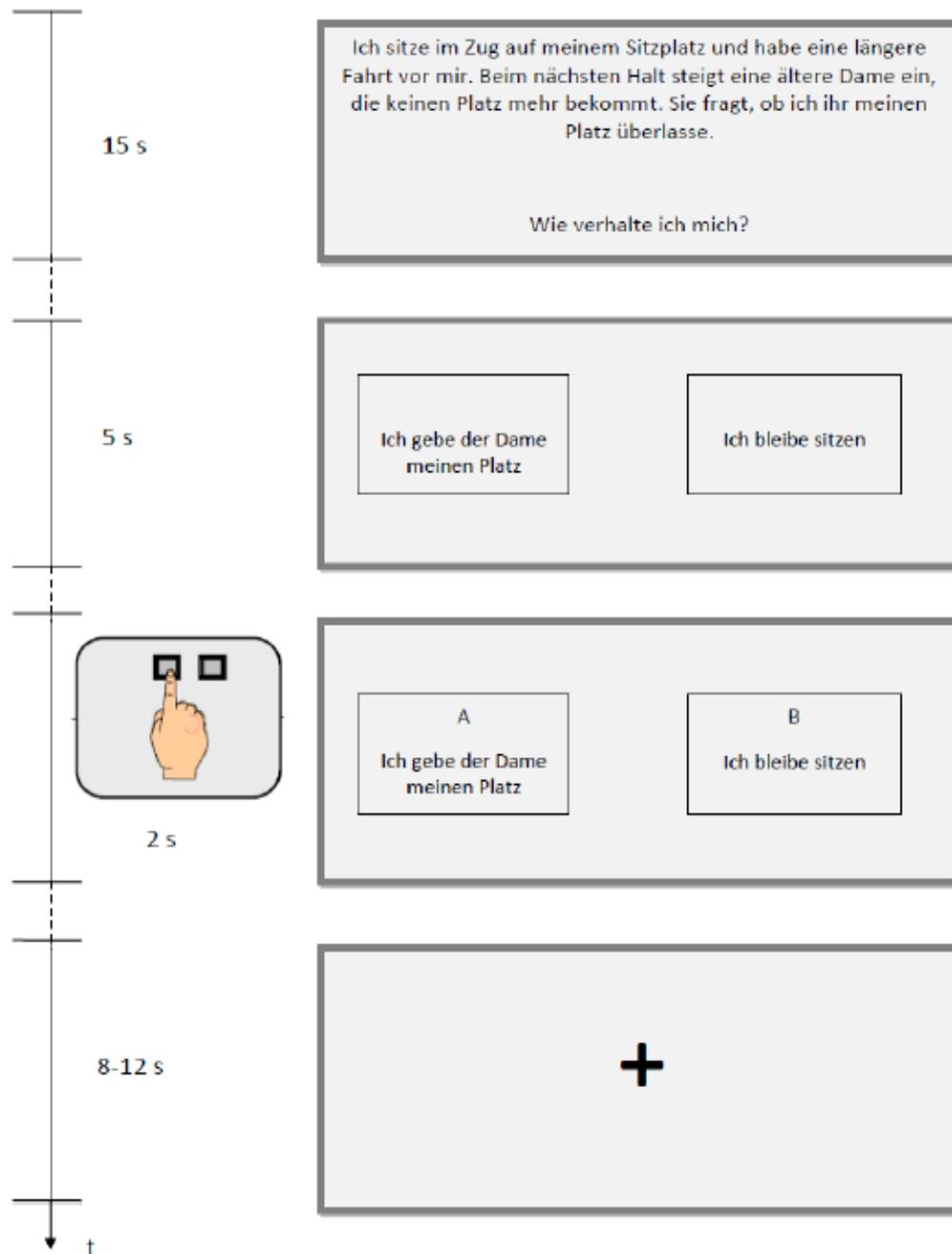


Abbildung 3.2. : Schematische Darstellung des Experiments im fMRT Scanner. Konfliktpräsentation für eine Zeitdauer von 15 Sekunden. Danach Einblendung der zwei Antwortalternativen für die Dauer von fünf Sekunden mit anschließendem Erscheinen der Buchstaben „A“ und „B“ für zwei Sekunden. Während dieser Zeit mussten die Probanden die gewünschte Antwort mittels Tastendruck bestätigen. Im Anschluss wurde ein Fixationskreuz für circa zehn Sekunden eingeblendet.

3.3 Versuchsablauf

Nach der Aufnahme der Stammdaten der Versuchspersonen wurden die Probanden gebeten, die Einverständniserklärung zu unterzeichnen. Vorher wurden noch einmal etwaige Kontraindikationen abgefragt und explizit auf diese hingewiesen. Die Versuchsperson bestätigte die Unterweisung und Aufklärung über Risiken mit einer Unterschrift. Des Weiteren bearbeiteten die Versuchspersonen einen Mehrfachwortschatz Intelligenztest (MWTB), um sicherzustellen, dass die Probanden die Konflikte verstehen können und zur Einschätzung des Intelligenzquotienten der jeweiligen Versuchsperson für eine bessere Vergleichbarkeit der Probanden untereinander. Um die Depressivität der Probanden abschätzen und vergleichen zu können, bearbeiteten sie das Beck-Depressions Inventar (BDI). Im Anschluss daran wurde den Versuchspersonen der Versuchsablauf noch einmal ausführlich erklärt und - um einen reibungslosen und ungestörten Versuchsablauf zu ermöglichen - der Ablauf noch an einem Bildschirm geübt. Bei diesem Probedurchlauf konnten den Versuchspersonen noch einmal die allgemeinen MRT-Verhaltensregeln nahegebracht werden; zudem hatten die Versuchspersonen noch einmal Gelegenheit Fragen zum Ablauf stellen. Die Probanden wurden außerdem gebeten, sich ernsthaft in die im Konflikt beschriebene Situation hinein zu versetzen und möglichst aus der Situation heraus ihre Entscheidung zu treffen.

Nach diesen Vorbereitungen wurden die Probanden aufgefordert vor Eintritt in den MRT-Raum alle metallischen Gegenstände abzulegen. Wegen der erheblichen Lärmbelastung bei einer Untersuchung mit einem Magnetresonanztomographen und der damit gegebenenfalls gestörten Konzentrationsfähigkeit wurden die Versuchspersonen mit Oropax und Kopfhörer ausgestattet. Die Kopfhörer ermöglichten zusätzlich, falls nötig, die Gelegenheit zur Kommunikation zwischen Versuchsleiter und Proband während des Aufenthalts in der Röhre. Die Probanden wurden angewiesen, sich auf die Liege des MRT Geräts zu legen und bekamen für eine möglichst bequeme Lageposition Schaumstoffpolster unter die Beine; ebenso wurden die Lendenwirbelsäule und der Kopf in eine mit Schaumstoff gepolsterte Schale gebettet, um durch Fixierung Bewegungsartefakte zu minimieren. Sobald die Versuchsperson stabil lag, wurde die Kopfspule des Gerätes arretiert; des Weiteren erhielt die Versuchsperson für die rechte Hand eine kleine Tastatur, die Reaktionsbox, so dass der Zeigefinger auf dem Responsebutton 1 (A) und der Mittelfinger auf dem Responsebutton 2 (B) zu liegen kam. Für die linke Hand erhielt der Proband einen Alarmknopf, der im Notfall gedrückt werden konnte. Sobald die Versuchsperson in den Tomographen gefahren worden war, wurde mit der ersten

Kontrollmessung gestartet, eine anatomische Referenzmessung, zur Kontrolle der Lageposition der Versuchsperson. Falls nötig wurde eine Korrektur der Lage vorgenommen. Im Anschluss daran erfolgte die T2 gewichtete EPI-Sequenz, während der dem Probanden die 56 Konflikte präsentiert wurden. Mit den entsprechenden Konzentrationspausen betrug die Dauer dieser Messung circa 40 Minuten. Zum Abschluss der Messung wurde eine strukturelle Aufnahme des jeweiligen Gehirns angefertigt. Dazu wurde der Proband über die Sprechanlage aufgefordert, für weitere sieben Minuten ruhig liegen zu bleiben, um eine strukturelle 3D-Aufnahme des Gehirns vorzunehmen. Nach dieser Aufnahme wurde der Proband aus dem Tomographen gefahren und alle Gerätschaften entfernt.

Im Anschluss an das Experiment erhielten die Versuchsteilnehmer einen standardisierten Fragebogen mit der Bitte ihn auszufüllen. Anhand einer visuellen Analogskala mit einer ordinalen Skalierung von 1 bis 5 mussten die Versuchspersonen erneut alle Konflikte hinsichtlich Gefühl (Wie fühlen Sie sich bei Ihrer Entscheidung?) und Sicherheit (Wie sicher sind Sie sich bei Ihrer Entscheidung?) bewerten, sowie ihre zuvor gewählten Entscheidungen kennzeichnen. Der Wert 1 wurde hierbei der Ausprägung „sehr schlecht“ bzw „sehr unsicher“ zugeordnet, während dem Wert 5 die Ausprägung „sehr gut“ bzw „sehr sicher“ entsprach. Als Dankeschön bekam die Versuchsperson beim Abschied zehn Euro.

3.4 Datenaufzeichnung und fMRT- Parameter

Die Untersuchung wurde mit einem 3-Tesla Siemens Allegra fMRT Scanner (Siemens Inc., Erlangen) im Bezirksklinikum Regensburg durchgeführt. Um Bewegungsartefakte zu minimieren, wurde der Kopf des Probanden im fMRT mithilfe einer standardisierten Kopfspule und Schaumkörpern fixiert. Die Präsentation der moralischen bzw neutralen Entscheidungssituationen erfolgte mittels Projektion auf die Leinwand des Scanners hinter den Kopf der Versuchsperson, die der Proband über einen an der Kopfspule befestigten Spiegel einsehen konnte. Vor Erhebung der funktionellen Daten wurde eine Referenzaufnahme (Localizer) durchgeführt, um die korrekte Lage der Versuchsperson zu überprüfen und gegebenenfalls zu korrigieren. Zur Messung der funktionellen und anatomischen Daten wurden die 32 axialen Schichten mit einer Schichtstärke von 3 mm entlang der AC-PC-Linie (anteriore Commissur - posteriore

Commissur) ausgerichtet, so dass alle Strukturen des Großhirns und ein Großteil des Kleinhirns abgedeckt waren. Dabei hatten die Schichten eine definierte Voxelgröße von 3 x 3 x 3 mm. Zur Durchführung des Experiments wurde eine T2-gewichtete Echo-planar-imaging (EPI)-Sequenz (Time to repeat (TR) = 2000 ms; Flip-Winkel = 90°; Time-to-Echo (TE) = 30 ms; Field of view (FoV) = 192 x 192 mm) benutzt. Damit war es möglich, den zeitlichen MR-Signalverlauf eines jeden beliebigen Voxels zu verfolgen (Schneider und Fink, 2007). Die Dauer der Aufnahmen betrug circa 40 Minuten. Nach der Konfliktpräsentation wurde noch eine hochauflösende, strukturelle T1-gewichtete 3D-Aufnahme mittels einer MPRAGE (Magnetization Prepared Rapid Acquisition Gradient Echo) Pulse Sequenz des Schädels durchgeführt (TR = 2250 ms; TE = 3,93 ms; Flip-Winkel = 9°; FoV = 256 x 256 mm), für die 160 Schnittbilder mit einer isotropen Voxelgröße von 1 x 1 x 1 mm aufgenommen wurden. Diese Aufnahme beanspruchte weitere sieben Minuten, womit sich eine gesamte Messdauer von circa 47 Minuten ergab. Insgesamt wurden für das Experiment 964 funktionelle Schnittbilder mithilfe einer sogenannten interleaved-Messung erhoben. Dabei wurden die einzelnen Schichten nicht seriell, sondern in der Reihenfolge 1, 3, 5, . . . 29, 31; 2, 4, . . . 30, 32 gemessen, um Erregungsartefakte durch Messung angrenzender Schichten zu minimieren. Die fMRT Aufnahmen zeigten bei keiner Versuchsperson morphologische Auffälligkeiten oder Artefakte, welche zu einem Ausschluss dieser Person vom Experiment hätten führen müssen.

Die funktionelle Magnetresonanztomographie ermöglicht eine Darstellung der neuronalen Aktivität durch den sogenannten BOLD-Kontrast. Dieser beruht auf der Erkenntnis, dass sich die magnetischen Eigenschaften des Proteins Hämoglobin abhängig vom Oxygenierungsgrad verändern. Der BOLD-Effekt lässt sich damit zur Messung neuronaler Aktivität mittels fMRT einsetzen. Man beobachtet hierbei eine Signalzunahme der aktivierten Hirnareale in T2-gewichteten MRT-Aufnahmen. Dies lässt sich damit erklären, dass die neuronale Aktivität zu einem erhöhten Sauerstoffverbrauch und somit zunächst zu mehr desoxygeniertem Hämoglobin führt (Casey et al. 2002).

3.5 Statistische Analyse

3.5.1 Analyse der allgemeinen Daten und der Verhaltensdaten

Von jeder Versuchsperson wurden allgemeine Daten wie Alter, BDI-Wert und der Intelligenzquotient erhoben. Der IQ wurde dafür mittels eines Mehrfachwortschatz-

Intelligenztests anhand einer standardisierten Normentabelle ermittelt. Zur statistischen Auswertung erfolgte ein Mittelwertvergleich aller Variablen anhand des 'student's t-Test', der als Standardverfahren für solche Fragestellungen gilt (Fahrmeir, Künstler, Pigeot & Tutz, 2003). Damit ließ sich überprüfen, ob sich die Variablenausprägungen (Alter, BDI-Wert und IQ) der beiden Probandengruppen unterschieden, oder ob es sich bei der Probandengruppe um eine einheitliche und damit vergleichbare Stichprobe handelt.

Zusätzlich wurden alle von den Probanden im Scanner getroffenen Entscheidungen analysiert. Es wurden die Antworthäufigkeiten für die moralischen und unmoralischen Entscheidungen ebenso erhoben wie der Mittelwert und die Standardabweichung der beiden Variablen innerhalb der Gruppen mithilfe des nicht-parametrischen Wilcoxon Tests. Für die Auswertung der Entscheidungssicherheit und der Emotionen bei den gewählten Entscheidungen wurde der 'gepaarte T-Test' verwendet. Die während des fMRI-Experiments erhobenen Verhaltensdaten und die Daten aus dem Fragebogen wurden mit der SPSS 16 Software (SPSS Corp., Chicago, IL) statistisch ausgewertet. Für jede Versuchsperson wurden die Anzahl der Fehlantworten, sowie die Anzahl der moralischen und unmoralischen Entscheidungen ermittelt. Die Sicherheit bei der Entscheidung und die jeweilige Emotion dabei wurde mit T-Tests für verbundene Stichproben analysiert, wobei das statistische Signifikanzniveau $p < 0,05$ betrug.

3.5.2 Analyse der fMRT-Daten

o Datenvorverarbeitung

Alle aus der fMRT-Messung gewonnenen Bilder und Daten wurden mit der Software SPM5 (<http://www.fil.ion.ucl.ac.uk/spm/software/spm5>), die auf dem Daten-Auswertungsprogramm Matlab 7.0 (MathWorks Inc., Natick, MA) basiert, vorverarbeitet und statistisch analysiert. Das Programm wurde vom „Institute of Neurology“ an der Universität London zur Analyse bildgebender Verfahren entwickelt.

Um mit den Daten statistische Analysen zu ermöglichen, wurden zuerst Signal- und Bewegungsartefakte entfernt, und die Daten in den stereotaktischen Raum (MNI-Koordinaten) übertragen. Diesem Schritt der Vorverarbeitung (Preprocessing) folgte die zeitliche Vorverarbeitung, das sogenannte „slice timing“. Hierbei wurde eine Korrektur der unterschiedlichen Scanzeiten der EPI-Schichten vorgenommen, da EPI-Messungen die einzelnen Schichten nur sequenziell in mehreren Messvorgängen

erfassen können (Schneider und Fink, 2007). Im Anschluss wurden die Scanzeiten an eine Referenzschicht angepasst, um Interpolationsfehler klein zu halten. Zur Korrektur von bewegungsabhängigen Artefakten, bedingt durch kleinste Kopfbewegungen der Versuchsperson, wurde eine 3D-Bewegungskorrektur durchgeführt (Realignment). Es wurden drei Rotations- und drei Translationsparameter erhoben, so dass die Bilder räumlich transformiert werden konnten. Bei zu großen Translationsbewegungen (>4mm) wäre eine sichere Zuordnung des BOLD-Signals nicht mehr garantiert, so dass ein Proband in diesem Fall hätte ausgeschlossen werden müssen. Die „rigid-body“ Transformation ermöglichte es, die einzelnen Aufnahmen auf ein beliebiges Bild zu reorientieren (Friston, Williams, Frackowiak und Turner, 1996). Außerdem wurden die 964 Bilder einer Versuchsperson gemittelt auf ein funktionelles „mean image“, welches dann über das anatomische 3D-Bild der Versuchsperson gelegt wurde (Coregistration). Damit konnten gefundene Aktivierungen exakter auf anatomische Bilder übertragen und dreidimensional dargestellt werden. Erst die „normalization“ ermöglicht einen Vergleich der Aktivierungen der Versuchspersonen untereinander und folglich auch eine statistische Gruppenanalyse (Schneider und Fink 2007). Diese Normalisierung passt die Gehirne der Versuchspersonen, die sich natürlich in Größe und Form deutlich voneinander unterscheiden können, an ein in SPM5 enthaltenes Referenzbild (Template „T1.mni“) des Montreal Neurological Institute (MNI) an (Collins, Neelin, Peters und Evans, 1994). Abschließend findet anhand eines full-width-half-maximum (FWHM) Gaußschen Filters von 8mm eine räumliche Glättung, das sogenannte smoothing, der einzelnen Voxel statt. Dabei wird der Bildgrauwert jedes einzelnen Voxels mit dem Bildgrauwert des benachbarten Voxels verglichen, wobei mittels einer dreidimensionalen Gauß-Verteilung festgelegt wird, dass das zentrale Voxel den größten Beitrag liefert (Schneider und Fink, 2007). Damit soll das Signal-Rausch-Verhältnis verbessert werden, um tatsächliche experimentelle Aktivierungen von möglichen Störeinflüssen abzugrenzen. Dies erhöht, so Schneider und Fink (2007), die Sensitivität der Aufnahmen für die anschließende statistische Auswertung.

o Statistische Analyse der fMRT-Daten

Nach diesen vorbereitenden Ablaufschritten wurden individuelle Regressoren erster Ordnung präzisiert. Regressoren stellen Zeitintervalle dar, die von besonderem Interesse für die Studie sind. In der vorliegenden Studie wurden sechs Regressoren

gebildet. Drei davon in der moralischen Bedingung, und drei in der neutralen Bedingung. Der erste Regressor beider Bedingungen hat eine Zeitdauer von 15 Sekunden und entspricht damit der gesamten Dauer der Konfliktpräsentation auf der ersten Folie. Der zweite Regressor entspricht in beiden Bedingungen der Präsentation der beiden Antwortmöglichkeiten, die fünf Sekunden andauert. Im dritten Regressor wurden für zwei Sekunden zu den Antwortmöglichkeiten die Buchstaben A und B eingeblendet. Das Erscheinen der Buchstaben war für die Versuchspersonen das Signal, ihre persönliche Entscheidung mit dem Drücken von einem der beiden Knöpfe kundzutun. Zusätzlich wurden sechs weitere Regressoren geformt, die Nachpositionierungswerte zur Verschiebung und Rotation durch Bewegung der Versuchsperson mit einschlossen. Eine Einschätzung der statistischen Signifikanz bei den einzelnen Versuchspersonen wurde auf den Annahmen der verallgemeinerten linearen Modelle [General Linear Model (GLM)] erstellt, die mit multiplen T-Tests arbeiten.

Für die statistische Auswertung der vorverarbeiteten Daten wurden im ersten Schritt die einzelnen Daten eines jeden Probanden ausgewertet („first level“ Analyse). In der „second level“ Analyse wurden dann die Einzelergebnisse zusammengeführt (Gruppenanalyse). Daraufhin wurde nach Normalisierung der fMRT-Daten und Eliminierung von Störeinflüssen untersucht, ob Korrelationen zwischen den gemessenen Veränderungen der BOLD-Signale und dem gezeigten Stimulusmaterial bestanden. Mithilfe der Regressoren können Veränderungen des BOLD-Signals im Zeitverlauf für jede Bedingung bestimmt werden. Demnach wurden unter Einbeziehung verschiedenster Parameter einer Datei die jeweiligen Ereignisse und Bedingungen mit den damit korrelierenden Bildern zusammengeführt. Daraufhin wurden die Regressoren in einer Design-Matrix dargestellt. Diese Designmatrix definiert das Experiment und die Grundzüge der Hypothesentestung, die durchgeführt werden soll. Im Anschluss daran wird das so erstellte Modell statistisch geschätzt (Estimate); um gezielte Fragestellungen untersuchen zu können, wurden sogenannte Kontraste gebildet und unterschiedlich gewichtet.

o Gruppenanalyse

Mithilfe von multiplen T-Tests, basierend auf Annahmen des allgemeinen linearen Modells, wurde aus den Ergebnissen der „single subject Analyse“ eine Gruppenstatistik erstellt, womit jeder einzelne Kontrast einer Versuchsperson für alle Probanden berechnet wurde. Die einzelnen Werte wurden anschließend mittels einer

T-Statistik auf signifikante Effekte hin untersucht, wobei von jedem Kontrast wird ein *spm map* erzeugt wurde. Für die vorliegende Studie wurden in der Gruppenanalyse folgende Kontraste erstellt:

Der Kontrast Moralisch > Neutral, der Kontrast Moralisch > Unmoralisch und der Kontrast ♀ > ♂ (M > N). Dabei betrug jeweils der T-Wert auf Voxel Ebene $T = 3$. Auf Clusterebene wurde ein Wert von $p < 0,05$ benutzt.

In der ersten Analyse wurde der erste Regressor (die Präsentation des Konflikts) in einer moralischen Bedingung mit dem ersten Regressor in einer neutralen Bedingung kontrastiert, um dadurch Hirnregionen ausfindig zu machen, die mit dem moralischen Urteilen und den moralischen Entscheidungsfindungsprozessen in Zusammenhang stehen. Es wurde die neuronale Aktivität bei der Konfliktpräsentation in der neutralen Bedingung von der Aktivität in der moralischen Bedingung abgezogen. Dieser Kontrast wurde sowohl für Männer als auch für Frauen analysiert. Eine zweite Analyse der moralischen Konfliktbedingung erfolgte durch den Kontrast ♀ > ♂ auf der Grundlage der Bedingung moralisch > neutral. Außerdem wurde der Kontrast moralisch > unmoralisch gebildet, um zu sehen, ob es Unterschiede in den Aktivierungen bei einer moralischen Entscheidung gibt verglichen mit einer unmoralischen Entscheidung.

4. Ergebnisse

4.1 Verhaltensdaten während des fMRI-Experiments

In der neutralen Bedingung haben die Versuchspersonen sich bei den 28 neutralen Fällen in 96 % der Fälle für eine der beiden präsentierten Antworten entschieden (Mittelwert 26,88; SD 2). Misses (Fehlantworten) kamen im Mittel 1,13 (SD 2) mal vor, was einem Prozentsatz von 4,04 % entspricht. Insgesamt wurden die Aufgaben aufmerksam bearbeitet.

In der moralischen Bedingung wurden von den 28 moralischen Konflikten im Schnitt 7,19 Fragen ($\pm 25,68$ %) unmoralisch beantwortet. Geschlechtsspezifisch betrachtet entschieden sich die Männer in 6,25 (SD $\pm 3,20$) Konflikten für die unmoralische Antwort ($\pm 22,32$ %), wohingegen die Frauen sich in 8,13 (SD 2,36) Fällen ($\pm 29,04$ %) unmoralisch entschieden. 20,13 (SD 3,01) Konflikte wurden von den 28 Konflikten moralisch beantwortet ($\pm 71,90$ %). Frauen haben dabei mit 19,25 (SD 2,25) moralischen Antworten ($\pm 68,75$ %) etwas seltener - die Männer dagegen mit 21,00 (SD 3,55) moralischen Antworten sich häufiger moralisch entschieden (± 75 %). Die Aussage, dass die Frauen signifikant unmoralischer geantwortet hätten als die Männer, lässt sich daraus jedoch nicht ableiten [$t(14) = 1,7$; $p = 0,113$]. Misses in der moralischen Bedingung traten im Schnitt 0,69 mal auf (SD 0,7).

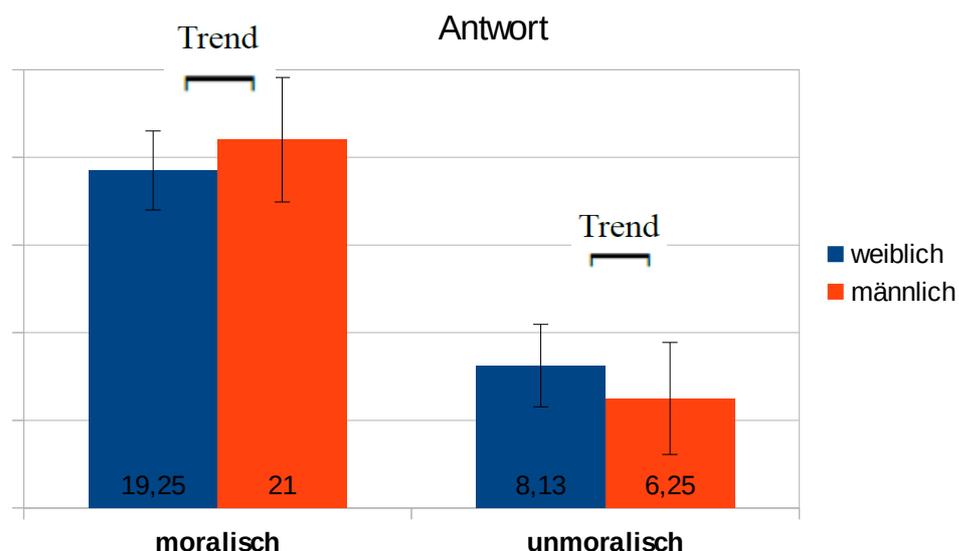


Abbildung 4.1.: Antwortverhalten im MRT

4.2 Verhaltensdaten anhand des Fragebogens

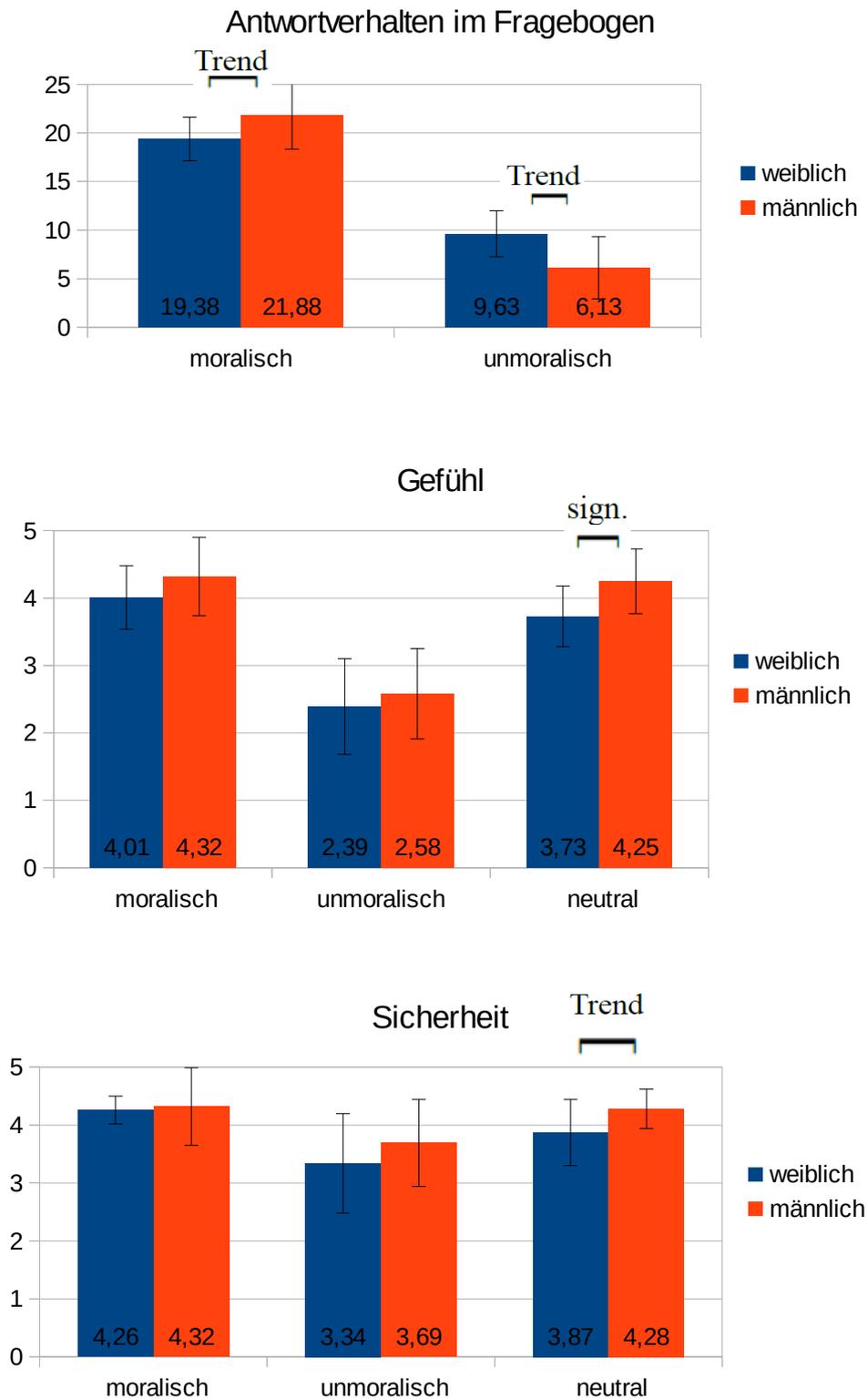
Mittels des Fragebogens sollten Rückschlüsse auf Gefühl und Sicherheit der Probanden bei allen 28 moralischen und neutralen Entscheidungen möglich werden. Die statistische Auswertung erfolgte mit der Statistiksoftware SPSS. Neben deskriptiver Kennzahlen sollten mithilfe von Signifikanztests (T-Test, Wilcoxon Vorzeichen Rang Test) Unterschiede im Antwortverhalten sowohl innerhalb der beiden Gruppen (weibliche und männliche Gruppe) als auch untereinander analysiert werden. Hierzu wurde auf den Wilcoxon Vorzeichen Rang Test zurückgegriffen. Allen nachfolgenden Tests wird ein Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$ zugrunde gelegt. Eine Zusammenfassung der Ergebnisse ist in *Abbildung 4.2* dargestellt.

4.2.1 Ergebnisse Fragebogen

Hinsichtlich der im Fragebogen ermittelten Häufigkeiten zeigte sich bei beiden Gruppen eine große Konsistenz im Antwortverhalten zu den fMRI-Daten. So assoziierten alle Probanden hinsichtlich Gefühl und Sicherheit die moralischen Entscheidungen mit signifikant besseren Gefühlen ($M = 4,41$, $SD = 0,47$, $t(33) = 17,26$, $p = 0,001$) und einer signifikant höheren Entscheidungssicherheit ($M = 4,32$, $SD = 0,84$, $t(33) = 7,54$, $p = 0,001$) als bei unmoralischen Entscheidungen (Gefühl unmoralische Entscheidung: $M = 2,61$, $SD = 0,91$; Sicherheit unmoralische Entscheidung: $M = 3,54$, $SD = 0,95$). Es konnte also festgestellt werden, dass das Gefühl beim Geben einer moralischen Antwort ($t(df=15) = 10,10$; $p \leq 0,01$) signifikant besser ist. Genauso war auch die Sicherheit bei moralischen Antworten signifikant größer als beim Treffen von unmoralischen Entscheidungen ($T(df=15) = 3,56$; $p \leq 0,01$). Insgesamt schienen sich Frauen – verglichen mit Männern - bei moralisch korrekten Antworten jeweils unsicherer und schlechter zu fühlen als Männer, jedoch war dieser Unterschied nicht signifikant. Bei der Wahl neutraler Entscheidungen zeigten sich alle Probanden signifikant sicherer ($M = 4,3$, $SD = 0,3$; $t(11) = 2,2$, $p < 0,047$) als bei den moralischen Entscheidungen; hinsichtlich der Gefühlsausprägung ergaben sich bei diesem Vergleich jedoch keine signifikanten Ergebnisse ($M = 4,08$, $SD = 0,48$, $t(11) = 2,1$, $p = 0,060$). Der statistische Vergleich von weiblichen und männlichen Probanden wird in *Abb 4.2* grafisch dargestellt. Die männlichen Probanden entschieden sich zwar nicht signifikant häufiger für die moralische Entscheidung ($M = 67,9\%$, $SD = 3,94$), jedoch zeigte sich der Trend ($t(14) = 1,7$; $p = 0,113$), dass sie häufiger als die weiblichen Probanden moralisch

antworteten ($M = 32,1\%$, $SD = 3,84$). Auch zeigte sich beim Treffen von neutralen Entscheidungen, dass sich Männer tendenziell in ihrer Entscheidung sicherer fühlen [$t(14) = 1,8$; $p = 0,1$] als Frauen. Signifikant besser war das Gefühl der Männer bei der neutralen Antwort mit [$t(14) = 2,3$; $p = 0,039$].

Abbildung 4.2.: Antwortverhalten, Gefühl und Sicherheit im Vergleich



4.3 fMRT-Daten

Im Folgenden sollen die Ergebnisse der funktionellen Bildgebung während dem Bearbeiten von moralischen Konflikten ausgewertet werden. Alle Ergebnisse dieses Abschnittes stammen von den 16 Versuchspersonen, die an dieser Studie teilgenommen haben.

4.3.1 Der Kontrast M > N

Zur Überprüfung der Hypothese, ob moralische Konflikte vermehrt Areale aktivieren, die emotionale und soziale Verarbeitungsprozesse im Sinne des sogenannten „moral brains“ steuern, werden die Hirnaktivierungen während der moralischen Konflikte (M) mit den Aktivierungen während der neutralen Konflikte (N) verglichen (M > N).

Der Kontrast moralisch > neutral ergab signifikante Mehraktivierungen im orbitofrontalen Cortex (BA47), im ventromedialen präfrontalen Cortex (BA10), in Teilen des Gyrus temporalis (BA21), im Parahippocampus (BA37) und dem Präcuneus (BA7). Eine genaue Auflistung aller Areale signifikanter Mehraktivierung sind mit MNI-Koordinaten, T-Werten und Brodmann-Arealen in der *Tabelle 4.1* aufgeführt. Die Aktivierungen erstrecken sich dabei bilateral über den inferioren frontalen Gyrus (BA 47) sowie den mittleren temporalen Gyrus (BA 21) mit teilweisem Einschluss der temporo-parietalen Junction (TPJ; BA 39, 40). Des Weiteren findet man verstärkte Aktivierungen im Parietallappen und dabei vor allem im Präcuneus (BA 7). Die signifikanten Mehraktivierungen der verschiedenen Brodmann Areale im fMRT sind in der *Abbildung 4.3 und 4.4* graphisch dargestellt.

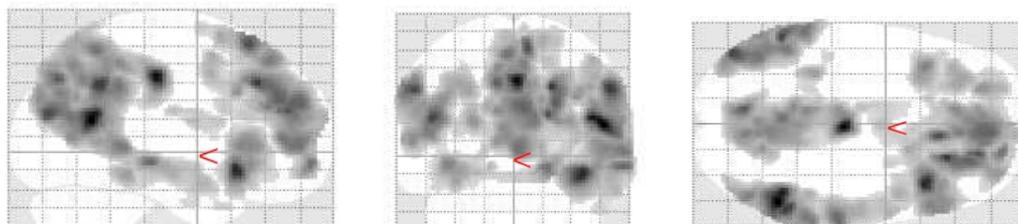


Abbildung 4.3: Mehraktivierung während der Bearbeitung eines moralischen Konfliktes im Vergleich zu einem neutralen Konflikt abgebildet auf ein Glashirn

Hirnregion	Rechts, Links	Brodmann- Areal	Cluster- Volumen in Voxel ^a	MNI-Koordinaten			T-Werte ^b
				X	Y	Z	
Gyrus temporalis medialis	R	21,22	4523	52	-56	18	14,1
Gyrus frontalis inferior	R	47	1943	40	20	-10	11,88
Gyrus frontalis inferior	L	47	680	-38	20	-6	7,34
Gyrus frontalis superior	R	10	10463	22	32	40	11,07
Gyrus parahippocampalis	L	37	274	-34	-38	-12	6,05
Gyrus temporalis medialis	L	40	2997	-58	-54	38	10,21
Lobus parietalis, Precuneus	R, L	7	6088	2	-22	-44	13,17

Tabelle 4.1. Signifikante Mehraktivierungen von Gehirnnarealen der gesamten Gruppe im Kontrast M > N. In der Tabelle sind die Namen der jeweiligen Hirnregionen mit zugehörigen Brodman-Arealen sowie Clustervolumen in Voxel, MNI-Koordinaten und T-Werten aufgelistet

^a Voxelgröße von 2x2x2mm

^b T-Wert von T=3 auf Clusterebene bei einem korrigierten p-Wert von p<0,001

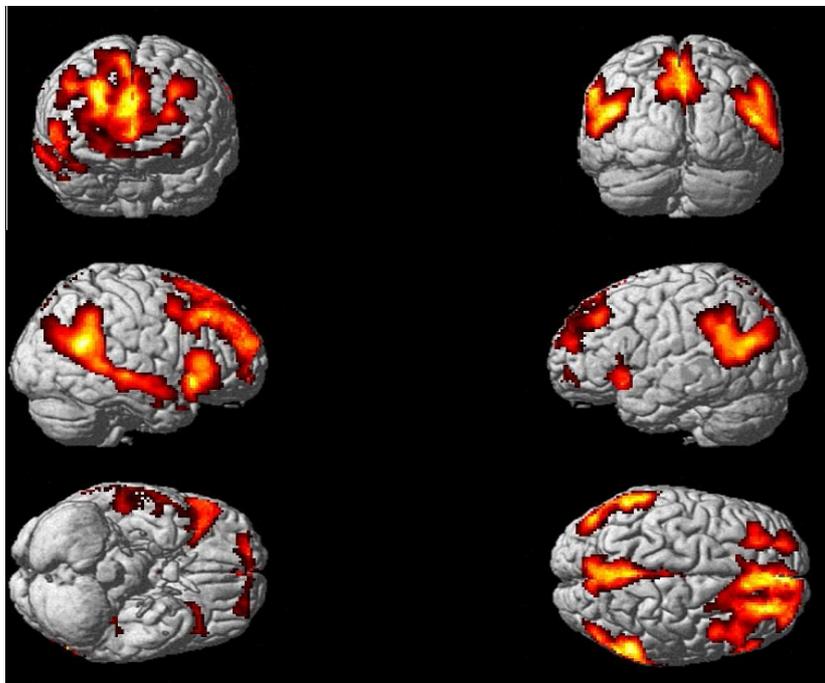


Abbildung 4.4: fMRT Schnittbilder der signifikanten Mehraktivierungen von Gehirnnarealen der Probanden im Kontrast M > N: inferiorer frontaler Gyrus (BA 47), mittlerer temporaler Gyrus (BA21), TPJ (BA 40), Präcuneus (BA 7) abgebildet auf dem MNI-Template

4.3.2 Der Kontrast $UM > M$

Beim Vergleich der Aktivierungen bei einer unmoralischen Entscheidung mit denen bei einer moralischen Entscheidung ($UM > M$) ergaben sich keine signifikanten Unterschiede.

4.3.3 Der Kontrast $M > UM$

Der Kontrast $M > UM$ ergab bei einem T-Wert = 3 auf Cluster-Ebene und einem korrigierten p-Wert von $p = 0,001$ signifikante Mehraktivierung in Arealen des Gyrus frontalis medialis, im anterioren Cingulum und im Gyrus supramarginalis. In den Brodman-Arealen 10 und 2 fanden sich die größten Cluster dieses Kontrastes mit 438 bzw 231 Voxel, und somit Aktivierungen im medialen Gyrus frontalis und dem superioren Parietallappen.

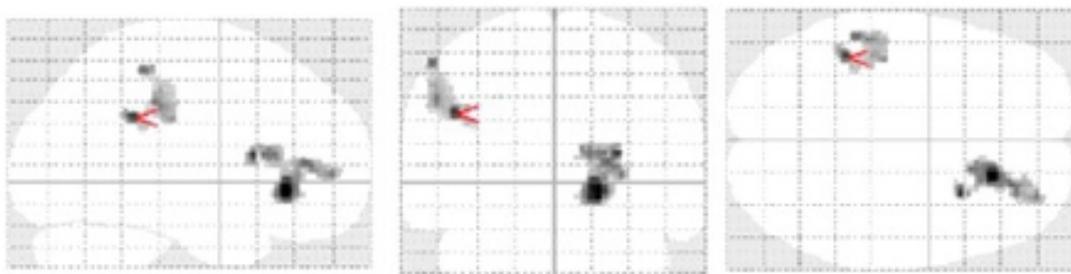


Abbildung 4.5: Mehraktivierung bei einer moralischen Entscheidung im Vergleich zu einer unmoralischen Entscheidung ($m > um$) abgebildet auf ein Glashirn

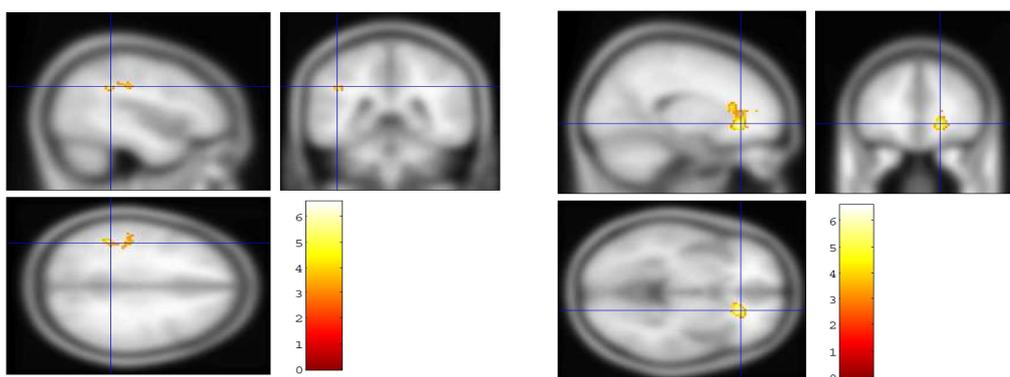


Abbildung 4.6: Aktivierung $m > um$ abgebildet auf dem MNI-Templete

4.3.4 Geschlechtsabhängige Mehraktivierungen

Um Unterschiede in der Aktivierung der beiden Gruppen darzustellen, wurde der Kontrast $M > N$ zwischen beiden Testgruppen berechnet. Dabei ergaben sich bei dem Kontrast $\text{♂} > \text{♀}$ ($M > N$) keine signifikanten Mehraktivierungen. Jedoch ergab der Kontrast $\text{♀} > \text{♂}$ ($M > N$) bei einem T-Wert = 3 und einem korrigierten $p = 0,008$ eine signifikante Mehraktivierung im Gyrus frontalis superior und medialis links (BA 10). Mit einem Clustervolumen von 354 Voxel (Peak MNI: -22/54/10) hatten demnach die weiblichen Probanden mit einem T-Wert = 5,02 eine signifikant höhere Aktivierung im Gyrus frontalis (BA 10) als ihre männlichen Kollegen.

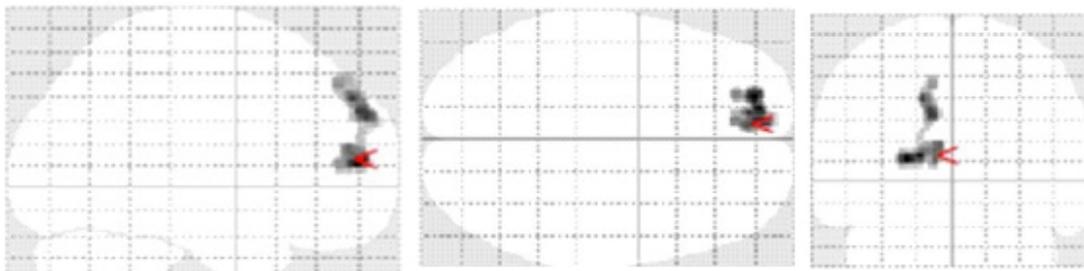


Abbildung 4.7: signifikante Mehraktivierung bei weiblichen Testpersonen im Vergleich zu den männlichen Versuchspersonen beim Kontrast $\text{♀} > \text{♂}$ ($M > N$)

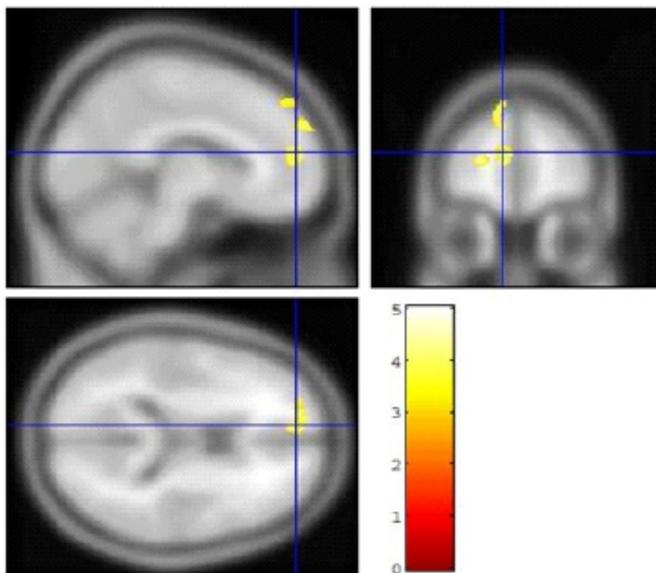


Abbildung 4.8: Aktivierung des Kontrastes $\text{♀} > \text{♂}$ ($M > N$) abgebildet auf ein MNI-Template

5. Diskussion

Das Ziel der vorliegenden Arbeit bestand darin, Männer und Frauen in ihrer Herangehensweise an moralische Konflikte auf Unterschiede im Verhalten und Unterschiede auf neuronaler Ebene hin zu untersuchen. Dazu wurde eine bezüglich Alter und Bildungsstand möglichst homogene Probandengruppe aus acht Männern und acht Frauen gebildet, für die 28 moralische Konflikte und 28 neutrale Vergleichskonflikte generiert wurden. Die moralischen Konflikte beinhalteten alltagsrelevante, zwischenmenschliche, moralische Konfliktsituationen, bei denen jedoch die getroffenen Entscheidungen, selbst wenn sie unmoralischer Art waren, ohne rechtliche Folgen und ohne Schädigung von Mitmenschen auskamen. Dadurch grenzten sich die verwendeten Konflikte der vorliegenden Studie klar von den bisher in der Literatur verwendeten moralischen Dilemmata ab. Aufgrund bereits vorhandener Studien zu neuronalen Unterschieden zwischen Männern und Frauen, die insbesondere auch in Entscheidungssituationen bestehen (Bolla et al. 2004), konnte durchaus davon ausgegangen werden, dass geschlechtsabhängige Unterschiede in dem Aktivierungsbild bei einem moralischen Konflikt möglich sind. Bevor die Ergebnisse der Studie in den nachfolgenden Abschnitten näher diskutiert werden, erfolgt zunächst eine kurze Zusammenfassung und Rekapitulation der wichtigsten Studienergebnisse.

Bei dem Kontrast $M > N$ wurden die neuronalen Aktivierungen während moralischer Konflikte mit den Aktivierungen bei neutralen Konflikten verglichen. Dabei zeigten sich signifikante Aktivierungen im Rahmen des bekannten „Moral-Netzwerks“ wie sie auch schon in den Publikationen von Sommer et al. (2010) aufgezeigt wurden oder in der Metaanalyse zum Thema Neuroanatomie der Moral von Fumagalli et al. (2012). Auch in der hier vorliegenden Studie waren die Aktivierungen im orbitofrontalen Cortex, im präfrontalen Cortex, dem Präcuneus und zudem im Parahippocampus zu sehen. Beim Vergleich $M > UM$ zeigten sich signifikante Mehraktivierungen im Gyrus frontalis, Gyrus supramarginalis und im anterioren Cingulum. Beim Vergleich der beiden Geschlechtergruppen ergaben sich im Kontrast $M > N$ bei den Frauen signifikante Mehraktivierungen im Gyrus frontalis superior und medialis links, wohingegen jedoch der Kontrast $\text{♂} > \text{♀}$ ($M > N$) keinerlei signifikante Aktivierungen ergab.

In der nachfolgenden Diskussion werden zunächst die behavioralen Daten beider Gruppen erörtert. Anschließend werden die Aktivierungen der einzelnen Gehirnareale im Hinblick auf die vorliegende Studie näher diskutiert, und dabei auch die verstärkte Aktivierung der weiblichen Gruppe gegenüber der männlichen Gruppe näher betrachtet.

5.1 Diskussion der Verhaltensdaten beider Testgruppen

Bei der Versuchsgruppe handelte es sich um eine homogene Gruppe bezüglich des BDI und des Bildungsstandes. Beim Alter zeigte sich die männliche Gruppe signifikant älter als die weibliche. Betrachtet man die Ergebnisse auf behavioraler Ebene, so ergeben sich bezüglich des moralischen bzw unmoralischen Antwortverhaltens zwischen der männlichen und der weiblichen Gruppe keine signifikanten Unterschiede. Auffällig war jedoch die Tendenz, dass Männer häufiger moralischer entschieden als Frauen. Dieser Unterschied war zwar nicht signifikant, jedoch auffällig. Das führt natürlich zu Vermutungen, warum Frauen unmoralischer entschieden. Sind Männer tendentiell moralischer? Oder waren die Frauen einfach ehrlicher?

Zum Einen muss man mit einbeziehen, dass die Stichprobe recht klein war, und es somit nicht möglich ist allgemeine Aussagen zu treffen. Vielleicht kann als Grund für die vermeintlich stärker ausgeprägte Moral der männlichen Versuchspersonen auch der Altersunterschied von Bedeutung sein: in der Auswertung erwiesen sich die Männer ja signifikant älter als die Frauen. Bei genauerer Betrachtung ließ sich dieses Argument jedoch nicht aufrecht erhalten, da nur zwei männliche Probanden deutlich älter waren, sich deren Antworten jedoch nicht von denen der Jüngeren unterschieden.

Vielleicht ist aber auch die Fähigkeit des „sich Hineinversetzens“ wichtig, denn die Versuchspersonen wurden ausdrücklich darum gebeten, sich in die Situation so hineinzusetzen und dann so zu entscheiden, wie sie tatsächlich handeln würden. Es könnte durchaus sein, dass Männer aufgrund der von Baron-Cohen beschriebener geringer ausgeprägten Empathiefähigkeit (1995, 2002) sich daher auch schlechter hineinversetzen können und aus der sicheren Beobachterperspektive heraus „wissen“, dass sie moralisch handeln würden. So dass dieses „sich schlecht Hineinversetzen können“ der Männer in der hier vorliegenden Studie ihnen quasi zum Vorteil wurde, da sie aufgrund ihrer unbeteiligten Position leichter eine moralische Entscheidung treffen konnten als sie dazu in der Realität einer wirklich

gerade geschehenden Situation fähig wären.

Jedoch sind das nur spekulative Ideen, denen gezielt nachgegangen werden müsste, damit sie aussagekräftig sein können. Es bleibt jedoch ein interessanter - wenn auch nicht signifikanter - Unterschied, der sich jedoch ohne weitere Studien nicht interpretieren lässt.

Interessant wäre in dem Zusammenhang daher auch, ob es in den Geschichten selbst Unterschiede gibt, die zu einer auffällig hohen moralischen bzw unmoralischen Entscheidung führen. Es gälte also, die Konflikte in Verbindung mit den gegebenen einzelnen Antworten zu analysieren. Denn so stellten sich gleich im Vorfeld, als das Dissertationsthema noch nicht feststand, bei der Beschäftigung mit bereits erhobenen Daten der Arbeitsgruppe „Neuronale Korrelate moralischen Handelns“ die Fragen, wann es zu einer eindeutig moralischen Entscheidung ($> 75\%$ der Probanden), und wann es zu einer eindeutig unmoralischen Entscheidung kommt, und ob sich in der Fragestellung Gemeinsamkeiten finden lassen: So ließ sich zum Beispiel damals die Tendenz feststellen, dass der Anteil an moralischen Antworten geringer ausfiel, je höher der persönliche Aufwand für eine moralische Entscheidung lag. Ähnliche Korrelationen gab es mit dem Bekanntheitsgrad: Ist es meine Freundin, ein Nachbar oder ein Fremder, dem ich helfe? Und nicht zuletzt spielte sogar das Geschlecht der Person in der Geschichte eine Rolle: Denn wenn 84,6% der Versuchspersonen sich entscheiden, einem alten Mann zu helfen, und dieselben Versuchspersonen einer alten Frau in sehr ähnlicher Lage nur zu 61% helfen, dann drängt sich die Frage auf, ob Männer und genauso auch Frauen etwa lieber einem alten Mann helfen als einer alten Frau; ob also nicht nur das Geschlecht der Person, die im Konflikt steckt, das Ergebnis beeinflusst, sondern auch das Geschlecht der hilfesuchenden Person die Entscheidung beeinflusst. Diese Fragen waren nur am Rande aufgetaucht und letztlich dann nicht Gegenstand dieser Arbeit – aber sie zeigen, dass es sicher in der Frage nach der Einflussgröße des Geschlechts noch viel Interessantes zu entdecken gibt.

Auch hinsichtlich der Gefühle bei moralischen Entscheidungen konnten keine signifikanten Unterschiede abgebildet werden. Jedoch zeigte sich bei der Auswertung der Gefühle und Sicherheit die Tendenz, dass sich Männer bei jeder Entscheidung – sei es moralisch, unmoralisch oder bei der neutralen Antwort im Gefühl, und hier sogar signifikant - sicherer und besser zu fühlen scheinen als Frauen.

Dies würde einigen anderen Studien entsprechen, die sich damit beschäftigten, ob es Geschlechtsunterschiede in der Reaktion auf Erfolg oder Misserfolg gibt. Nicholls et

al. (1975) haben dazu in einer Studie mit Zehnjährigen festgestellt, dass Jungen ihren Erfolg vorzugsweise als unmittelbaren Effekt eigenen Könnens werteten, wohingegen sie Misserfolge entweder leugneten, oder anderen Personen bzw. Umständen die Schuld dafür zuschrieben; dass Jungen also „external attribuieren“ (Hasselhorn M. und Gold A., 2012). Bei Mädchen hingegen zeigte sich das genaue Gegenteil: Bei Misserfolg gaben sie sich selbst die Schuld und sahen als Ursache ihre mangelnden Fähigkeiten. Erfolg dagegen war für sie Ergebnis des Zufalls, ohne ihr Zutun. Nicholls Studie zeigte also, dass Jungen ihr eigenes Können hoch einschätzen, verbunden mit dem Gefühl den Erfolg zu kontrollieren - wohingegen Mädchen ihren Erfolg dem Glück zuschreiben und ihren Misserfolg sich selbst. Auch andere Studien kommen zu diesem Ergebnis und betonen, dass Jungen in Bezug auf Selbstvertrauen, Erfolgserwartung und Attribution der eigenen Leistung günstiger abschneiden als Mädchen (Ruble et al., 1993; Lirgg 1991). Interessanterweise entwickelt sich bei Mädchen ab dem 7. Lebensjahr die Tendenz sich zu unterschätzen. Ist es aus Furcht vor Misserfolg? Oder ist es aus Furcht vor Erfolg? Denn Cherry und Deaux zeigten (1978), dass eine erfolgreiche Frau von der Gesellschaft – und zwar von beiden Geschlechtern gleichermaßen – mit „Ablehnung und Liebesentzug bestraft“ wird (Bischof-Köhler, 2006), wobei die Tendenz zur „Bestrafung“ besonders ausgeprägt war, wenn die Frau eine nicht-traditionelle Karriere verfolgte, was in der Studie damals zum Beispiel beim Medizinstudium der Fall war (Cherry und Deaux, 1978). Das lässt sich, könnte man meinen, mit der Gesellschaft der damaligen Zeit und den damals herrschenden Konventionen erklären; doch auch in jüngerer Zeit zeigt sich, dass Männer, die in einem Bewerbungsgespräch fordernd auftreten, als positiv bewertet werden, wohingegen Frauen mit demselben Verhalten als unweiblich und aggressiv eingeschätzt werden (Babcock & Laschever, 2003). Tatkräftigen Frauen wird unbewusst unterstellt, sozial inkompetent zu sein, während Männer mit demselben sozialen Verhalten durchaus als kompetent angesehen werden. Seltsamerweise werden aber auch die sozial kompetenteren und weniger tatkräftigen Frauen als nicht geeignet angesehen (Rudman & Glick, 1999; Rudman & Fairchild, 2004).

Letztlich zeigt sich, dass sich die Tendenz dieser Studie, in der sich Frauen – egal was sie tun – schlechter fühlen als Männer, durchaus im Einklang befindet mit den Ergebnissen anderer Studien – und dies nicht nur mit vom gesellschaftlichen Rollenverständnis abweichendem Verhalten und dessen Folgen für Interaktion erklärt werden kann, sondern dass es wirklich auch vom Geschlecht selbst eine Prädisposition gibt, sich besser zu fühlen oder sich schlechter einzuschätzen.

5.2 Diskussion der fMRT Daten

5.2.1 Diskussion der Mehraktivierungen des Kontrastes M > N

Wenn man die Ergebnisse auf neuronaler Ebene betrachtet, so zeigen sich die Aktivierungen beim Vergleich von moralischen Konflikten mit den neutralen Konflikten ($M > N$) in den typischen und bereits in mehreren Moralstudien so gefundenen Moral-Arealen. Auch in der hier vorliegenden Studie waren das die Areale des inferioren und superioren Frontalkortex - dabei insbesondere der ventromediale Präfrontalkortex (BA 9 und 10 \rightarrow VMPFC) und der Gyrus orbitofrontalis (BA 47, OFC). Des Weiteren bestanden Mehraktivierungen im parahippocampalen Gyrus (BA 37), im Bereich des mittleren Temporallappens, der STS (v.a. BA 21, 22), sowie in Teilen der TPJ (BA 40) und im Präcuneus (BA 7). In den unterschiedlichsten Moralstudien zeigten sich wiederholt dieselben frontalen Aktivierungen, dabei insbesondere des mPFC, des VMPFC und des DLPFC, aber auch temporale Bereiche wie die TPJ und der STS (Moll et al., 2001; vgl. z.B. Heekeren et al., 2005; Luo et al., 2006). Einen genauen Überblick dazu bietet Abschnitt 2.1.2. Im Folgenden sollen nun die Aktivierungen der Areale diskutiert werden.

Im Gyrus frontalis zeigte sich im inferioren Teil beidseits Aktivierung, ebenso gab es auch im superioren Anteil signifikante Aktivierungen. Die darin besonders bedeutsamen Areale sind der mediale präfrontal Cortex (mPFC), insbesondere der ventromediale PFC und der orbitofrontale Cortex (OFC). Eine **Aktivität des OFC** tritt auf bei kognitiven und emotionalen Prozessen, bei der Bewertung von Handlungsintentionen, bei vorausschauendem Planen, beim Mentalisieren und im Rahmen der ToM (vgl. Luo et al. 2006; Moll et al. 2001). Damit entspricht eine Aktivierung des OFC durchaus dem, was sich in einem Menschen im moralischen Konflikt abspielen muss: Er muss seine eigenen Handlungsintentionen bewerten und verschiedene Handlungsmöglichkeiten innerlich durchspielen; er muss sich in die jeweilige Situation hineinversetzen und dann seine Entscheidung treffen. Somit erklärt sich mit diesem Bewerten und Mentalisieren des Konfliktes die Aktivität des OFC.

Der **mPFC** scheint bisherigen Studien zufolge stark an introspektiven Verarbeitungsprozessen beteiligt zu sein, sprich an der Wahrnehmung eigener Emotionen und Intentionen (Zysset et al., 2002; Greene et al. 2001 und 2004; Moll et al. 2001 und 2002). Damit die Versuchsperson überhaupt eine Entscheidung treffen

kann, ist es erforderlich, dass sie sich in die Situation hineinversetzt, sich mit den eigenen Emotionen und Intentionen auseinandersetzt und diese internalisiert.

Der **VMPFC** spielt nach bisherigem Kenntnisstand eine Rolle sowohl bei der Inhibierung unerwünschter Verhaltensweisen durch Unterdrückung der eigenen, egoistischen Bedürfnisse (Ciaramelli et al. 2007), als auch bei der Integration von Emotionen in moralische Entscheidungsprozesse (Moll et al. 2001; Greene & Haidt 2002; Heekeren et al. 2003 und 2005). Dabei scheint jedoch vor allem die Wahrnehmung negativer Gefühle und möglicher Konsequenzen unser Verhalten zu beeinflussen (Greene, 2007). In der vorliegenden Studie mussten sich die Probanden zwischen dem eigenen Bedürfnis und der Erfüllung einer moralischen Norm entscheiden, was von den Versuchspersonen erforderte, die eigenen Bedürfnisse zurückzustellen, um eine moralische Entscheidung treffen zu können. Nachdem der VMPFC an der Inhibierung unerwünschter Verhaltensweisen durch Unterdrückung der eigenen, egoistischen Bedürfnisse beteiligt ist (Ciaramelli et al. 2007), lässt sich dementsprechend eine Aktivierung des VMPFC erklären, und ist in einem moralischen Konflikt auch so zu erwarten. Eine solche Entscheidung zwischen dem eigenen Bedürfnis und der Erfüllung einer moralischen Norm geht zudem ohne Zweifel mit konkurrierenden Emotionen einher, so dass die Abwägung beider Entscheidungsmöglichkeiten bei moralischen Urteilen immer auch eine Einbindung der damit verbundenen Emotionen bzw der jeweiligen emotionalen Komponenten erfordert, womit sich zusätzlich eine Aktivierung des VMPFCs erklärt.

Der **dorsolaterale Teil des präfrontalen Cortex** wies bisher in Studien von Greene et al. bei rationalen, utilitaristischen Entscheidungen signifikante Aktivierungen auf. So zeigte sich eine signifikante bilaterale Mehraktivierung des DLPFCs (BA 9) bei utilitaristischen Entscheidungen und schwierigen persönlichen moralischen Dilemmata gegenüber einfachen persönlichen Dilemmata (Greene et al., 2001; vgl. auch Greene et al., 2004). Der DLPFC ist beteiligt am problemlösenden Denken, an der Analyse von Konsequenzen und Alternativen und an der Einbeziehung sozialer Regeln. Des Weiteren zeigten sich auch Aktivierungen bei der Verarbeitung kognitiver Prozesse und bei abstrakten Entscheidungen (Koechlin et al., 2003). Es scheint, als ist der DLPFC vor allem an kognitiven Kontrollprozessen beteiligt, denn um eine utilitaristische Entscheidung treffen zu können, ist eine Inhibierung emotionaler Komponenten notwendig (Greene et al., 2004). Wieder ist festzuhalten, dass bei der Entscheidung für die moralische Norm und damit gegen die eigenen Bedürfnisse wahrscheinlich zwei konkurrierende emotionale und wohl auch kognitive Prozesse ablaufen, die sich in der Aktivität des DLPFC widerspiegeln.

Daher wäre eine Mehraktivierung des DLPFC bei moralischen Konflikten zu erwarten; seltsamerweise ist diese in der vorliegenden Studie gering ausgefallen. Dies lässt sich vielleicht damit erklären, dass der Konflikt zwischen moralischer Antwort und eigenem Bedürfnis zu klein war, und dass damit nur wenig emotionale Konkurrenz ausgelöst wurde, sodass eine moralische Entscheidung vielleicht ohne große emotionale Inhibierung rational getroffen werden konnte.

Auch die **Amygdala** ist ein Areal, das bei vielen Studien zur Moral eine bedeutende Rolle spielt (Moll et al. 2002, Heekeren et al. 2005), an der Einschätzung und Verarbeitung von emotionalen und sozialen Informationen in einer moralischen Konfliktsituation beteiligt ist (Sommer et al. 2010) und insbesondere bei negativen Emotionen im Zusammenhang mit dem Treffen von unmoralischen Entscheidungen aktiviert wird. In dieser Studie zeigte sich in allen drei Kontrasten keine signifikante amygdaläre Aktivierung, so dass daraus zu schließen ist, dass die Konflikte in der vorliegenden Studie bei den Versuchspersonen schlichtweg zu wenig negative Emotionen auslösten, als dass es zu einer größeren Beteiligung der Amygdala hätte kommen können. Hinzu kommt, dass auch deutlich seltener eine unmoralische Entscheidung getroffen wurde, welche zu negativen Emotionen geführt hätte, und dass der Kontrast unmoralisch > moralisch nicht gebildet wurde.

Die **Temporoparietale Junction**, eine Übergangszone zwischen Parietal- und Temporallappen, ist ein weiteres im Kontrast M > N aktiviertes Areal. Diese Region beinhaltet Areale des Gyrus supramarginalis, des Gyrus angularis und des superioren temporalen Gyrus. Aus der Erkenntnis, dass sich Aktivierungen der TPJ in vielen ToM-Studien finden (Fletcher et al., 1995; Vogeley, Kurthen, Falkai, & Maier, 1999; Gallagher et al., 2000; für einen Überblick siehe auch Saxe und Powell, 2006), zogen Saxe und Powell – und mit ihnen viele andere - auch den Schluss, dass die TPJ die Prozesse der Belief-Attribution steuere (Saxe und Powell 2006, Sommer et al. 2007, Young und Saxe, 2008; Harada et al. 2009, Young et al. 2010, Moor et al. 2011, Young und Dungan 2012). Dabei zeigen ihre Studien selektive Aktivierungen bilateral, wenn den Versuchspersonen Geschichten präsentiert werden, die die mentalen Zustände einer Person schildern, jedoch keine Aktivierung bei Geschichten, in denen nur soziale Hintergründe einer Person dargestellt werden. Auch Youngs Ergebnisse (2007) zeigten die Bedeutung des temporoparietalen Übergangs für die Belief-Attribution beim Bilden von moralischen Urteilen. In anderen Studien werden der TPJ auch Prozesse der Aufmerksamkeitssteuerung zugeschrieben (Mitchell et al. 2008). Nachdem wir im Alltag ständig vielen verschiedenen Reizen ausgesetzt sind,

ist es essentiell für uns, die uns betreffenden wichtigen Reize und Informationen herausfiltern zu können. Bei einer Schädigung der TPJ ist zum Beispiel die Fähigkeit Reize filtern zu können stark beeinträchtigt (Friedrich et al., 1998). Mit den dargelegten Aufgaben der TPJ lassen sich auch die in dieser Studie beobachteten Aktivierungen erklären: also eine Aktivierung aufgrund von Aufmerksamkeit und durch die Abwägung von Konsequenzen. Außerdem könnte auch eine Beflügel-Attribution zu einer Aktivierung der TPJ führen, die bei moralischen Konflikten nicht überraschend wäre, da ja in den präsentierten Konflikten immer auch zwischenmenschliche Interaktionen beschrieben wurden, und vermutlich damit die Einbeziehung des mentalen Zustands dieser Person eine große Rolle zur Entscheidung spielt. Auch der **superiore temporale Sulcus** ist ein Areal, das in moralischen Konflikten, wie in vielen Studien, signifikant aktiviert wurde (Allison et al. 2000, Moll et al. 2002, Greene et al. 2004, Harenski et al. 2008). Der STS zeigt Prozesse, die für das Verständnis von Geschichten nötig sind (Gallagher et al. 2000), außerdem verarbeitet er körperliche Empfindungsprozesse und ist an der Zuschreibung von Bewegungsintentionen anderer Personen beteiligt (Allison et al. 2000; Gallagher & Frith 2003). Er steht in Zusammenhang mit Versöhnlichkeit und Empathie (Leslie et al. 2004, Farrow et al. 2001, Carr et al. 2003) und Greene konnte eine vermehrte Aktivität bei moralisch-persönlichen Dilemmata zeigen (Greene et al. 2001 und 2004). Nicht zuletzt verarbeitet er auch Stimuli, die die Persönlichkeitsstruktur anderer Personen repräsentieren (Greene und Haidt, 2002), worauf auch schon Brothers und Ring (1992) in ihren Studien hinwiesen. Harenski et al. (2008) fanden eine größere Aktivität des posterioren STS für gerechtigkeitsbasierte Dilemmata im Gegensatz zu Dilemmata, die auf Fürsorge und Anteilnahme basierten. Dementsprechend ließe sich für die vorliegende Studie die Mehraktivierung des STS mit Verständnisprozessen und Prozessen der sozialen Wahrnehmung im Zusammenhang mit den präsentierten Konflikten erklären, wobei jedoch auch der moralisch-persönliche Aspekt im Sinne von Empathie und Gerechtigkeitssinn mit für eine STS-Aktivierung verantwortlich zu sein scheint.

Der **Präcuneus** wurde von Fletcher als „mind's eye“ (Fletcher et al. 1995) bezeichnet, womit seine Funktion sehr treffend verbildlicht wurde: er ist nämlich bei der Selbstwahrnehmung, am episodischen Gedächtnis (Fletcher et al., 1995), aber vor allem auch an der Verarbeitung bildlicher Darstellungen beteiligt (Kjaer et al., 2001). Maddock entdeckte für die Präcuneusaktivität auch den Zusammenhang mit emotionalen Prozessen und Gedächtnisprozessen im Rahmen einer moralischen Entscheidung (Maddock et al. 2003). Eine Mehraktivierung des Präcuneus kann also

auf eine vermehrte Wahrnehmung eigener mentaler Zustände hindeuten. Denn gerade in einem moralischen Konflikt ist die Versuchsperson ja gefordert zwischen zwei konkurrierenden Bedürfnissen, dem moralischen und dem persönlichen, zu entscheiden, wie es in dieser Studie der Fall war.

Es lässt sich also festhalten, dass die einzelnen Aktivierungen dieser Studie gut in die bisherige Erkenntnislage anderer bildgebender Studien zum moralischen Entscheidungsprozess passen. Man darf natürlich nicht vergessen, dass „Moral“ neuronal ein komplexes Aktivitätsmuster darstellt, das aus emotionalen und kognitiven Prozessen besteht, die sich über das ganze Gehirn verteilen. Dabei treten diese moraltypischen Aktivierungen jener Areale nicht nur bei moralischen Konflikten auf: Auch Aufgaben, die große soziale und zwischenmenschliche Fähigkeiten und Einfühlungsvermögen erfordern, wie es zum Beispiel bei ToM-Aufgaben der Fall ist, bewirken Aktivierungen in ähnlichen Hirnarealen. Diese Überlappung oder Überschneidung mit Arealen, die andere behaviorale Prozesse regulieren, legen nahe, dass die Bezeichnung „moral brain“ als solche nicht zutreffend ist, sondern dass moralische Prozesse genauso wie emotionale oder kognitive Prozesse ein Zusammenspiel von bestimmten Hirnarealen nutzen, um jeweils zu einem Ergebnis zu kommen. Der Unterschied liegt damit also doch eher im Inhalt der Fragestellung als in den neuronalen Schaltkreisen. Gerade die Überschneidung von ToM-Arealen und Moral-Arealen scheint zu zeigen, dass es eine komplexe Verbindung von neuronalen Arealen gibt, die je nach Bedarf moralische Konflikte bearbeiten oder soziale Interaktionen verarbeiten. Interessanterweise scheinen ja auch einige moralische Entscheidungen erst durch die Verarbeitung von sozialen Informationen zustande zu kommen (vgl. Greene & Haidt, 2002). Wenn man bedenkt, dass Moral ein hoch komplexer Prozess ist, der von vielen einzelnen Faktoren abhängt, dann sollten zukünftige Studien vielleicht vermehrt individuelle Unterschiede wie Kultur, Geschlecht, Genetik, Persönlichkeit, sozioökonomischer Status usw. miteinzubeziehen. Darauf wurde im Anschluss an die Diskussion der Verhaltensdaten eingegangen.

5.2.2 Diskussion der Mehraktivierungen des Kontrastes $m > um$

Die signifikanten Mehraktivierungen des Kontrastes moralisch $>$ unmoralisch fanden sich im medialen Gyrus frontalis medialis und dem superioren Parietallappen, außerdem im anterioren Cingulum und im Gyrus supramarginalis.

Der **Gyrus supramarginalis** ist Teil des inferioren Parietallappens (IPL) und liegt angrenzend an den Temporallappen am posterioren Ende der lateralen Fissur; er wird kaudal begrenzt durch den Gyrus angularis (BA39) und rostral-dorsal durch den unteren Teil des Gyrus postcentralis (BA2) (Bösel, 2006). Der IPL spielt eine große Rolle in der visuellen Worterkennung. Dabei sind beide, der supramarginale Gyrus (SMG) und der Gyrus angularis, beteiligt an phonologischen und semantischen Aspekten der Worterkennung und Verarbeitung (Stoekel et al. 2009). Doch der SMG hat nicht nur sprachliche Aufgaben. Das Institut für psychologische Grundlagenforschung der Universität Wien hat herausgefunden, dass der Gyrus supramarginalis das Areal ist, das emotionsbedingten Egozentrismus im Gehirn erkennt und gegebenenfalls korrigiert, also empathiefähig macht. So sind Menschen, deren Gyrus supramarginalis nicht richtig arbeitet, in ihrer Empathie erheblich eingeschränkt (Silani et al., 2013). Der Gyrus supramarginalis ist als Teil der IPL jedoch auch Teil der TPJ, die die Übergangszone zwischen Parietal- und Temporallappen ist, und Teile des Gyrus supramarginalis, des Gyrus angularis und des superioren temporalen Gyrus beinhaltet. Die TPJ zeigte sich - als wesentliches Areal der Theory of Mind - auch als Schlüsselareal für moralische Intuitionen und Belief-Attribution beim moralischen Prozess (Fletcher et al., 1995; Gallagher et al., 2000; Saxe und Powell, 2006 ; Sommer et al., 2007; Young und Saxe 2008; Harada et al., 2009; Young et al., 2010; Moor et al., 2011 2011; Young und Dungan 2011). Dabei scheint die rechte TPJ hauptsächlich Prozesse der Belief-Attribution zu steuern und weist beim Erhalt von Informationen zu mentalen Zuständen von anderen Personen Aktivierungen auf (Saxe und Powell, 2006). Außerdem ist die TPJ daran beteiligt, Überzeugungen mit anderen relevanten Merkmalen einer Aktion wie zum Beispiel dem zu erwartenden Resultat zu integrieren (Young und Saxe 2008). Der Einfluss der TPJ auf die Belief-Attribution während moralischer Urteile zeigt sich sehr eindrücklich in der Studie von Young et al. (2007), bei der deutlich wird, dass Belief-Attributionen für moralische Entscheidungen unerlässlich sind, da bei diesen Entscheidungen zwei konkurrierende Prozesse beteiligt sind: Der eine ist dabei für die bewusste Wahrnehmung und Bewertung der Konsequenzen einer Handlungsweise zuständig, während der andere die Intentionen und Überzeugungen miteinbezieht (Young et al. 2007). Interessanterweise konnte Piaget (1965) zeigen, dass diese beiden Prozesse bei Kindern noch getrennt sind - Kinder also nur die Konsequenzen einer Handlung betrachten. Erst nach vollständiger Entwicklung der ToM und der Verbindung der beiden Prozesse ist eine adäquate Beurteilung einer moralischen Handlungsweise möglich (Young et al., 2007). Andere Studien sehen in

der TPJ vor allem Prozesse der Aufmerksamkeitssteuerung, wie die Metaanalyse von Mitchell zeigt (2008): nämlich irrelevante Reize auszublenden bzw relevante Reize herauszufiltern, was uns ermöglicht, trotz der vielen unterschiedlichsten Reizeindrücke, denen wir täglich ausgesetzt sind, unseren Aufgaben folgen zu können. Bei Patienten mit Schädigung der TPJ ist diese Fähigkeit beeinträchtigt (Friedrich et al., 1998). Die in der vorliegenden Studie gefundenen Aktivierungen können also zum Einen durchaus auf verbale Prozesse und Aufmerksamkeits-Prozesse zurückgeführt werden. Die „Egoismus-Korrektur“, die eine empathische Entscheidung ermöglichen soll, lässt auch gleich an die ToM denken, so dass die Mehraktivierung der TPJ auch als Belief-Attribution während der moralischen Konflikte gewertet werden kann, da in diesen Konflikten ja immer zwischenmenschliche Interaktionen beschrieben wurden und damit die Einbeziehung des mentalen Zustands dieser Person für das Treffen einer Entscheidung von großer Bedeutung ist. Der **vordere Teil des Cingulums, der ACC**, steht mit dem Thalamus in enger Verbindung und ist Teil des Papez-Schaltkreises. Von autonomen Funktionen wie Blutdruck und Herzfrequenzregulation über rationale Funktionen wie die Abschätzung von Belohnungserwartung, Entscheidungsfindung und Aufmerksamkeit (Bush et al., 2000; Weissman et al., 2005), Empathie (Decety et al., 2004) und Impulskontrolle (Aharoni et al., 2013) erfüllt der ACC viele Funktionen. Nach der Studie von Aharoni könnte man den ACC vielleicht sogar als Biomarker für persistierendes antisoziales Verhalten einsetzen. Außerdem ist der ACC auch in Error- und Konflikt-Detektionsprozesse eingebunden (Bush et al., 2000). Ferner scheint der ACC wesentlich an dem Modulieren der Amygdala-Aktivität beteiligt zu sein – zumindest legen die Studienergebnisse von Etkin (2006) dar, dass emotionale Konflikte mittels „top-down inhibition“ der amygdalären Aktivität durch das rostrale anteriore Cingulum erfolgen. Genauso konnte mit der Review weiterer Ergebnisse 2011 gezeigt werden, dass dorsal-kaudale Regionen des ACC, und auch der mPFC an der Bewertung und dem Ausdruck von negativen Emotionen beteiligt sind - wohingegen ventral-rostrale Anteile des ACC und der mPFC hinsichtlich limbischer Regionen beim Bilden von emotionalen Antworten regulatorische Aufgaben übernehmen (Etkin et al., 2011).

So lässt sich zusammenfassend festhalten, dass das anteriore Cingulum der Reaktions-Inhibition und der Selbst- und Emotionsregulierung dient - auch durch Beeinflussung der amygdalären Aktivität. Damit passt diese Aktivierung gut zur moralischen Antwort, denn um eine moralische Antwort treffen zu können, muss die unmoralische, meist eigennützige und damit eigentlich verständliche Reaktion

inhibiert werden.

Zuletzt soll noch die Aktivierung des Areals Brodmann Areals 10 im **Gyrus frontalis medialis** näher betrachtet und diskutiert werden. Der Gyrus frontalis medialis ist in höhere kognitive Funktionen involviert und steht in Verbindung mit Persönlichkeit und der Fähigkeit zu Einsicht und Voraussicht. Das Brodmann Areal 10, welches dem VMPFC entspricht, ist von besonderer Bedeutung für die Moral. So ist es bei der Wahrnehmung eigener Emotionen beteiligt (Zysset et al. 2002), außerdem bei der Integration von Emotionen in moralische Entscheidungsprozesse (Greene & Haidt, 2002), wobei hier besonders die Wahrnehmung negativer Gefühle und Konsequenzen Einfluss auf unser Verhalten zeigt (Greene et al., 2007). Damit fügt sich diese Aktivierung gut in den Vorgang einer Handlungsplanung ein und trägt zum Treffen einer moralischen Entscheidung in Abwägung gegenüber eigenen Interessen bei, denn die dadurch entstehenden konkurrierenden Emotionen müssen abgewogen werden. Nachdem dem VMPFC auch die Inhibierung unerwünschter Verhaltensweisen zugeschrieben wird (Ciaramelli et al. 2007), passt eine Aktivierung dieses Areals auch insofern, als die Versuchspersonen – um eine moralische Entscheidung treffen zu können – ihre eigenen Wünsche und Bedürfnisse zurückstellen mussten.

5.2.3 Diskussion der Mehraktivierungen im Kontrast ♀ > ♂ (M > N)

Die weibliche Probandengruppe zeigte im Vergleich zur männlichen Gruppe hinsichtlich des Kontrastes M > N eine signifikante Mehraktivierung im Bereich des Frontallappens, speziell des **Gyrus frontalis superior und medialis links** (BA 9,10). Die männliche Gruppe zeigte hingegen keine signifikanten Mehraktivierungen im Vergleich zur weiblichen Gruppe. Dies führt zu dem Schluss, dass bei den beiden Testgruppen auf neuronaler Ebene Unterschiede in der Verarbeitung von moralischen Entscheidungsprozessen vorhanden sind: es besteht zwar das Moralnetzwerk bei Männern und Frauen aus den selben Arealen, jedoch ist das Ausmaß der Aktivierung geschlechtsabhängig.

Männliche Probanden aktivieren alle Areale, die laut bisheriger Studienlage an moralischen Entscheidungsprozessen beteiligt sind (siehe Abschnitt 2.1.2), wenn auch mit signifikant geringerer Aktivierung im Gyrus frontalis superior und medialis. Wie unter Punkt 4.2 erläutert, lassen sich diese Unterschiede jedoch nicht auf behavioraler Ebene abbilden, wenngleich sich die Tendenz zeigte, dass Männer

häufiger moralisch antworteten als Frauen. Wenn man also nach Auswirkungen der Unterschiede sucht, dann müsste man eigentlich die Frage stellen, warum die Männer trotz signifikant geringerer Aktivierung tendenziell moralischer entschieden als die Frauen, und warum die Frauen trotz Mehraktivierung tendenziell unmoralischer - oder zumindest trotz erhöhter Aktivität nicht genauso moralisch oder sogar moralischer entschieden? Oder weniger plakativ gefragt: Wozu dient die Mehraktivierung der Frauen? Ist sie nötig? Kann man überhaupt davon sprechen, dass die Frauen mehr aktivieren oder handelt es sich vielmehr um eine Minderaktivierung der Männer? Die Frage wäre also: was ist eine normale Aktivierung? Diese Frage wurde bislang nämlich immer nur durch Mittelung der Aktivierungen beider Geschlechter beantwortet. Damit zeigen die Untersuchungsergebnisse dieser Studie vor allem, dass für Studien mit neuronaler Bildgebung generell neu überlegt werden muss, ob diese Mittelung der beiden Geschlechter überhaupt korrekt und wissenschaftlich sein kann, und ob nicht vielmehr geschlechtsspezifische Untersuchungen und Ergebnisse die bessere Wahl wären.

Nocheinmal zu der Frage wie sich die verminderten Aktivierungen im Brodmann-Areal 10, welche im präfrontalen Cortex liegen und hauptsächlich dem VMPFC sowie dem OFC entsprechen, bei der männlichen Probandengruppe erklären lassen. Der VMPFC ist, wie im Konflikt m > um unter 5.1.2 beschrieben, ein wichtiges Areal im Hinblick auf Moral, das eine bedeutende Rolle bei der Wahrnehmung eigener Emotionen (Zysset et al. 2002) sowie bei der Integration von Emotionen in moralische Entscheidungsprozesse spielt (Greene & Haidt, 2002), wobei besonders die Wahrnehmung negativer Gefühle und Konsequenzen Einfluss auf unser Verhalten (Greene et al., 2007) zeigt. Nicht zuletzt trägt der VMPFC zur Inhibierung unerwünschter Verhaltensweisen bei (Ciaramelli et al. 2007). Wenn nun also Frauen eine signifikant höhere Aktivität im VMPFC aufweisen, dann lässt das vermuten, dass Frauen ihre Emotionen intensiver wahrnehmen. Dies stünde auch in Einklang mit den - wie in 2.2.2.4 beschrieben - auf Verhaltensebene bestehenden Sexualdimorphismen, insofern als bei Frauen eine stärkere Expressivität von Emotionen und ein stärkeres Emotionserleben nachgewiesen wurde (Asthana und Mandal 1998; Bradley et al. 2001; Brebner, 2003; Vrana und Rollock 2002; Whittle et al. 2011).

Zur frontalen Mehraktivierung im orbitofrontalen Bereich ist Folgendes denkbar: Wie in 2.1.2 ausführlich geschildert, ermöglicht der OFC als Ort des Mentalisierens

das Hineinversetzen in andere Personen, und damit das Einnehmen einer anderen Perspektive (ToM). Außerdem erfolgen im OFC emotionale Lernprozesse; es werden Reiz-Belohnungs-Assoziationen geknüpft, die vorausschauendes Planen und Bewerten von Handlungsintentionen und die Einschätzung eines moralischen Wertes ermöglichen. Damit entspricht eine Aktivierung des OFC durchaus dem, was sich in einem Menschen im moralischen Konflikt abspielen muss: Er muss seine eigenen Handlungsintentionen bewerten und Möglichkeiten des Handelns innerlich durchspielen, muss sich in die jeweilige Situation hineinversetzen und dann seine Entscheidung treffen. Somit erklärt sich mit diesem Bewerten des Konfliktes und mit dem „sich Hineinversetzen“ die Aktivität des OFC. Wenn nun die weiblichen Probanden eine verstärkte Aktivierung im OFC zeigen, spricht das dafür, dass sie möglicherweise mehr mentalisieren. Warum sie dann trotzdem nicht zu mehr moralischen Entscheidungen gelangen, ist eine interessante Frage. Vielleicht bringt die Annahme weiter, dass für die neuronale Verarbeitung von moralischen Entscheidungen nicht nur ein einziges System zuständig ist, sondern unterschiedliche ineinandergreifende Netzwerke beteiligt sind. So zeigt möglicherweise die neuronale „Minderaktivierung“ der männlichen Gruppe gegenüber den weiblichen Probanden im Kontrast $M > N$ einfach die Aktivierung der essentiellen Hirnareale an, die für moralische Verhaltensprozesse benötigt werden. Aber wenn das der Fall ist, warum aktivieren Frauen dann mehr als nötig? Könnte der Grund für die stärkere weibliche Aktivierung im OFC und VMPFC vielleicht die emotionalere Beteiligung der Frau sein? Denn nicht nur im Emotionserleben, sondern auch im Rahmen der Empathie zeigen sich bei den Sexualdimorphismen auf Verhaltensebene, dass Frauen empathischer sind als Männer (Hoffmann M., 1977; Billington et al., 2007; Hoffmann et al., 2010). Empathie - die Fähigkeit, Gefühle und Gedanken eines anderen zu erspüren und darauf angemessen zu reagieren - sollte aber doch eigentlich Vorteile bei der Kommunikation und im sozialen Umgang bringen (Baron-Cohen et al., 2006; Freimüller P., 2001). Jedoch zeigten sich die Frauen nicht sozialer als die Männer. Und auch ihre zu erwartende höhere Leistung in ToM-Aufgaben (Happe et al. 1995) würde sich zumindest am moralischen Ergebnis in dieser Studie nicht erkennen lassen. Dabei wäre eigentlich davon auszugehen, dass eine höhere Empathie und größere Leistung in ToM-Aufgaben die Moral fördert. Deshalb wäre es sehr interessant gewesen in dieser Studie nachzuprüfen, ob es geschlechtsspezifische ToM-Unterschiede gibt. Leider ließen sich diese Studiendaten nicht mit den Studien der Arbeitsgruppe zum Thema ToM vergleichen, da die Konflikte zwischenzeitlich überarbeitet und verändert worden waren, so dass kein Vergleich

möglich war. Jedoch scheint die Fähigkeit zu Moral nicht nur von der Fähigkeit zu Empathie und ToM abhängig zu sein; oder aber Männer haben sehr gute Mechanismen dieses „Defizit“ auszugleichen. Interessant wären jedoch auch die Begründungen der einzelnen Versuchspersonen für ihre jeweilige Entscheidung, denn vielleicht hat Gilligan (1982 und 1986) doch Recht mit ihrer Vermutung, dass die Moral der Frauen eine andere ist als die der Männer, insofern Frauen zum Beispiel andere Schwerpunkte setzen in ihrer Entscheidung.

Eine weitere Überlegung wäre bei den Männern eine frontale Minderaktivierung zu sehen; interessanterweise zeigte sich bei einer gleich konzipierten Studie, in der die Aktivierungen von forensischen Patienten mit gesunden Probanden als Kontrollgruppe verglichen wurde, dass bei den Forensikern eine frontale Minderaktivierung vorlag. Eine solche geht scheinbar mit einer gewissen Prädisposition für aggressives Verhalten einher (Bufkin und Luttrell, 2005), jedoch schien das in der Studie ebenfalls keinerlei Einfluss auf moralische Entscheidungen gehabt zu haben, wie die Ergebnisse der Dissertation von Vogt zeigten (2012). Diese Studie bestätigt somit, was auch Bufkin und Luttrell (2005) in ihrer Studie darlegten: dass man Personen mit „Minderaktivierung“ in präfrontalen Bereichen nicht automatisch aggressives Verhalten prognostizieren kann (2005). Interessant erscheint in diesem Zusammenhang auch die Betrachtung von Entwicklungsunterschieden im Gehirn von Männern und Frauen. Tatsächlich entwickelt sich das Frontalhirn bei männlichen Gehirnen später als bei weiblichen. So zeigte sich in einer Studie von Bao und Swaab (2010) zur Entwicklung des Präfrontallappens, dass das Peak-Grey-Matter-Volume bei den Mädchen mit 9,5 Jahren erreicht wird - bei Jungen dagegen mit 10,5 Jahren. Außerdem waren bei den Geschlechtern auch die Entwicklungsverläufe im Frontallappen signifikant unterschiedlich (Lenroot und Giedd, 2006). Inwiefern das auch später noch Auswirkungen auf die Aktivierung und die Leistung hat, wurde noch nicht erforscht, wäre aber als möglicher Grund für Aktivierungsunterschiede ein interessanter Gedanke.

5.3. Kritik und Ausblick

Zusammenfassend konnte die vorliegende Studie zeigen, dass alltägliche moralische Entscheidungsaufgaben geeignet sind, sign. Aktivierung im Moralnetzwerk auszulösen und des Weiteren, dass geschlechtsabhängig unterschiedliche Aktivierungsmuster auch in moralischen Entscheidungen existieren. Für Unterschiede auf Verhaltensebene ließen die Ergebnisse dieser Studie keine signifikanten Schlüsse zu, jedoch gibt es infolge dieser Studie einige Verbesserungsvorschläge für weitere geschlechtsspezifische Verhaltensforschung. Ein Vorschlag wäre beispielsweise, dass die Versuchsperson auch die Gründe für ihre Entscheidung angibt. Ein weiterer Vorschlag wäre, den Inhalt der Fragestellung genauer zu untersuchen und zu spezifizieren: Mögliche Aspekte dafür wären, die Fragen in unterschiedliche Klassen von „moralischen Kosten“ aufzuteilen, sprich „wie viel kostet es mich, mich moralisch zu entscheiden?“. Verpasse ich nur einen Bus, wo in 10 Minuten der nächste kommt, oder verpasse ich den letzten Bus des Tages? Gebe ich 5 Euro, 50 oder 500 zurück? Muss ich einen weiten Weg auf mich nehmen, um etwas zurückzugeben oder nur die Straße überqueren?

Es gibt noch viele weitere Aspekte, die die Entscheidung für die moralische Antwort leichter bzw schwerer machen können – zumindest aber beeinflussen. Zum Beispiel die Frage nach der „Distanziertheit“, dem Grad der sozialen Beziehung, der mich mit der Person in der jeweiligen Konfliktsituation verbindet: Handelt es sich um eine gute Freundin, eine Verwandte, einen Nachbarn oder einen Fremden? Genauso wichtig für das Treffen einer moralischen Antwort scheint neben dem Geschlecht der Versuchsperson auch das Geschlecht des Gegenübers zu sein: Handelt es sich bei der Person, die meine Hilfe benötigt um einen Mann oder um eine Frau?

Als ich am Beginn meiner Dissertation im Freundeskreis von meinem Thema erzählte, meinte interessanterweise beinahe jeder, dass Frauen sicher moralischer entscheiden würden, als Männer. Dieses für mich zuerst als Vorurteil betrachtete Geschlechterbild gewann dann jedoch meine Aufmerksamkeit, als ich in den Ergebnissen feststellte, dass die Frauen sogar weniger oft moralisch entschieden als die Männer. Nun war dieser Unterschied zwar nicht signifikant, jedoch eindeutig vorhanden, und es wäre interessant gewesen, wenn man der Frage weiter hätte nachgehen können, wozu es aber auf jeden Fall mehr Probanden gebraucht hätte, und man im Vorhinein bereits Daten hätte sammeln müssen zur eigenen Einschätzung der Moralität und der des anderen Geschlechts. Außerdem wäre es generell wichtig, von den Probanden die Gründe für die jeweilige Entscheidung mit angeben zu lassen. Es könnte nämlich doch auch Gilligans Kritik an Kohlberg eine Lösung für dieses

unerwartete Phänomene bieten: dass die Moral der Frauen tatsächlich, plakativ gesagt, eine „andere“ ist als die der Männer. Denn wenn die weiblichen Probanden zum Beispiel sich dafür entscheiden den letzten Bus zu nehmen, statt der alten Frau zu helfen, dann wäre es sehr wichtig und interessant aus welchem Grund sie so entscheiden: ob sie vielleicht an ihre Kinder denken, die daheim schon auf sie warten, oder sonst den Einkauf nicht schaffen usw. Der Aspekt, nach den persönlichen Gründen zu fragen, für oder gegen eine moralische Entscheidung, erscheint mir hier unverzichtbar – ebenso wie die Einbeziehung des Aspekts der „Distanziertheit“ und der „moralischen Kosten“.

Die Frage nach der Moral gestaltet sich also mit dem Zugewinn an Erkenntnissen nicht unbedingt leichter. Vielleicht ist das auch ganz gut so, denn es verdeutlicht, dass bei moralischen Entscheidungen kein mechanistisches Denken greift, das nach dem Schema „eins plus eins gleich zwei“ moralische Entscheidungen liefert und Menschen bzw deren Handeln erlaubt in bestimmte Schubladen zu stecken nach dem Motto, dass bestimmte neuronale Minderaktivierungen auf eine Prädisposition für amoralisches oder aggressives Verhalten hindeuten, und damit eine Determiniertheit der betreffenden Person beschreiben. Dass Wissen nicht nur hilfreich sein kann, sondern immer auch ein hohes Missbrauchspotential besteht, erklärt sich - gerade in Zeiten von Überwachung und Beschneidung von persönlicher Freiheit – von selbst. Wissen ist eben nicht nur Fortschritt, Weiterentwicklung und Verbesserung, sondern Wissen ist auch immer noch vor allem eines: Macht.

All diese Überlegungen und Möglichkeiten zeigen, dass es beim Erforschen der Moral - wie bei allen anderen Forschungsthemen auch - darum geht, Vorsicht walten zu lassen vor zu schnell gefassten Urteilen; und es darum geht, dass man sich Scheu vor einer Definition dessen bewahrt, was man als „normal“ bezeichnet; dass man sich stattdessen Offenheit behält für weitere Möglichkeiten des Verstehens und andere Erklärungsansätze und vor allem grundsätzlich zu einer Akzeptanz von Unterschieden gelangt; schließlich sind Mann und Frau tatsächlich neurobiologisch unterschiedlich „gestrickt“.

Wenn wir also das Thema Moral neuronal erforschen, dann damit wir besser verstehen und lernen, was es heißt moralisch zu entscheiden, und durch Darstellung der Komplexität des Sachverhalts der Gefahr entgegenzutreten, zu meinen dass Moral auf einen einfachen und insbesondere einfach anwendbaren Nenner zu reduzieren

sei. Dies gilt auch für die Erforschung der Geschlechtsunterschiede: auch hier sollten die Erkenntnisse dazu dienen dass Mann und Frau lernen ihrer Unterschiedlichkeit gerecht zu werden und lernen sie wertzuschätzen, um Vielfalt als Reichtum zu begreifen.

6. Literaturverzeichnis

- Ankney CD (1992) Sex differences in relative brain size: the mismeasure of woman, too? *Intelligence* 16:329–336
- Adolphs, Ralph (2003) Cognitive neuroscience of human social behaviour. In: *Nat Rev Neurosci* 4 (3), S. 165–178. DOI: 10.1038/nrn1056.
- Adolphs, R. (2008) Fear, faces, and the human amygdala. *Current Opinion in Neurobiology*, 18, 166-172.
- Adolphs, R., Tranel, D., Damasio, H., & Damasio, A. (1994) Impaired recognition of emotion in facial expressions following bilateral damage to the human amygdala. *Nature*, 372, 669-672.
- Aharoni, E.; Vincent, G. M.; Harenski, C. L.; Calhoun, V. D.; Sinnott-Armstrong, W.; Gazzaniga, M. S.; Kiehl, K. A. (2013): Neuroprediction of future rearrest. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences* 110 (15), S. 6223–6228. DOI: 10.1073/pnas.1219302110.
- Aleman, André; Swart, Marte (2008): Sex differences in neural activation to facial expressions denoting contempt and disgust. In: *PLoS ONE* 3 (11), S. e3622. DOI: 10.1371/journal.pone.0003622.
- Allen, J.G., & Haccoun, D.M. (1976). Sex differences in emotionality: A multidimensional approach. *Human Relations*, 29, 711± 722.
- Allen, John S.; Damasio, Hanna; Grabowski, Thomas J.; Bruss, Joel; Zhang, Wei (2003): Sexual dimorphism and asymmetries in the gray-white composition of the human cerebrum. In: *Neuroimage* 18 (4), S. 880–894.
- Allen, L. S.; Gorski, R. A. (1991): Sexual dimorphism of the anterior commissure and massa intermedia of the human brain. In: *J. Comp. Neurol* 312 (1), S. 97–104. DOI: 10.1002/cne.903120108.
- Allen, M., Emmers-Sommer, T.M., D’Alessio, D., Timmerman, L., Hanzal, A., Korus, J., 2007. The connection between the physiological and psychological reactions to sexually explicit materials: a literature summary using meta-analysis. *Communication. Monographs* 74 (4), 541–560.
- Allison; Puce; McCarthy (2000): Social perception from visual cues: role of the STS region. In: *Trends Cogn Sci* 4 (7), S. 267–278.
- Alonso-Nanclares, L; Gonzalez-Soriano, J; Rodriguez, J. R; DeFelipe, J (2008): Gender differences in human cortical synaptic density. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105 (38), S. 14615–14619. DOI: 10.1073/pnas.0803652105.
- Amit, Elinor; Greene, Joshua D. (2012): You see, the ends don't justify the means: visual imagery and moral judgment. In: *Psychol Sci* 23 (8), S. 861–868. DOI: 10.1177/0956797611434965.
- Amodio, David M.; Frith, Chris D. (2006): Meeting of minds: the medial frontal

- cortex and social cognition. In: *Nat. Rev. Neurosci* 7 (4), S. 268–277. DOI: 10.1038/nrn1884.
- Amunts, K.; Jancke, L.; Mohlberg, H.; Steinmetz, H.; Zilles, K. (2000): Interhemispheric asymmetry of the human motor cortex related to handedness and gender. In: *Neuropsychologia* 38 (3), S. 304–312.
- Amunts, Katrin; Armstrong, Este; Malikovic, Aleksandar; Hömke, Lars; Mohlberg, Hartmut; Schleicher, Axel; Zilles, Karl (2007): Gender-specific left-right asymmetries in human visual cortex. In: *J. Neurosci.* 27 (6), S. 1356–1364. DOI: 10.1523/JNEUROSCI.4753-06.2007.
- Anderson, S. W.; Bechara, A.; Damasio, H.; Tranel, D.; Damasio, A. R. (1999): Impairment of social and moral behavior related to early damage in human prefrontal cortex. In: *Nat Neurosci* 2 (11), S. 1032–1037. DOI: 10.1038/14833.
- Andreason, P. J.; Zametkin, A. J.; Guo, A. C.; Baldwin, P.; Cohen, R. M. (1994): Gender-related differences in regional cerebral glucose metabolism in normal volunteers. In: *Psychiatry Res* 51 (2), S. 175–183.
- Ankney C.D. (1992) Sex differences in relative brain size: the mismeasure of woman, too? *Intelligence* 16:329–336
- Asthana HS, Mandal MK. Hemifacial asymmetry in emotion expressions. *Behav Modif.* 1998 Apr;22(2):177-83.PMID: 9563290
- Austeda, F. (1962); *Wörterbuch der Philosophie.* S.164. Verlag Lebendiges Wissen.
- Babcock, Linda, and Sara Laschever. *Women Don't Ask: Negotiation and the Gender Divide.* Princeton, NJ: Princeton University Press, (2003).
- Bandura, A. (1991). Social cognitive theory of moral thought and action. In W. M. Kurtines & J. L. Gewirtz (Eds.), *Handbook of moral behavior and development* (Vol. 1, pp. 45-103). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Bao, A.-M.; Swaab, D. F. (2010): Sex Differences in the Brain, Behavior, and Neuropsychiatric Disorders. In: *The Neuroscientist* 16 (5), S. 550–565. DOI: 10.1177/1073858410377005.
- Bargh, John A.; Chartrand, Tanya L. (1999): The unbearable automaticity of being. In: *American Psychologist* 54 (7), S. 462–479. DOI: 10.1037/0003-066X.54.7.462.
- Baron-Cohen S (2006) *Vom ersten Tag an anders: das weibliche und das männliche Gehirn.* Heyne, München
- Baron-Cohen S, Richler J, Bisarya D, Gurunathan N, Wheelwright S. 2003 Feb *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* 28;358(1430):361-74. The systemizing quotient: an investigation of adults with Asperger syndrome or high-functioning autism, and normal sex differences.
- Baron-Cohen S, Wheelwright S.J *Autism Dev Disord.* 2003 Oct;33(5):509-17.The

Friendship Questionnaire: an investigation of adults with Asperger syndrome or high-functioning autism, and normal sex differences.

- Baron-Cohen, S. (2003). *The essential difference: The truth about the male and female brain*. New York: Basic Books.
- Bartzokis, G.; Beckson, M.; Lu, P. H.; Nuechterlein, K. H.; Edwards, N.; Mintz, J. (2001): Age-related changes in frontal and temporal lobe volumes in men: a magnetic resonance imaging study. In: *Arch Gen Psychiatry* 58 (5), S. 461–465.
- Baxter, L. R.; Mazziotta, J. C.; Phelps, M. E.; Selin, C. E.; Guze, B. H.; Fairbanks, L. (1987): Cerebral glucose metabolic rates in normal human females versus normal males. In: *Psychiatry Res* 21 (3), S. 237–245.
- Bechara, A.; Damasio, H.; Damasio, A. R. (2000): Emotion, decision making and the orbitofrontal cortex. In: *Cereb Cortex* 10 (3), S. 295–307.
- Bechara, Antoine; Damasio, Hanna; Damasio, Antonio R. (2003): Role of the amygdala in decision-making. In: *Ann N Y Acad Sci* 985, S. 356–369.
- Beck, T., Behr, P., & Guettler, A. (2013). Gender and banking: Are women better loan officers? *Review of Finance*, 17(4), 1279–1321.
- Bell EC, Willson MC, Wilman AH, Dave S, Silverstone PH. (2006) , Males and females differ in brain activation during cognitive tasks .*Neuroimage*. 2006 Apr 1;30(2):529-38. Epub 2005 Nov 2.
- Berk, Laura E. (2011): *Entwicklungspsychologie. 5., aktualisierte Aufl.* München, Boston [u.a.]: Pearson Studium, S.102
- Billington, Jac; Baron-Cohen, Simon; Wheelwright, Sally (2007): Cognitive style predicts entry into physical sciences and humanities: Questionnaire and performance tests of empathy and systemizing. In *Learning and Individual Differences* 17 (3), pp. 260-268. DOI: 10.1016/j.lindif.2007.02.004.
- Bischof-Köhler, Doris (2006): *Von Natur aus anders. Die Psychologie der Geschlechtsunterschiede. 4., überarbeitete und erweiterte Auflage* (2011). Stuttgart: Kohlhammer. S. 180 und S.248f
- Biswal, B. B.; Mennes, M.; Zuo, X.-N.; Gohel, S.; Kelly, C.; Smith, S. M. et al. (2010): Toward discovery science of human brain function. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences* 107 (10), S. 4734–4739. DOI: 10.1073/pnas.0911855107.
- Björkquist, K., Österman, K., & Hjelt-Bäck, M. (1994). Aggression among university employees. *Aggressive Behavior*, 20, 173-184
- Blair, R.J.R (2008): The amygdala and ventromedial prefrontal cortex: functional contributions and dysfunction in psychopathy. In: *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 363 (1503), S. 2557–2565. DOI: 10.1098/rstb.2008.0027.

- Blair, R J R (2010): Neuroimaging of psychopathy and antisocial behavior: a targeted review. In: *Curr Psychiatry Rep* 12 (1), S. 76–82. DOI: 10.1007/s11920-009-0086-x.
- Boeree, George (2006): *Sozialpsychologie: Geschichte der Psychologie*.
- Bolla, K. I.; Eldreth, D. A.; Matochik, J. A.; Cadet, J. L. (2004): Sex-related differences in a gambling task and its neurological correlates. In: *Cereb Cortex* 14 (11), S. 1226–1232. DOI: 10.1093/cercor/bhh083.
- Bösel, Rainer M. (2006): *Das Gehirn. Ein Lehrbuch der funktionellen Anatomie für die Psychologie*. 1. Aufl. Stuttgart: Kohlhammer.
- Brabec, Jiri; Rulseh, Aaron; Hoyt, Brian; Vizek, Martin; Horinek, Daniel; Hort, Jakub; Petrovicky, Pavel (2010): Volumetry of the human amygdala - an anatomical study. In: *Psychiatry Res* 182 (1), S. 67–72. DOI: 10.1016/j.psychres.2009.11.005.
- Bradley MM, Codispoti M, Cuthbert BN, Lang PJ, Emotion and motivation I: defensive and appetitive reactions in picture processing. *Emotion*. 2001 Sep;1(3):276-98.
- Bradley MM, Codispoti M, Sabatinelli D, Lang PJ, Emotion and motivation II: sex differences in picture processing. *Emotion*. 2001 Sep;1(3):300-19.
- Brebner, J., 2003. Gender and emotions. *Personality and Individual Differences* 34 (3), 387–394.
- Bremner, J.D., Soufer, R., McCarthy, G., Delaney, R., Staib, L.H., Duncan, J.S., et al., 2001. Gender differences in cognitive and neural correlates of remembrance of emotional words. *Psychopharmacology Bulletin* 35 (3), 55–78.
- Brun, Caroline C.; Leporé, Natasha; Luders, Eileen; Chou, Yi-Yu; Madsen, Sarah K.; Toga, Arthur W.; Thompson, Paul M. (2009): Sex differences in brain structure in auditory and cingulate regions. In: *Neuroreport* 20 (10), S. 930–935.
- Brun, Caroline C.; Leporé, Natasha; Pennek, Xavier; Lee, Agatha D.; Barysheva, Marina; Madsen, Sarah K. et al. (2009): Mapping the regional influence of genetics on brain structure variability — A Tensor-Based Morphometry study. In: *NeuroImage* 48 (1), S. 37–49. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2009.05.022.
- Buchan, N. R., Croson, R. T., & Solnick, S. (2008). Trust and gender: An examination of behavior and beliefs in the Investment Game. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 68(3), 466–476.
- Jana L. *Bufkin* ; Vickie R. *Luttrell*. *Neuroimaging Studies of Aggressive and Violent Behavior: Current Findings and Implications for Criminology and Criminal Justice Journal: Trauma, Violence, & Abuse* Volume:6 Issue:2 Dated:April 2005 Pages:176 to 191. Date Published: 04/2005
- Bush; Luu; Posner (2000): Cognitive and emotional influences in anterior cingulate

- cortex. In: *Trends Cogn Sci* 4 (6), S. 215–222.
- Butler, T., Pan, H., Epstein, J., Protopopescu, X., Tueschen, O., Goldstein, M., et al., 2005. Fear-related activity in subgenual anterior cingulate differs between men and women. *Neuroreport* 16 (11), 1233–1236.
- Byne, W.; Lasco, M. S.; Kemether, E.; Shinwari, A.; Edgar, M. A.; Morgello, S. et al. (2000): The interstitial nuclei of the human anterior hypothalamus: an investigation of sexual variation in volume and cell size, number and density. In: *Brain Res.* 856 (1-2), S. 254–258.
- Cahill, L. (2004): Sex-Related Hemispheric Lateralization of Amygdala Function in Emotionally Influenced Memory: An fMRI Investigation. In: *Learning & Memory* 11 (3), S. 261–266. DOI: 10.1101/lm.70504.
- Cahill, Larry (2003): Sex- and hemisphere-related influences on the neurobiology of emotionally influenced memory. In: *Prog. Neuropsychopharmacol. Biol. Psychiatry* 27 (8), S. 1235–1241. DOI: 10.1016/j.pnpbp.2003.09.019.
- Cahill, Larry; van Stegeren, Anda (2003): Sex-related impairment of memory for emotional events with beta-adrenergic blockade. In: *Neurobiol Learn Mem* 79 (1), S. 81–88.
- Cahill, Larry (2005): His brain, her brain. In: *Sci Am* 292 (5), S. 40–47.
- Cahill, Larry (2006): Why sex matters for neuroscience. In: *Nat Rev Neurosci* 7 (6), S. 477–484. DOI: 10.1038/nrn1909.
- Canary, D.J., Emmers-Sommer, T.M., Faulkner, S., 1997. *Sex and Gender Differences in Personal Relationships*. Guilford, New York.
- Canli, Turhan; Desmond, John E.; Zhao, Zuo; Gabrieli, John D E (2002): Sex differences in the neural basis of emotional memories. In: *Proc Natl Acad Sci U S A* 99 (16), S. 10789–10794. DOI: 10.1073/pnas.162356599.
- Carr, Laurie; Iacoboni, Marco; Dubeau, Marie-Charlotte; Mazziotta, John C.; Lenzi, Gian Luigi (2003): Neural mechanisms of empathy in humans: a relay from neural systems for imitation to limbic areas. In: *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 100 (9), S. 5497–5502. DOI: 10.1073/pnas.0935845100.
- Casebeer, William D (2003): Moral cognition and its neural constituents. In: *Nat Rev Neurosci* 4 (10), S. 840–847. DOI: 10.1038/nrn1223.
- Caseras, X., Mataix-Cols, D., An, S.K., Lawrence, N.S., Speckens, A., Giampietro, V., et al., 2007. Sex differences in neural responses to disgusting visual stimuli: implications for disgust-related psychiatric disorders. *Biological Psychiatry* 62(5), 464–471.
- Casey, B. J.; Davidson, Matthew; Rosen, Bruce (2002): Functional magnetic resonance imaging: basic principles of and application to developmental science. In: *Developmental Science* 5 (3), S. 301–309. DOI: 10.1111/1467-7687.00370.

- Cavanna, Andrea E.; Trimble, Michael R. (2006): The precuneus: a review of its functional anatomy and behavioural correlates. In: *Brain* 129 (Pt 3), S. 564–583. DOI: 10.1093/brain/awl004.
- Chen, Xiaohua; Sachdev, Perminder S.; Wen, Wei; Anstey, Kaarin J. (2007): Sex differences in regional gray matter in healthy individuals aged 44-48 years: a voxel-based morphometric study. In: *Neuroimage* 36 (3), S. 691–699. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2007.03.063.
- Cheung, Crystal C Y; Lee, Tatia M C; Yip, James T H; King, Kristin E.; Li, Leonard S W (2006): The differential effects of thalamus and basal ganglia on facial emotion recognition. In: *Brain Cogn* 61 (3), S. 262–268. DOI: 10.1016/j.bandc.2006.01.008.
- Cherry, F. ; Deaux K., 1978. Fear of success versus fear of gender-inappropriate behavior. *Sex Roles* 4:97-101
- Chou, Kun-Hsien; Cheng, Yawei; Chen, I-Yun; Lin, Ching-Po; Chu, Woei-Chyn (2011): Sex-linked white matter microstructure of the social and analytic brain. In: *NeuroImage* 54 (1), S. 725–733. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2010.07.010.
- Christensen, J. F.; Gomila, A. (2012): Moral dilemmas in cognitive neuroscience of moral decision-making: a principled review. In: *Neurosci Biobehav Rev* 36 (4), S. 1249–1264. DOI: 10.1016/j.neubiorev.2012.02.008.
- Ciaramelli, E., Braghittoni, D., & di Pellegrino, G. (2012) It is the outcome that counts! Damage to the ventromedial prefrontal cortex disrupts the integration of outcome and belief information for moral judgment. *Journal of the International Neuropsychological Society*. In press.
- Ciaramelli, E., Muccioli, M., Làdavas, E., & di Pellegrino, G. (2007) Selective deficit in personal moral judgment following damage to ventromedial prefrontal cortex. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 2, 84-92.
- Ciaramidaro, A.; Adenzato, M.; Enrici, I.; Erk, S.; Pia, L.; Bara, B. G.; Walter, H. (2007): The intentional network: how the brain reads varieties of intentions. In: *Neuropsychologia* 45 (13), S. 3105–3113. DOI: 10.1016/j.neuropsychologia.2007.05.011.
- Clarke, J. M.; Zaidel, E. (1994): Anatomical-behavioral relationships: corpus callosum morphometry and hemispheric specialization. In: *Behav Brain Res* 64 (1-2), S. 185–202.
- Collaer ML, Nelson JD (2002) Large visuospatial sex difference in line judgement: possible role of attentional factors. *Brain Cognit* 49:1–12
- Cooke BM, Tabibnia G, Breedlove SM. (1999). A brain sexual dimorphism controlled by adult circulating androgens. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 1999 Jun 22;96(13):7538-40.
- Cooper JC, Kreps TA, Wiebe T, Pirkl T, Knutson B. When giving is good: ventromedial prefrontal cortex activation for others' intentions. *Neuron*

(2010) 67:511–2110.1016/j.neuron.2010.06.030

- Cosgrove, K; Mazure, C; Staley, J (2007): Evolving Knowledge of Sex Differences in Brain Structure, Function, and Chemistry. In: *Biological Psychiatry* 62 (8), S. 847–855. DOI: 10.1016/j.biopsych.2007.03.001.
- Cowell, P. E.; Turetsky, B. I.; Gur, R. C.; Grossman, R. I.; Shtasel, D. L.; Gur, R. E. (1994): Sex differences in aging of the human frontal and temporal lobes. In: *J Neurosci* 14 (8), S. 4748–4755.
- Craig, Ian W.; Harper, Emma; Loat, Caroline S. (2004): The Genetic Basis for Sex Differences in Human Behaviour: Role of the Sex Chromosomes. In: *Ann Human Genet* 68 (3), S. 269–284. DOI: 10.1046/j.1529-8817.2004.00098.x.
- Crick, N.R., & Grotpeter, J.K. (1995). Relational aggression, gender, and social, psychological adjustment. *Child Development*, 66, 710-722
- Cushman, F., Young, L. & Hauser, M. (2006). The role of conscious reasoning and intuition in moral judgment: Testing three principles of harm. *Psychological Science*, 17(12), 1082-1089.
- Cushman, Fiery; Greene, Joshua D. (2011): Finding faults: How moral dilemmas illuminate cognitive structure. In: *Soc Neurosci*. DOI: 10.1080/17470919.2011.614000.
- Damasio, H., Grabowski, T., Frank, R., Galaburda, A. M., & Damasio, A. R. (1994). The return of Phineas Gage: clues about the brain from the skull of a famous patient. *Science*, 264(5162), 1102–1105.
- Damasio, A.R., Grabowski, T.J., Bechara, A., Damasio, H., Ponto, L.L.B., Parvizi, J., et al., 2000. Subcortical and cortical brain activity during the feeling of self-generated emotions. *Nature Neuroscience* 3 (10), 1049–1056.
- Davis, M.; Rainnie, D.; Cassell, M. (1994): Neurotransmission in the rat amygdala related to fear and anxiety. In: *Trends Neurosci* 17 (5), S. 208–214.
- Day, A. L., & Livingstone, H. A. (2003). Gender differences in perceptions of stressors and utilization of social support among university students. *Canadian Journal of Behavioural Science*, 35(2), 73–83.
- de Quervain, Dominique J-F; Fischbacher, Urs; Treyer, Valerie; Schellhammer, Melanie; Schnyder, Ulrich; Buck, Alfred; Fehr, Ernst (2004): The neural basis of altruistic punishment. In: *Science* 305 (5688), S. 1254–1258. DOI: 10.1126/science.1100735.
- De Vries, G. J. (2003): Minireview: Sex Differences in Adult and Developing Brains: Compensation, Compensation, Compensation. In: *Endocrinology* 145 (3), S. 1063–1068. DOI: 10.1210/en.2003-1504.
- Decety, J. (2004): The Functional Architecture of Human Empathy. In: *Behavioral and Cognitive Neuroscience Reviews* 3 (2), S. 71–100. DOI: 10.1177/1534582304267187.

- Decety, Jean; Michalska, Kalina J.; Kinzler, Katherine D. (2012): The contribution of emotion and cognition to moral sensitivity: a neurodevelopmental study. In: *Cereb Cortex* 22 (1), S. 209–220. DOI: 10.1093/cercor/bhr111.
- Decety, Jean; Porges, Eric C. (2011): Imagining being the agent of actions that carry different moral consequences: an fMRI study. In: *Neuropsychologia* 49 (11), S. 2994–3001. DOI: 10.1016/j.neuropsychologia.2011.06.024.
- Deutsch, G.; Bourbon, W. T.; Papanicolaou, A. C.; Eisenberg, H. M. (1988): Visuospatial tasks compared via activation of regional cerebral blood flow. In: *Neuropsychologia* 26 (3), S. 445–452.
- Devous, M. D.; Stokely, E. M.; Chehabi, H. H.; Bonte, F. J. (1986): Normal distribution of regional cerebral blood flow measured by dynamic single-photon emission tomography. In: *J. Cereb. Blood Flow Metab.* 6 (1), S. 95–104. DOI: 10.1038/jcbfm.1986.12.
- DeYoung, Colin G.; Hirsh, Jacob B.; Shane, Matthew S.; Papademetris, Xenophon; Rajeevan, Nallakkandi; Gray, Jeremy R. (2010): Testing predictions from personality neuroscience. Brain structure and the big five. In: *Psychol Sci* 21 (6), S. 820–828. DOI: 10.1177/0956797610370159.
- Domes, G., Schulze, L., Bottger, M., Grossmann, A., Hauenstein, K., Wirtz, P.H., et al., 2010. The neural correlates of sex differences in emotional reactivity and emotion regulation. *Human Brain Mapping* 31 (5), 758–769
- Donaldson, D., Prinstein, M.J., Danovsky, M., Spirito, A., 2000. Patterns of children's coping with life stress: implications for clinicians. *American Journal of Orthopsychiatry* 70 (3), 351–359.
- Donner, N.; Handa, R. J. (2009): Estrogen receptor beta regulates the expression of tryptophan-hydroxylase 2 mRNA within serotonergic neurons of the rat dorsal raphe nuclei. In: *Neuroscience* 163 (2), S. 705–718. DOI: 10.1016/j.neuroscience.2009.06.046.
- Dorsaint-Pierre, R. (2006): Asymmetries of the planum temporale and Heschl's gyrus: relationship to language lateralization. In: *Brain* 129 (5), S. 1164–1176. DOI: 10.1093/brain/awl055.
- Drobyshevsky, A., Baumann, S.B., Schneider, W., 2006. A rapid fMRI task battery for mapping of visual, motor, cognitive, and emotional function. *Neuroimage* 31 (2), 732–744.
- Durston, S.; Hulshoff Pol, H E; Casey, B. J.; Giedd, J. N.; Buitelaar, J. K.; van Engeland, H. (2001): Anatomical MRI of the developing human brain: what have we learned? In: *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry* 40 (9), S. 1012–1020. DOI: 10.1097/00004583-200109000-00009.
- Eagly, A. H., & Chryla, C. (1986). Sex differences in conformity: Status and gender role interpretations. *Psychology of Women Quarterly*, 10(3), 203–220.
- Eagly, A.H. & Steffen, V.J. (1986). Gender and aggressive behavior: A meta-analytic review of the social psychological literature. *Psychological Bulletin*, 100,

- Eagly, A. H., & Wood, W. (2013). The nature–nurture debates 25 years of challenges in understanding the psychology of gender. *Perspectives on Psychological Science*, 8(3), 340–357.
- Eals M, Silverman I (1994) The Hunter-Gatherer theory of spatial sex differences: proximate factors mediating the female advantage in recall of object arrays. *Ethol Sociobiol* 15:95–105
- Egloff, B. & Schmukle, S. C. (2004). Gender differences in implicit and explicit anxiety measures. *Personality and Individual Differences*, 36, 1807-1815
- Elliott, R.; Dolan, R. J.; Frith, C. D. (2000): Dissociable functions in the medial and lateral orbitofrontal cortex: evidence from human neuroimaging studies. In: *Cereb Cortex* 10 (3), S. 308–317.
- Epting, L. K., & Overman, W. H. (1998). Sex-sensitive tasks in men and women: A search of performance fluctuations across the menstrual cycle. *Behavioral Neuroscience*, 112, 1304-1317.
- Erat, S., & Gneezy, U. (2012). White lies. *Management Science*, 58(4), 723–733.
- Etkin, Amit; Egner, Tobias; Kalisch, Raffael (2011): Emotional processing in anterior cingulate and medial prefrontal cortex. In: *Trends in Cognitive Sciences* 15 (2), S. 85–93. DOI: 10.1016/j.tics.2010.11.004.
- Etkin, Amit; Egner, Tobias; Peraza, Daniel M.; Kandel, Eric R.; Hirsch, Joy (2006): Resolving emotional conflict: a role for the rostral anterior cingulate cortex in modulating activity in the amygdala. In: *Neuron* 51 (6), S. 871–882. DOI: 10.1016/j.neuron.2006.07.029.
- Fanselow MS, Dong HW (2010) Are the dorsal and ventral hippocampus functionally distinct structures? *Neuron*. 2010 Jan 14; 65(1):7-19.
- Farrow, T. F.; Zheng, Y.; Wilkinson, I. D.; Spence, S. A.; Deakin, J. F.; Tarrier, N. et al. (2001): Investigating the functional anatomy of empathy and forgiveness. In: *Neuroreport* 12 (11), S. 2433–2438.
- Fehr, R., Gelfand, M. J., & Nag, M. (2010). The road to forgiveness: A metaanalytic synthesis of its situational dispositional correlates. *Psychological Bulletin*, 136(5), 894–914.
- Feingold, A. (1994). Gender differences in variability in intellectual abilities: A cross-cultural perspective. *Sex Roles*, 30(1–2), 81–92.
- Feis, Delia-Lisa; Brodersen, Kay H.; von Cramon, D. Yves; Luders, Eileen; Tittgemeyer, Marc (2013): Decoding gender dimorphism of the human brain using multimodal anatomical and diffusion MRI data. In: *NeuroImage* 70, S. 250–257. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2012.12.068.
- Fischer, Hakan; Sandblom, Johan; Herlitz, Agneta; Fransson, Peter; Wright, Christopher I.; Backman, Lars (2004): Sex-differential brain activation during

- exposure to female and male faces. In: *Neuroreport* 15 (2), S. 235–238.
- Fischer, A. H., Rodriguez Mosquera, P. M., van Vianen, A. E., & Manstead, A. S. (2004). Gender and culture differences in emotion. *Emotion*, 4(1), 87–94.
- Fletcher, P. C.; Frith, C. D.; Baker, S. C.; Shallice, T.; Frackowiak, R. S.; Dolan, R. J. (1995): The mind's eye--precuneus activation in memory-related imagery. In: *Neuroimage* 2 (3), S. 195–200. DOI: 10.1006/nimg.1995.1025.
- Fliessbach K., (2010) „neurobiologische Grundlagen inter-individueller Unterschiede“ (S. 158), zitiert aus: *Neuroökonomie: Grundlagen - Methoden – Anwendungen*. Martin Reimann, Bernd Weber, Springer-Verlag, 2010
- Forbes, Chad E.; Grafman, Jordan (2010): The role of the human prefrontal cortex in social cognition and moral judgment. In: *Annu. Rev. Neurosci* 33, S. 299–324. DOI: 10.1146/annurev-neuro-060909-153230.
- Freimüller P (2001) Empathie. In: Diller H (Hrsg) *Vahlens Großes Marketinglexikon*, 2. Aufl. Vahlen, München, S 408
- Friedrich, FJ, Egly, R, Rafal, RD & Beck, D. (1998). Spatial attention deficits in humans: A comparison of superior parietal and temporal-parietal junction lesions. *Neuropsychology*, 12(2), 193-207. Published, 1998
- Frings, Lars; Wagner, Kathrin; Unterrainer, Josef; Spreer, Joachim; Halsband, Ulrike; Schulze-Bonhage, Andreas (2006): Gender-related differences in lateralization of hippocampal activation and cognitive strategy. In *Neuroreport* 17 (4), pp. 417-421. DOI: 10.1097/01.wnr.0000203623.02082.e3
- Friston, K. J.; Williams, S.; Howard, R.; Frackowiak, R. S.; Turner, R. (1996): Movement-related effects in fMRI time-series. In: *Magn Reson Med* 35 (3), S. 346–355.
- Frith, C. D., & Frith, U. (1999). Interacting Minds--A Biological Basis. *Science*, 286(5445), 1692–1695.
- Frith, C. D., & Frith, U. (2006). The Neural Basis of Mentalizing. *Neuron*, 50(4), 531–534.
- Frith, U., & Frith, C. D. (2003). Development and neurophysiology of mentalizing. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 358(1431), 459–473.
- Fugate, J.M.B., Gouzoules, H., Barrett, L.F., 2009. Separating production from perception: perceiver-based explanations for sex differences in emotion. *Behavioral and Brain Sciences* 32 (5), 394-+.
- Fumagalli, M.; Priori, A. (2012): Functional and clinical neuroanatomy of morality. In: *Brain* 135 (7), S. 2006–2021. DOI: 10.1093/brain/awr334.
- Funk, Chadd M; Gazzaniga, Michael S (2009): The functional brain architecture of human morality. In: *Current Opinion in Neurobiology* 19 (6), S. 678–681. DOI: 10.1016/j.conb.2009.09.011.

- Fusar-Poli, Paolo; Placentino, Anna; Carletti, Francesco; Landi, Paola; Allen, Paul; Surguladze, Simon et al. (2009): Functional atlas of emotional faces processing: a voxel-based meta-analysis of 105 functional magnetic resonance imaging studies. In: *J Psychiatry Neurosci* 34 (6), S. 418–432.
- Fuster, J. (2001). The Prefrontal Cortex--An Update: Time Is of the Essence. *Neuron*, 30(2), 319–333.
- Gallagher, H. L., Happé, F., Brunswick, N., Fletcher, P. C., Frith, U., & Frith, C. D. (2000). Reading the mind in cartoons and stories: an fMRI study of 'theory of mind' in verbal and nonverbal tasks. *Neuropsychologia*, 38(1), 11–21.
- Gallagher, Helen L.; Frith, Christopher D. (1 February 2003). "Functional imaging of 'theory of mind'". *Trends in Cognitive Sciences* 7 (2): 77–83. doi:10.1016/S1364-6613(02)00025-6
- George, M.S., Ketter, T.A., Parekh, P.I., Herscovitch, P., Post, R.M., 1996. Gender differences in regional cerebral blood flow during transient self-induced sadness or happiness. *Biological Psychiatry* 40 (9), 859–871.
- Gilligan, C. and Wiggins, G. 1987. The origins of morality in early childhood relationships. In Kagan and Lamb, 1987
- Gilligan, C. (1982): *In a different Voice. Psychological Theory and Women's Development*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Gilligan, C. (1986): Reply by Carol Gilligan.
- Gizewski, E.R, Krause, E., Schlamann, M., Happich, F., Ladd, M.E., Forsting, M., et al., 2009. Specific cerebral activation due to visual erotic stimuli in male-to-female transsexuals compared with male and female controls: an fMRI study. *Journal of Sexual Medicine* 6 (2), 440–448.
- Glenberg, A. M., Webster, B. J., Mouilso, E., Havas, D., & Lindeman, L. M. (2009). Gender, emotion, and the embodiment of language comprehension. *Emotion Review*, 1(2), 151–161.
- Goel, Nirupa; Bale, Tracy L. (2010): Sex differences in the serotonergic influence on the hypothalamic-pituitary-adrenal stress axis. In: *Endocrinology* 151 (4), S. 1784–1794. DOI: 10.1210/en.2009-1180.
- Goldstein, J. M.; Seidman, L. J.; Horton, N. J.; Makris, N.; Kennedy, D. N.; Caviness, V. S. et al. (2001): Normal sexual dimorphism of the adult human brain assessed by in vivo magnetic resonance imaging. In: *Cereb. Cortex* 11 (6), S. 490–497.
- Gong, G.; Rosa-Neto, P.; Carbonell, F.; Chen, Z. J.; He, Y.; Evans, A. C. (2009): Age- and Gender-Related Differences in the Cortical Anatomical Network. In: *Journal of Neuroscience* 29 (50), S. 15684–15693. DOI: 10.1523/JNEUROSCI.2308-09.2009.
- Gong, Gaolang; He, Yong; Evans, Alan C. (2011): Brain connectivity: gender makes a difference. In: *Neuroscientist* 17 (5), S. 575–591. DOI:

10.1177/1073858410386492.

- Gong, Han; Iliev, Rumen; Sachdeva, Sonya (2012): Consequences are far away: Psychological distance affects modes of moral decision making. In: *Cognition*. DOI: 10.1016/j.cognition.2012.09.005.
- Gorman, J. M.; Kent, J. M.; Sullivan, G. M.; Coplan, J. D. (2000): Neuroanatomical hypothesis of panic disorder, revised. In: *Am J Psychiatry* 157 (4), S. 493–505.
- Gray, Kurt; Young, Liane; Waytz, Adam (2012): Mind Perception Is the Essence of Morality. In: *Psychological Inquiry* 23 (2), S. 101–124. DOI: 10.1080/1047840X.2012.651387.
- Greene, J. D.; Sommerville, R. B.; Nystrom, L. E.; Darley, J. M.; Cohen, J. D. (2001): An fMRI investigation of emotional engagement in moral judgment. In: *Science* 293 (5537), S. 2105–2108. DOI: 10.1126/science.1062872.
- Greene, Joshua; Haidt, Jonathan (2002): How (and where) does moral judgment work? In: *Trends in Cognitive Sciences* 6 (12), S. 517–523. DOI: 10.1016/S1364-6613(02)02011-9.
- Greene, Joshua (2003): From neural 'is' to moral 'ought': what are the moral implications of neuroscientific moral psychology? In: *Nat. Rev. Neurosci.* 4 (10), S. 846–849. DOI: 10.1038/nrn1224.
- Greene, Joshua D.; Nystrom, Leigh E.; Engell, Andrew D.; Darley, John M.; Cohen, Jonathan D. (2004): The neural bases of cognitive conflict and control in moral judgment. In: *Neuron* 44 (2), S. 389–400. DOI: 10.1016/j.neuron.2004.09.027.
- Greene, Joshua D. (2007): Why are VMPFC patients more utilitarian? A dual-process theory of moral judgment explains. In: *Trends Cogn Sci* 11 (8), S. 322-3; author reply 323-4. DOI: 10.1016/j.tics.2007.06.004.
- Greene, Joshua D.; Paxton, Joseph M. (2009): Patterns of neural activity associated with honest and dishonest moral decisions. In: *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 106 (30), S. 12506–12511. DOI: 10.1073/pnas.0900152106.
- Griffiths* TD, *Warren* JD. ; The planum temporale as a computational hub. *Trends Neurosci.* 2002 Jul;25(7):348-53.
- Grimshaw, G.M., Bulman-Fleming, M.B., Ngo, C., 2004. A signal-detection analysis of sex differences in the perception of emotional faces. *Brain and Cognition* 54 (3), 248–250.
- Gross, J.J., 2007. *Handbook of Emotion Regulation*. Guilford Press, New York.
- Gross, J.J., Munoz, R.F., 1995. Emotion regulation and mental health. *Clinical Psychology: Science and Practice* 2 (2), 151–164.
- Grossman, M., Wood, W., 1993. Sex-differences in intensity of emotional experience —a social-role interpretation. *Journal of Personality and Social Psychology*

65 (5), 1010–1022.

- Gruber, O., Arendt, T. & von Cramon, D.Y. (2002) Neurobiologische Grundlagen der Stirnhirnfunktionen. In: H. Förstl (Ed.), *Frontalhirn. Funktionen und Erkrankungen* (pp. 21-47), Heidelberg: Springer, ISBN 3-540-42078-9
- Guerrero, L.K., Reiter, R.L., 1998. Expressing emotion: Sex differences in social skills and communicative responses to anger, sadness, and jealousy. In: Canary, J., Dindia, K. (Eds.), *Sex Differences and Similarities in Communication: Critical Essays and Empirical Investigations of Sex and Gender in Interaction*. Lawrence
- Güntürkün, Onur (2010): Warum Männer anders ticken. Kleine Unterschiede im Gehirn. In: *MMW Fortschr Med* 152 (39)
- Güntürkün O, Hausmann M (2007) Funktionelle Hirnorganisation und Geschlecht. In: Lautenbacher S, Güntürkün O, Hausmann M (Hrsg) *Gehirn und Geschlecht*. Springer, Heidelberg, S 87–104
- Gur, R (2000): An fMRI Study of Sex Differences in Regional Activation to a Verbal and a Spatial Task. In: *Brain and Language* 74 (2), S. 157–170. DOI: 10.1006/brln.2000.2325.
- Gur, R. C.; Gur, R. E.; Obrist, W. D.; Hungerbuhler, J. P.; Younkin, D.; Rosen, A. D. et al. (1982): Sex and handedness differences in cerebral blood flow during rest and cognitive activity. In: *Science* 217 (4560), S. 659–661.
- Gur, R. C.; Turetsky, B. I.; Matsui, M.; Yan, M.; Bilker, W.; Hughett, P.; Gur, R. E. (1999): Sex differences in brain gray and white matter in healthy young adults: correlations with cognitive performance. In: *J. Neurosci.* 19 (10), S. 4065–4072.
- Gusnard, D. A.; Raichle, M. E. (2001): Searching for a baseline: functional imaging and the resting human brain. In: *Nat. Rev. Neurosci.* 2 (10), S. 685–694. DOI: 10.1038/35094500.
- Habel, U., Koch, K., Pauly, K., Kellermann, T., Reske, M., Backes, V., et al., 2007. The influence of olfactory-induced negative emotion on verbal working memory: individual differences in neurobehavioral findings. *Brain Research* 1152, 158–170.
- Haidt, J., Bjorklund, F., & Murphy, S. (2000). Moral dumbfounding: When intuition finds no reason.
- Haidt, J. (2001). The Emotional Dog and its Rational Tail: A Social Intuitionist Approach to Moral Judgment. *Psychological Review*, 108, 814–834.
- Haidt, J. (2003). The moral emotions. In R. J. Davidson, K. R. Scherer, & H. H. Goldsmith (Eds.), *Handbook of affective sciences* (pp. 852-870). Oxford: *Oxford University Press*.
- Haidt, J. (2007): The New Synthesis in Moral Psychology. In: *Science* 316 (5827), S. 998–1002. DOI: 10.1126/science.1137651.

- Haidt, J. and Bjorklund, F. 2007a: Social intuitionists answer six questions about moral psychology. In Sinnott-Armstrong, W. (ed) *Moral psychology, Vol. 2: The cognitive science of morality: Intuition and diversity*. Cambridge MA: MIT Press. 30
- Haidt, J. and Bjorklund, F. 2007b: Social intuitionists reason, in conversation. In Sinnott-Armstrong, W. (ed) *Moral psychology, Vol. 2: The cognitive science of morality: Intuition and diversity*. Cambridge MA: MIT Press.
- Haidt, J. (2008): Morality. In: *Perspectives on Psychological Science* 3 (1), S. 65–72. DOI: 10.1111/j.1745-6916.2008.00063.x.
- Halari, Rozmin; Hines, Melissa; Kumari, Veena; Mehrotra, Ravi; Wheeler, Mike; Ng, Virginia; Sharma, Tonmoy (2005): Sex differences and individual differences in cognitive performance and their relationship to endogenous gonadal hormones and gonadotropins. In *Behav Neurosci* 119 (1), pp. 104-117. DOI: 10.1037/0735-7044.119.1.104.
- Hall, G.B.C., Witelson, S.F., Szechtman, H., Nahmias, C., 2004. Sex differences in functional activation patterns revealed by increased emotion processing demands. *Neuroreport* 15 (2), 219–223.
- Hall JAY, Kimura D (1995) Sexual orientation and performance on sexually dimorphic motor tasks. *Arch Sexual Behav* 24:395–407
- Halpern DF (2000) Sex differences in cognitive abilities, 3. Aufl. Erlbaum, Mahwah
- Hamann, Stephan; Herman, Rebecca A.; Nolan, Carla L.; Wallen, Kim (2004): Men and women differ in amygdala response to visual sexual stimuli. In: *Nat Neurosci* 7 (4), S. 411–416. DOI: 10.1038/nn1208.
- Hamilton, Colin (2008): *Cognition and sex differences*. Basingstoke [England], New York: Palgrave Macmillan.
- Hampel, P., 2007. Brief report: coping among austrian children and adolescents. *Journal of Adolescence* 30 (5), 885–890.
- Hampson, E. (1990a). Estrogen-related variations in human spatial and articulatory-motor skills. *Psychoneuroendocrinology*, 15, 97-111.
- Hampson, E. (1990b). Variations in sex related cognitive abilities across the menstrual cycle. *Brain and Cognition*, 14, 26-43.
- Hampson, E., & Kimura, D. (1988). Reciprocal effects of hormonal fluctuations on human motor and perceptual-spatial skills. *Behavioral Neuroscience*, 102, 456-459.
- Han, S.H., Gao, X.C., Humphreys, G.W., Ge, J.Q., 2008. Neural processing of threat cues in social environments. *Human Brain Mapping* 29 (8), 945–957.
- Happe, F., Ehlers, S., Fletcher, P., Frith, U., Johansson, M., Gillberg, C., et al. (1996). 'Theory of mind' in the brain. Evidence from a PET scan study of Asperger syndrome. *Neuroreport*, 8(1), 197-201.

- Harada, Tokiko; Itakura, Shoji; Xu, Fen; Lee, Kang; Nakashita, Satoru; Saito, Daisuke N.; Sadato, Norihiro (2009): Neural correlates of the judgment of lying: A functional magnetic resonance imaging study. In: *Neuroscience Research* 63 (1), S. 24–34. DOI: 10.1016/j.neures.2008.09.010.
- Hare TA, O’Doherty J, Camerer CF, Schultz W, Rangel A (2008) Dissociating the role of the orbitofrontal cortex and the striatum in the computation of goal values and prediction errors. *J Neurosci* 28:5623–5630.
- Hare TA, Camerer CF, Rangel A (2009) Self-control in decision-making involves modulation of the VMPFC valuation system. *Science* 324:646–648.
- Harenski, Carla L.; Antonenko, Olga; Shane, Matthew S.; Kiehl, Kent A. (2008): Gender differences in neural mechanisms underlying moral sensitivity. In: *Soc Cogn Affect Neurosci* 3 (4), S. 313–321. DOI: 10.1093/scan/nsn026.
- Harenski, Carla L.; Antonenko, Olga; Shane, Matthew S.; Kiehl, Kent A. (2010): A functional imaging investigation of moral deliberation and moral intuition. In: *NeuroImage* 49 (3), S. 2707–2716. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2009.10.062.
- Harenski CL, Hamann S. (2006). Neural correlates of regulating negative emotions related to moral violations. *Neuroimage*, 30, 313-324.
- Hasselhorn, Marcus; Gold, Andreas (2012): *Pädagogische Psychologie. Erfolgreiches Lernen und Lehren*. 3. Aufl. Stuttgart: Kohlhammer (Kohlhammer Standards Psychologie), p. 249ff., und p.162
- Hauser, Marc D. (2006): *Moral minds. How nature designed our universal sense of right and wrong*. 1. Aufl. New York: Ecco. Online verfügbar unter <http://www.worldcat.org/oclc/475038361>.
- Hausmann, Markus; Schoofs, Daniela; Rosenthal, Harriet E S; Jordan, Kirsten (2009): Interactive effects of sex hormones and gender stereotypes on cognitive sex differences--a psychobiosocial approach. In *Psychoneuroendocrinology* 34 (3), pp. 389-401. DOI: 10.1016/j.psyneuen.2008.09.019.
- Hausmann, M (2007) Kognitive Geschlechtsunterschiede. In S. Lautenbacher, O. Güntürkün & M. Hausmann (Eds.), *Gehirn und Geschlecht - Neurowissenschaft des kleinen Unterschieds zwischen Mann und Frau* (pp. 105-123). Heidelberg: Springer
- Heekeren, Hauke R.; Wartenburger, Isabell; Schmidt, Helge; Prehn, Kristin; Schwintowski, Hans-Peter; Villringer, Arno (2005): Influence of bodily harm on neural correlates of semantic and moral decision-making. In: *Neuroimage* 24 (3), S. 887–897. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2004.09.026.
- Heekeren, Hauke R.; Wartenburger, Isabell; Schmidt, Helge; Schwintowski, Hans-Peter; Villringer, Arno (2003): An fMRI study of simple ethical decision-making. In: *Neuroreport* 14 (9), S. 1215–1219. DOI: 10.1097/01.wnr.0000081878.45938.a7.
- Heidbrink, Horst (2008): *Einführung in die Moralpsychologie*. 3., vollst. überarb.

und erw. Aufl. Weinheim, Basel: Beltz, PVU.

- Hill, AC., Laird, AR., Robinson JL. (2014) Gender differences in working memory networks: a BrainMap meta-analysis. *Biol Psychol.* 2014 Oct;102:18-29. doi: 10.1016/j.biopsycho.2014.06.008
- Hines, Melissa (2010): Sex-related variation in human behavior and the brain. In: *Trends Cogn. Sci. (Regul. Ed.)* 14 (10), S. 448–456. DOI: 10.1016/j.tics.2010.07.005.
- Hines, Melissa (2011): Gender Development and the Human Brain. In: *Annu. Rev. Neurosci.* 34 (1), S. 69–88. DOI: 10.1146/annurev-neuro-061010-113654.
- Hirnstain, Marco; Coloma Andrews, Lisa; Hausmann, Markus (2014): Gender-stereotyping and cognitive sex differences in mixed- and same-sex groups. In *Archives of sexual behavior* 43 (8), pp. 1663-1673. DOI: 10.1007/s10508-014-0311-5.
- Hofer, A., Siedentopf, C.M., Ischebeck, A., Rettenbacher, M.A., Verius, M., Felber, S., et al., 2007. Sex differences in brain activation patterns during processing of positively and negatively valenced emotional words. *Psychological Medicine* 37(1), 109–119.
- Hoffmann, Martin L. (1977): Sex Differences in Empathy and Related Behaviors. *Psychological Bulletin*, Vol 84, No. 4, 712-722
- Hoffmann, Holger; Kessler, Henrik; Eppel, Tobias; Rukavina, Stefanie; Traue, Harald C. (2010): Expression intensity, gender and facial emotion recognition: Women recognize only subtle facial emotions better than men. In: *Acta Psychol (Amst)* 135 (3), S. 278–283. DOI: 10.1016/j.actpsy.2010.07.012.
- Holloway, R. L.; Anderson, P. J.; Defendini, R.; Harper, C. (1993): Sexual dimorphism of the human corpus callosum from three independent samples: relative size of the corpus callosum. In: *Am J Phys Anthropol* 92 (4), S. 481–498. DOI: 10.1002/ajpa.1330920407.
- Hugdahl, Kenneth; Thomsen, Tormod; Ersland, Lars (2006): Sex differences in visuo-spatial processing: An fMRI study of mental rotation. In: *Neuropsychologia* 44 (9), S. 1575–1583. DOI: 10.1016/j.neuropsychologia.2006.01.026.
- Hume, D. (1989). *A treatise of human nature* (2. ed.). Oxford: Clarendon Press.
- Hume, David; Norton, David Fate (2003): *A treatise of human nature*. repr. with corrections. Oxford [etc.]: Oxford University Press (Oxford philosophical texts).
- Hyde, J., & Linn, M. (1988). Gender differences in verbal ability: A metaanalysis. *Psychological Bulletin*, 104, 53-69.
- Hyde, J.S. (1984). How large are gender differences in aggression?: A developmental

metaanalysis. *Developmental Psychology*, 20, 722-736

Im, K.; Lee, J.-M.; Lyttelton, O.; Kim, S. H.; Evans, A. C.; Kim, S. I. (2008): Brain Size and Cortical Structure in the Adult Human Brain. In: *Cerebral Cortex* 18 (9), S. 2181–2191. DOI: 10.1093/cercor/bhm244.

Im, Kiho; Lee, Jong-Min; Lee, Junki; Shin, Yong-Wook; Kim, In Young; Kwon, Jun Soo; Kim, Sun I. (2006): Gender difference analysis of cortical thickness in healthy young adults with surface-based methods. In: *Neuroimage* 31 (1), S. 31–38. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2005.11.042.

Immordino-Yang, Mary Helen; Singh, Vanessa (2013): Hippocampal contributions to the processing of social emotions. In: *Hum Brain Mapp* 34 (4), S. 945–955. DOI: 10.1002/hbm.21485.

Ishigaki H, Miyao M (1994) Implications for dynamic visual acuity with changes in age and sex. *Percept Mot Sk* 78:363–369

Jackson, Graham (2005): Reflections. In: *Int J Clin Pract* 59 (12), S. 1373. DOI: 10.1111/j.1368-5031.2005.00751a.x.

Jaffee, S., & Hyde, J. S. (2000). Gender differences in moral orientation: A meta-analysis. *Psychological Bulletin*, 126(5), 703–726.

Jäncke, L., & Steinmetz, H. (2002). Anatomical brain asymmetries and their relevance for functional asymmetries. In: K. Hugdahl & R. J. Davidson (Eds.), *Brain asymmetry*. Cambridge, MA: MIT Press.

Jäncke, L., Wüstenberg, T., Scheich, H., & Heinze, H.J. (2002). Phonetic perception and the temporal lobe. *Neuroimage*, 15, 733-746.

Joel, Daphna (2011): Male or Female? Brains are Intersex. In: *Front. Integr. Neurosci.* 5. DOI: 10.3389/fnint.2011.00057.

Johnson, Blake W.; McKenzie, Kirsten J.; Hamm, Jeff P. (2002): Cerebral asymmetry for mental rotation: effects of response hand, handedness and gender. In: *Neuroreport* 13 (15), S. 1929–1932.

Jordan, Kirsten; Wüstenberg, Torsten; Heinze, Hans Jochen; Peters, Michael; Jäncke, Lutz (2002): Women and men exhibit different cortical activation patterns during mental rotation tasks. In: *Neuropsychologia* 40 (13), S. 2397–2408.

Jovanovic, Hristina; Lundberg, Johan; Karlsson, Per; Cerin, Asta; Saijo, Tomoyuki; Varrone, Andrea et al. (2008): Sex differences in the serotonin 1A receptor and serotonin transporter binding in the human brain measured by PET. In: *Neuroimage* 39 (3), S. 1408–1419. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2007.10.016.

Kang, Xiaojian; Herron, Timothy J.; Woods, David L. (2011): Regional variation, hemispheric asymmetries and gender differences in pericortical white matter. In: *NeuroImage* 56 (4), S. 2011–2023. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2011.03.016.

Kant, Immanuel (1793), *AA VI die Religion innerhalb der Grenzen der bloßen Vernunft. Die Metaphysik der Sitten. I. Von der ursprünglichen Anlage zum*

- Karnath, H.-O., Thier, P., & Karnath-Thier (2006). *Neuropsychologie* (2., aktualisierte und erw. Aufl.). Springer-Lehrbuch. Heidelberg: Springer.
- Karnath, Hans-Otto, Ferber S. & Himmelbach M., Spatial awareness is a function of the temporal not the posterior parietal lobe. *Nature* 411(6840):950-3, 2001
- Keller, Katherine; Menon, Vinod (2009): Gender differences in the functional and structural neuroanatomy of mathematical cognition. In: *NeuroImage* 47 (1), S. 342–352. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2009.04.042.
- Kempler D, Teng EL, Dick M, Taussig IM, Davis DS. The effects of age, education, and ethnicity on verbal fluency. *Journal of the International Neuropsychological Society*. 1998;4:531–538.
- Kempton, M.J., Haldane, M., Jogar, J., Christodoulou, T., Powell, J., Collier, D.A., et al., 2009. The effects of gender and comt val158met polymorphism on fearful facial affect recognition: an fMRI study. *International Journal of Neuropsychopharmacology* 12 (3), 371–381.
- Kesler-West, M. L.; Andersen, A. H.; Smith, C. D.; Avison, M. J.; Davis, C. E.; Kryscio, R. J.; Blonder, L. X. (2001): Neural substrates of facial emotion processing using fMRI. In: *Brain Res Cogn Brain Res* 11 (2), S. 213–226.
- Killgore, W. D.; Yurgelun-Todd, D. A. (2001): Sex differences in amygdala activation during the perception of facial affect. In: *Neuroreport* 12 (11), S. 2543–2547.
- Kilpatrick, L. A.; Zald, D. H.; Pardo, J. V.; Cahill, L. F. (2006): Sex-related differences in amygdala functional connectivity during resting conditions. In: *Neuroimage* 30 (2), S. 452–461. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2005.09.065.
- Kimura, Doreen (1999): *Sex and cognition*. Cambridge, Mass: MIT Press. Online verfügbar unter <http://www.worldcat.org/oclc/39281917>.
- Kimura D, Clarke PG (2002) Women’s advantage on verbal memory is not restricted to concrete words. *Psychol Rep* 91:1137–1142
- Kjaer, T (2001): Precuneus–Prefrontal Activity during Awareness of Visual Verbal Stimuli. In: *Consciousness and Cognition* 10 (3), S. 356–365. DOI: 10.1006/ccog.2001.0509.
- Kjaer, T. W.; Nowak, M.; Kjaer, K. W.; Lou, A. R.; Lou, H. C. (2001): Precuneus–Prefrontal Activity during Awareness of Visual Verbal Stimuli. In: *Consciousness and Cognition* 10 (3), S. 356–365. DOI: 10.1006/ccog.2001.0509.
- Kjaer T.W., Lou H.C. (2000) interaction between precuneus and dorsolateral prefrontal cortex may play a unitary role in conciousness: a principal component analysis of rCBF. *Conscious Cogn*. 9:S59.
- Klein, S.; Smolka, M. N.; Wrase, J.; Grusser, S. M.; Mann, K.; Braus, D. F.; Heinz,

- A. (2003): The influence of gender and emotional valence of visual cues on fMRI activation in humans. In: *Pharmacopsychiatry* 36 Suppl 3, S. S191-4. DOI: 10.1055/s-2003-45129.
- Klein, K. J., & Hodges, S. D. (2001). Gender differences, motivation, and empathic accuracy: When it pays to understand. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 27(6), 720–730.
- Kliemann, D., Dziobek, I., Hatri, A., Baudewig, J., Heekeren, H.R. (2012): The role of the amygdala in atypical gaze on emotional faces in autism spectrum disorders. *Journal of Neuroscience*. 32(28): 9469-9476.
- Knight, George P.; Guthrie, Ivanna K.; Page, Melanie C.; Fabes, Richard A. (2002): Emotional arousal and gender differences in aggression: A meta-analysis. In *Aggr. Behav.* 28 (5), pp. 366-393. DOI: 10.1002/ab.80011.
- Koch, K., Pauly, K., Kellermann, T., Seiferth, N.Y., Reske, M., Backes, V., et al., 2007. Gender differences in the cognitive control of emotion: an fMRI study. *Neuropsychologia* 45 (12), 2744–2754.
- Koechlin E., Ody, C. & Kouneiher, F. (2003). The architecture of cognitive control in the human prefrontal cortex. *Science*, 302(5648), 1181-1185
- Koenigs, Michael; Young, Liane; Adolphs, Ralph; Tranel, Daniel; Cushman, Fiery; Hauser, Marc; Damasio, Antonio (2007): Damage to the prefrontal cortex increases utilitarian moral judgements. In: *Nature* 446 (7138), S. 908–911. DOI: 10.1038/nature05631.
- Kohlberg, L.: Stage and sequence: The cognitive-developmental approach to socialization. Chicago. In D. A. Goslin (Ed.), *Handbook of socialization theory and research*.
- Kohlberg, L., Levine, C., & Boyd, D. R.: Die Wiederkehr der sechsten Stufe: Gerechtigkeit, Wohlwollen und der Standpunkt der Moral. (1986). In Edelstein, W. & Nunner-Winkler, G. (Hrsg., *Zur Bestimmung der Moral*) (pp. 205–240).
- Kohlberg, L. (1969). Stage and sequence: The cognitive-developmental approach to socialization. Chicago: In D. A. Goslin (Ed.), *Handbook of socialization theory and research*.
- Kohlberg, Lawrence; Charles Levine; Alexandra Hower (1983). *Moral stages : a current formulation and a response to critics*. Basel, NY: Karger.
- Koscik, Tim; O’Leary, Dan; Moser, David J.; Andreasen, Nancy C.; Nopoulos, Peg (2009): Sex differences in parietal lobe morphology: Relationship to mental rotation performance. In: *Brain and Cognition* 69 (3), S. 451–459. DOI: 10.1016/j.bandc.2008.09.004.
- Koscik, Timothy; Bechara, Antoine; Tranel, Daniel (2010): Sex-related functional asymmetry in the limbic brain. In: *Neuropsychopharmacology* 35 (1), S. 340–341. DOI: 10.1038/npp.2009.122.

- Krach, Sören; Blümel, Isabelle; Marjoram, Dominic; Lataster, Tineke; Krabbendam, Lydia; Weber, Jochen et al. (2009): Are women better mindreaders? Sex differences in neural correlates of mentalizing detected with functional MRI. In: *BMC Neurosci* 10, S. 9. DOI: 10.1186/1471-2202-10-9.
- Krajbich I., Adolphs R., Tranel D., Denburg N. L., Camerer C. F. (2009). Economic games quantify diminished sense of guilt in patients with damage to the prefrontal cortex. *J. Neurosci.* 29, 2188–2192 10.1523/JNEUROSCI.5086-08.2009
- Kring, A. M., & Gordon, A. H. (1998). Gender differences in emotion: Expression, experience, and physiology. *Journal of Personality and Social Psychology*, 74, 686703.
- Kringelbach Morten L., Rolls Edmund T. (2004), The functional neuroanatomy of the human orbitofrontal cortex: evidence from neuroimaging and neuropsychology. *Progress in Neurobiology*. Volume 72, Issue 5, April 2004, Pages 341–372
- Kulynych, J. J.; Vldar, K.; Jones, D. W.; Weinberger, D. R. (1994): Gender differences in the normal lateralization of the supratemporal cortex: MRI surface-rendering morphometry of Heschl's gyrus and the planum temporale. In: *Cereb. Cortex* 4 (2), S. 107–118.
- Lagerspetz, K. M. J., Björkquist, K., & Peltonen, T. (1988). Is indirect aggression typical of females? Gender differences in 11- to 12-year old children. *Aggressive Behavior*, 4, 403-41
- Lautenbacher, Stefan (Hg.) (2007): *Gehirn und Geschlecht. Neurowissenschaft des kleinen Unterschieds zwischen Frau und Mann*; Heidelberg: Springer Medizin.
- Lautenbacher, Stefan; Güntürkün, Onur; Hausmann, Markus (Hg.) (2007): *Gehirn und Geschlecht*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Lavalaye, J.; Booij, J.; Reneman, L.; Habraken, J. B.; van Royen, E A (2000): Effect of age and gender on dopamine transporter imaging with 123IFP-CIT SPET in healthy volunteers. In: *Eur J Nucl Med* 27 (7), S. 867–869.
- LeDoux, J. E. (2000): Emotion circuits in the brain. In: *Annu Rev Neurosci* 23, S. 155–184. DOI: 10.1146/annurev.neuro.23.1.155.
- Lee, Tatia M C; Liu, Ho-Ling; Hoosain, Rumjahn; Liao, Wan-Ting; Wu, Chien-Te; Yuen, Kenneth S L et al. (2002): Gender differences in neural correlates of recognition of happy and sad faces in humans assessed by functional magnetic resonance imaging. In: *Neurosci Lett* 333 (1), S. 13–16.
- Lee, E. J., & Schumann, D. W. (2009). Proposing and testing the contextual gender influence theory: An examination of gender influence types on trust of computer agents. *Journal of Consumer Psychology*, 19(3), 440–450.
- Lenroot R.K., Giedd J.N. (2006) Brain development in children and adolescents: Insights from anatomical magnetic resonance imaging. *Neuroscience and*

- Leslie, Kenneth R.; Johnson-Frey, Scott H.; Grafton, Scott T. (2004): Functional imaging of face and hand imitation: towards a motor theory of empathy. In: *Neuroimage* 21 (2), S. 601–607. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2003.09.038.
- LeVay, S. (1991): A difference in hypothalamic structure between heterosexual and homosexual men. In: *Science* 253 (5023), S. 1034–1037.
- Levy, K. N.; Kelly, K. M. (2010): Sex Differences in Jealousy: A Contribution From Attachment Theory. In: *Psychological Science* 21 (2), S. 168–173. DOI: 10.1177/0956797609357708.
- Lewin C, Herlitz A (2002) Sex differences in face recognition – Women’s faces make the difference. *Brain Cognit* 50:121–128
- Lind, G./Grochelewsky, K./Langer, J., 1987: Haben Frauen eine andere Moral? Eine empirische Untersuchung von Studentinnen und Studenten in Österreich, der Bundesrepublik Deutschland und Polen. S.394-406 in L.Unterkircher /I.Wagner (Hrsg.), *Die andere Hälfte der Gesellschaft. Soziologische Befunde zu geschlechtsspezifischen Formen der Lebensbewältigung.* Wien: Verlag des Österreichischen Gewerkschaftsbundes.
- Linn, M. C.; Petersen, A. C. (1985): Emergence and characterization of sex differences in spatial ability: a meta-analysis. In: *Child Dev* 56 (6), S. 1479–1498.
- Lirgg, Cathy D., Gender Differences in self-confidence in physical activity: A meta-analysis of recent studies. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, Vol 13(3), Sep 1991, 294-310.
- Lithari, C; Frantzidis, C. A; Papadelis, C; Vivas, Ana B; Klados, M. A; Kourtidou-Papadeli, C et al. (2010): Are Females More Responsive to Emotional Stimuli? A Neurophysiological Study Across Arousal and Valence Dimensions. In: *Brain Topogr* 23 (1), S. 27–40. DOI: 10.1007/s10548-009-0130-5.
- Liu, Hesheng; Stufflebeam, Steven M.; Sepulcre, Jorge; Hedden, Trey; Buckner, Randy L. (2009): Evidence from intrinsic activity that asymmetry of the human brain is controlled by multiple factors. In: *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 106 (48), S. 20499–20503. DOI: 10.1073/pnas.0908073106.
- Lotze, Martin; Reimold, Matthias; Heymans, Ulrike; Laihinen, Arto; Patt, Marianne; Halsband, Ulrike (2009): Reduced ventrolateral fMRI response during observation of emotional gestures related to the degree of dopaminergic impairment in Parkinson disease. In: *J Cogn Neurosci* 21 (7), S. 1321–1331. DOI: 10.1162/jocn.2009.21087.
- Luders, E.; Gaser, C.; Narr, K. L.; Toga, A. W. (2009): Why Sex Matters: Brain Size Independent Differences in Gray Matter Distributions between Men and Women. In: *Journal of Neuroscience* 29 (45), S. 14265–14270. DOI: 10.1523/JNEUROSCI.2261-09.2009.

- Luders, E.; Narr, K. L.; Thompson, P. M.; Rex, D. E.; Woods, R. P.; Deluca, H. et al. (2006): Gender effects on cortical thickness and the influence of scaling. In: *Hum Brain Mapp* 27 (4), S. 314–324. DOI: 10.1002/hbm.20187.
- Luders, E.; Narr, K. L.; Thompson, P. M.; Woods, R. P.; Rex, D. E.; Jancke, L. et al. (2005): Mapping cortical gray matter in the young adult brain: effects of gender. In: *Neuroimage* 26 (2), S. 493–501. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2005.02.010.
- Luders, Eileen; Steinmetz, Helmuth; Jäncke, Lutz (2002): Brain size and grey matter volume in the healthy human brain. In: *Neuroreport* 13 (17), S. 2371–2374. DOI: 10.1097/01.wnr.0000049603.85580.da.
- Luo, Qian; Nakic, Marina; Wheatley, Thalia; Richell, Rebecca; Martin, Alex; Blair, R James R (2006): The neural basis of implicit moral attitude--an IAT study using event-related fMRI. In: *Neuroimage* 30 (4), S. 1449–1457. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2005.11.005.
- Lutz, C. A. (1990). Engendered emotion: Gender, power and the rhetoric of emotional control in American discourse. In C. A. Lutz & L. Abu-Lughod (Eds.), *Language and the politics of emotion: Studies in emotion and social interaction* (pp. 69-91). Cambridge University Press.
- Mackiewicz, K. L.; Sarinopoulos, I.; Cleven, K. L.; Nitschke, J. B. (2006): The effect of anticipation and the specificity of sex differences for amygdala and hippocampus function in emotional memory. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences* 103 (38), S. 14200–14205. DOI: 10.1073/pnas.0601648103.
- Maddock, R. J., Garrett, A. S., & Buonocore, M. H. (2003). Posterior cingulate cortex activation by emotional words: fMRI evidence from a valence decision task. *Human Brain Mapping*, 18, 30-41(2003)
- Mak, A.K.Y., Hu, Z.G., Zhang, J.X.X., Xiao, Z.W., Lee, T.M.C., 2009. Sex-related differences in neural activity during emotion regulation. *Neuropsychologia* 47 (13), 2900–2908.
- Mann, Sarah L.; Hazlett, Erin A.; Byne, William; Hof, Patrick R.; Buchsbaum, Monte S.; Cohen, Barry H. et al. (2011): Anterior and posterior cingulate cortex volume in healthy adults: effects of aging and gender differences. In: *Brain Res* 1401, S. 18–29. DOI: 10.1016/j.brainres.2011.05.050.
- Manstead, A.S.R., 1998. Gender differences in emotion. In: Norem, B.M.C.J.K. (Ed.), *The Gender and Psychology Reader*. New York University Press, New York, pp. 236–264.
- Marazziti, Donatella; Baroni, Stefano; Landi, Paola; Ceresoli, Diana; Dell’Osso, Liliana (2013): The neurobiology of moral sense: facts or hypotheses? In: *Ann Gen Psychiatry* 12 (1), S. 6. DOI: 10.1186/1744-859X-12-6.
- Martin, B. A. (2003). The influence of gender on mood effects in advertising. *Psychology & Marketing*, 20(3), 249–273.

- Masters MS, Sanders B (1993) Is the gender difference in mental rotation disappearing? *Behav Genet* 23:337–341
- Mathuranath, P. S.; George, A.; Cherian, P. J.; Alexander, A.; Sarma, S. G.; Sarma, P. S. (2003): Effects of age, education and gender on verbal fluency. In *J Clin Exp Neuropsychol* 25 (8), pp. 1057-1064. DOI: 10.1076/jcen.25.8.1057.16736.
- Matud, M. P. (2004). Gender differences in stress and coping styles. *Personality and Individual Differences*, 37(7), 1401–1415.
- McClure, Samuel M.; Li, Jian; Tomlin, Damon; Cypert, Kim S.; Montague, Latané M.; Montague, P. Read (2004): Neural correlates of behavioral preference for culturally familiar drinks. In: *Neuron* 44 (2), S. 379–387. DOI: 10.1016/j.neuron.2004.09.019.
- McLean, C. P., & Anderson, E. R. (2009). Brave men and timid women? A review of the gender differences in fear and anxiety. *Clinical Psychology Review*, 29(6), 496–505.
- McRae, K., Ochsner, K.N., Mauss, I.B., Gabrieli, J.J.D., Gross, J.J., 2008a. Gender differences in emotion regulation: an fMRI study of cognitive reappraisal. *Group Processes & Intergroup Relations* 11 (2), 143–162.
- McRae, K., Reiman, E.M., Fort, C.L., Chen, K., Lane, R.D., 2008b. Association between trait emotional awareness and dorsal anterior cingulate activity during emotion is arousal-dependent. *NeuroImage* 41 (2), 648–655.
- Mendez, Mario F. (2006): What frontotemporal dementia reveals about the neurobiological basis of morality. In: *Med Hypotheses* 67 (2), S. 411–418. DOI: 10.1016/j.mehy.2006.01.048.
- Menzler, K; Belke, M; Wehrmann, E; Krakow, K; Lengler, U; Jansen, A et al. (2011): Men and women are different: diffusion tensor imaging reveals sexual dimorphism in the microstructure of the thalamus, corpus callosum and cingulum. In: *Neuroimage* 54 (4), S. 2557–2562. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2010.11.029.
- Midha, V. (2012). Impact of consumer empowerment on online trust: An examination across genders. *Decision Support Systems*, 54(1), 198–205.
- Mietzel, G. (2002). Wege in die Entwicklungspsychologie. *Kindheit und Jugend* S. 282ff
- Miller, A. J., Worthington, E. L., Jr., & McDaniel, M. A. (2008). Gender and forgiveness: A meta-analytic review and research agenda. *Journal of Social and Clinical Psychology*, 27(8), 843–876.
- Mitchell, Jason P. (2008): Activity in right temporo-parietal junction is not selective for theory-of-mind. In: *Cereb Cortex* 18 (2), S. 262–271. DOI: 10.1093/cercor/bhm051.
- Moll J, Eslinger PJ, Oliveira-Souza R (2001) Frontopolar and anterior temporal

cortex activation in a moral judgment task: preliminary functional MRI results in normal subjects. *Arq Neuropsiquiatr* 59:657–664.

- Moll, Jorge; de Oliveira-Souza, Ricardo; Bramati, Ivanei E.; Grafman, Jordan (2002): Functional Networks in Emotional Moral and Nonmoral Social Judgments. In: *NeuroImage* 16 (3), S. 696–703. DOI: 10.1006/nimg.2002.1118.
- Moll, Jorge; de Oliveira-Souza, Ricardo; Eslinger, Paul J.; Bramati, Ivanei E.; Mourao-Miranda, Janaina; Andreiuolo, Pedro Angelo; Pessoa, Luiz (2002): The neural correlates of moral sensitivity: a functional magnetic resonance imaging investigation of basic and moral emotions. In: *J Neurosci* 22 (7), S. 2730–2736.
- Moll, Jorge; Zahn, Roland; de Oliveira-Souza, Ricardo; Krueger, Frank; Grafman, Jordan (2005): Opinion: The neural basis of human moral cognition. In: *Nat Rev Neurosci* 6 (10), S. 799–809. DOI: 10.1038/nrn1768.
- Moll, Jorge; de Oliveira-Souza, Ricardo (2007): Moral judgments, emotions and the utilitarian brain. In: *Trends in Cognitive Sciences* 11 (8), S. 319–321. DOI: 10.1016/j.tics.2007.06.001.
- Moll, Jorge; de Oliveira-Souza, Ricardo; Garrido, Griselda J.; Bramati, Ivanei E.; Caparelli-Daquer, Egas M. A.; Paiva, Mirella L. M. F. et al. (2007): The self as a moral agent: linking the neural bases of social agency and moral sensitivity. In: *Soc Neurosci* 2 (3-4), S. 336–352. DOI: 10.1080/17470910701392024.
- Moll, Jorge; Oliveira-Souza, Ricardo de (2007): Response to Greene: Moral sentiments and reason: friends or foes? In: *Trends in Cognitive Sciences* 11 (8), S. 323–324. DOI: 10.1016/j.tics.2007.06.011.
- Moll, J.; Oliveira-Souza, R. de; Zahn, R. (2008): The Neural Basis of Moral Cognition: Sentiments, Concepts, and Values. In: *Annals of the New York Academy of Sciences* 1124 (1), S. 161–180. DOI: 10.1196/annals.1440.005.
- Moll, Jorge; Schulkin, Jay (2009): Social attachment and aversion in human moral cognition. In: *Neuroscience & Biobehavioral Reviews* 33 (3), S. 456–465. DOI:10.1016/j.neubiorev.2008.12.001.
- Moll, Jorge; Zahn, Roland; de Oliveira-Souza, Ricardo; Bramati, Ivanei E.; Krueger, Frank; Tura, Bernardo et al. (2011): Impairment of prosocial sentiments is associated with frontopolar and septal damage in frontotemporal dementia. In: *Neuroimage* 54 (2), S. 1735–1742. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2010.08.026.
- Montagne, B., Kessels, R.P.C., Frigerio, E., de Haan, E.H.F., Perrett, D.I., 2005. Sex differences in the perception of affective facial expressions: do men really lack emotional sensitivity? *Cognitive Processing* 6, 136–141.
- Moor B. G., Güroğlu B., Op de Macks Z. A., Rombouts S. A., Van der Molen M. W., Crone E. (2011). Social exclusion and punishment of excluders: neural correlates and developmental trajectories. *Neuroimage* 59, 708–717

- Moriguchi, Yoshiya; Touroutoglou, Alexandra; Dickerson, Bradford C.; Barrett, Lisa Feldman (2014): Sex differences in the neural correlates of affective experience. In *Social Cognitive and Affective Neuroscience* 9 (5), pp. 591-600. DOI: 10.1093/scan/nst030.
- Morris, J.S. et al. (1996). A differential neural response in the human amygdala to fearful and happy facial expressions. *Nature*, 812-815.
- Mozley, L. H.; Gur, R. C.; Mozley, P. D.; Gur, R. E. (2001): Striatal dopamine transporters and cognitive functioning in healthy men and women. In: *Am J Psychiatry* 158 (9), S. 1492–1499.
- Narumoto, J.; Okada, T.; Sadato, N.; Fukui, K.; Yonekura, Y. (2001): Attention to emotion modulates fMRI activity in human right superior temporal sulcus. In: *Brain Res Cogn Brain Res* 12 (2), S. 225–231.
- Neave, N.; Menaged, M.; Weightman, D. R. (1999): Sex differences in cognition: the role of testosterone and sexual orientation. In *Brain Cogn* 41 (3), pp. 245-262. DOI: 10.1006/brcg.1999.1125.
- Neff, L.A., Karney, B.R., 2005. Gender differences in social support: a question of skill or responsiveness? *Journal of Personality and Social Psychology* 88 (1), 79–90.
- Nicholls, John G. (1975): Causal attributions and other achievement-related cognitions. Effects of task outcome, attainment value, and sex. *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol 31(3), Mar 1975, 379-389.
- Nolen-Hoeksema, S., 1990. *Sex Differences in Depression*. Stanford University Press, Palo Alto, CA.
- Nolen-Hoeksema, S., Jackson, B., (2001). Mediators of the gender difference in rumination. *Psychology of Women Quarterly* 25 (1), 37–47.
- Nolen-Hoeksema, S. (2012). Emotion regulation and psychopathology: The role of gender. *Annual Review of Clinical Psychology*, 8, 161–187.
- Nopoulos, P.; Flaum, M.; O'Leary, D.; Andreasen, N. C. (2000): Sexual dimorphism in the human brain: evaluation of tissue volume, tissue composition and surface anatomy using magnetic resonance imaging. In: *Psychiatry Res* 98 (1), S. 1–13
- Nunner-Winkler, G. (2007). Zum Verständnis von Moral — Entwicklungen in der Kindheit. *Moralentwicklung von Kindern und Jugendlichen*, 51–76.
- Nunner-Winkler, G., & Sodian, B. (1988). Children's understanding of moral emotions. *Child Development* (59), 1323–1338.
- Nunner-Winkler, G. 1994, *Eine weibliche Moral? Differenz als Ressource im Verteilungskampf*.

- Nussey S, Whitehead S., 2001, *Endocrinology an integrated approach*. Oxford: BIOS Scientific Publishers;
- O'Doherty J, Kringelbach ML, Rolls ET, Hornak J, Andrews C.(2001) Abstract reward and punishment representations in the human orbitofrontal cortex. *Nat Neurosci*. 2001 Jan;4(1):95-102. PMID: 11135651
- Orsini A, Grossi D, Capitani E, Laiacona M, Papagno C, Vallar G (1987): Verbal and spatial immediate memory span: Normative data from 1355 adults and 1112 children. *Italian J Neurol Sci* 8:539–548
- Padoa-Schioppa C (2007) Orbitofrontal cortex and the computation of economic value. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1121: 232-253.
- Pakkenberg, B.; Gundersen, H. J. (1997): Neocortical neuron number in humans: effect of sex and age. In: *J. Comp. Neurol* 384 (2), S. 312–320.
- Pascual, Leo; Rodrigues, Paulo; Gallardo-Pujol, David (2013): How does morality work in the brain? A functional and structural perspective of moral behavior. In: *Front Integr Neurosci* 7, S. 65. DOI: 10.3389/fnint.2013.00065.
- Pease, A., & Pease, B. (1999). *Why Men Don't Listen and Women Can't Read Maps: How We're Different and What to Do About it*. London: Orion Publishing Group.
- Peters,M.; Laeng,B.; Latham,K.; Jackson,M.; Zaiyouna,R. & Richardson,C. (1995). A redrawn Vandenberg and Kuse Mental Rotations Test: Different versions and factors that affect performance. *Brain and Cognition*, 28, 39-58.
- Peters,M.; Lehmann,W.; Takahira,S.; Takeuchi,Y. & Jordan,K. (2006). Mental rotation test performance in four cross-cultural samples (n = 3367): overall sex differences and the role of academic program in performance. *Cortex*, 42 (7), 1005-1014.
- Pezoldt, Kerstin; Schlieve, Jana; Willbrandt, Klaus W. (2010): Sexualdimorphismen im Kaufentscheidungsprozess. In: *markt* 49 (3-4), S. 185–199. DOI: 10.1007/s12642-010-0040-9.
- Phillips, K., & Silverman, I. (1997). Differences in the relationship of menstrual cycle phase to spatial performance on two- and three-dimensional tasks. *Hormones and Behavior*, 32, 167-175.
- Piaget, J. (1965). *The moral judgement of the child*. New York: Free Press.
- Piefke, M., Weiss, P.H., Markowitsch, H.J., Fink, G.R., 2005. Gender differences in the functional neuroanatomy of emotional episodic autobiographical memory. *Human Brain Mapping* 24 (4), 313–324.
- Pitychoutis, Pothitos M.; Papadopoulou-Daifoti, Zeta (2010): Of depression and immunity: does sex matter? In: *Int. J. Neuropsychopharmacol* 13 (5), S. 675–689. DOI: 10.1017/S1461145710000465.
- Poldrack, R.A., 2010. Interpreting developmental changes in neuroimaging signals. *Human Brain Mapping* 31 (6), 872–878.

- Prehn K., Wartenburger I., Meriau K., Scheibe C., Goodenough O. R., Villringer A. (2008). Individual differences in moral judgment competence influence neural correlates of socio-normative judgments. *Soc. Cogn. Affect. Neurosci.* 3, 33–46 10.1093/scan/nsm037
- Pritzel, Monika; Brand, Matthias; Markowitsch, Hans J. (2009): *Gehirn und Verhalten. Ein Grundkurs der physiologischen Psychologie.* Heidelberg: Spektrum, Akad. Verl. 5106597
- Rahman, Qazi; Abrahams, Sharon; Wilson, Glenn D. (2003): Sexual-orientation-related differences in verbal fluency. In *Neuropsychology* 17 (2), pp. 240-246.
- Reiman, E. M.; Armstrong, S. M.; Matt, K. S.; Mattox, J. H. (1996): The application of positron emission tomography to the study of the normal menstrual cycle. In: *Hum. Reprod.* 11 (12), S. 2799–2805.
- Reiman, EM, Lane, RD, Ahern, GL, Schwartz, GE, Davidson, RJ, Yun, LS. Neuroanatomical correlates of normal human emotion. *Soc Neurosci Abstr.* 1993;19:371.
- Robichaud, M., Dugas, M. J., & Conway, M. (2003). Gender differences in worry and associated cognitive-behavioral variables. *Journal of Anxiety Disorders*, 17(5), 501–516.
- Rogers, Lesley J. (2010): Sexing the Brain: The Science and Pseudoscience of Sex Differences. In: *The Kaohsiung Journal of Medical Sciences* 26 (6), S. S4. DOI: 10.1016/S1607-551X(10)70051-6.
- Rosip, J.C., Hall, J.A., 2004. Knowledge of nonverbal cues, gender, and nonverbal decoding accuracy. *Journal of Nonverbal Behavior* 28 (4), 267–286.
- Rorie, Alan E.; Newsome, William T. (2005): A general mechanism for decision-making in the human brain? In: *Trends Cogn. Sci. (Regul. Ed.)* 9 (2), S. 41–43. DOI: 10.1016/j.tics.2004.12.007.
- Ross, Elliott D.; Monnot, Marilee (2010): Affective prosody: What do comprehension errors tell us about hemispheric lateralization of emotions, sex and aging effects, and the role of cognitive appraisal. In: *Neuropsychologia*. DOI: 10.1016/j.neuropsychologia.2010.12.024.
- Rothmayr, Christoph; Sodian, Beate; Hajak, Göran; Döhnell, Katrin; Meinhardt, Jörg; Sommer, Monika (2011): Common and distinct neural networks for false-belief reasoning and inhibitory control. In: *Neuroimage* 56 (3), S. 1705–1713. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2010.12.052.
- Rudman, L.A. & Fairchild, K. (2004). Reactions to counterstereotypic behavior: The role of backlash in cultural stereotype maintenance. *Journal of Personality and Social Psychology*, 87 (2), 157-76.
- Rudman, L.A. & Glick, P. 1999. Feminized management and backlash toward agentic women: The hidden costs to women of a kinder, gentler image of

middle-managers. *Journal of Personality and Social Psychology*, 77, 1004-10

Rushton, J. Philippe : Corrections to a paper on race and sex differences in brain size and intelligence., Department of Psychology, University of Western Ontario, London, Ontario N6A 5C2, Canada 5 September 1992

Sabatinelli, Dean; Flaisch, Tobias; Bradley, Margaret M.; Fitzsimmons, Jeffrey R.; Lang, Peter J. (2004): Affective picture perception: gender differences in visual cortex? In: *Neuroreport* 15 (7), S. 1109–1112.

Sacher, Julia; Neumann, Jane; Okon-Singer, Hadas; Gotowiec, Sarah; Villringer, Arno (2013): Sexual dimorphism in the human brain: evidence from neuroimaging. In: *Magnetic Resonance Imaging* 31 (3), S. 366–375. DOI: 10.1016/j.mri.2012.06.007.

Saver, J. L.; Damasio, A. R. (1991): Preserved access and processing of social knowledge in a patient with acquired sociopathy due to ventromedial frontal damage. In: *Neuropsychologia* 29 (12), S. 1241–1249.

Saxe, R; Carey, S; Kanwisher, N (2004): Understanding Other Minds: Linking Developmental Psychology and Functional Neuroimaging. In: *Annu. Rev. Psychol* 55 (1), S. 87–124. DOI: 10.1146/annurev.psych.55.090902.142044.

Saxe, R; Xiao, D.-K; Kovacs, G.; Perrett, D.I; Kanwisher, N (2004): A region of right posterior superior temporal sulcus responds to observed intentional actions. In: *Neuropsychologia* 42 (11), S. 1435–1446. DOI: 10.1016/j.neuropsychologia.2004.04.015.

Saxe, R., & Powell, L. (2006). It's the thought that counts: Specific brain regions for one component of theory of mind. *Psychological Science*, 17(8), 692-699.

Shackman AJ et al. (2011) The integration of negative affect, pain and cognitive control in the cingulate cortex. *Nat Rev Neurosci*. 2011 Mar;12(3):154-67. doi: 10.1038/nrn2994

Schaich Borg J, Hynes C, Van Horn J, Grafton S, Sinnott-Armstrong W (2006). Consequences, Action, and Intention as Factors in Moral Judgments: An fMRI Investigation. *Journal of Cognitive Neuroscience* 18:803-817.

Schienenle, Anne; Schäfer, Axel; Stark, Rudolf; Walter, Bertram; Vaitl, Dieter (2005): Gender differences in the processing of disgust- and fear-inducing pictures: an fMRI study. In: *Neuroreport* 16 (3), S. 277–280.

Schienenle, Anne, (2007), Geschlechterdifferenzen in der Emotionalität aus der Sicht des Neuroimaging. In Lautenbacher, Stefan (Hg.) (2007): *Gehirn und Geschlecht. Neurowissenschaft des kleinen Unterschieds zwischen Frau und Mann*; Heidelberg: Springer Medizin. S. 143-159

F. Schneider, & G. R. Fink (Hrsg.), *Funktionelle MRT in Psychiatrie und Neurologie*. (S. 62-87; 150-155). Heidelberg: Springer Medizin Verlag. 2007

Schneider, F.; Habel, U.; Kessler, C.; Salloum, J. B.; Posse, S. (2000): Gender differences in regional cerebral activity during sadness. In: *Hum Brain Mapp*

9 (4), S. 226–238.

- Seidnitz, L., & Diener, E. (1998). Sex differences in the recall of affective experiences. *Journal of Personality and Social Psychology*, 74, 262–271.
- Shapleske, J.; Rossell, S. L.; Woodruff, P. W.; David, A. S. (1999): The planum temporale: a systematic, quantitative review of its structural, functional and clinical significance. In: *Brain Res. Brain Res. Rev.* 29 (1), S. 26–49.
- Shenhav, Amitai; Greene, Joshua D. (2010): Moral Judgments Recruit Domain-General Valuation Mechanisms to Integrate Representations of Probability and Magnitude. In: *Neuron* 67 (4), S. 667–677. DOI: 10.1016/j.neuron.2010.07.020.
- Shin, Yong-Wook; Kim, Dae Jin; Ha, Tae Hyon; Park, Hae-Jeong; Moon, Won-Jin; Chung, Eun Chul et al. (2005): Sex differences in the human corpus callosum: diffusion tensor imaging study. In: *Neuroreport* 16 (8), S. 795–798.
- Shirao, N., Okamoto, Y., Okada, G., Ueda, K., Yamawaki, S., (2005). Gender differences in brain activity toward unpleasant linguistic stimuli concerning interpersonal relationships: an fMRI study. *European Archives of Psychiatry and Clinical Neuroscience* 255 (5), 327–333.
- Silani, G.; Lamm, C.; Ruff, C. C.; Singer, T. (2013): Right Supramarginal Gyrus Is Crucial to Overcome Emotional Egocentricity Bias in Social Judgments. In: *Journal of Neuroscience* 33 (39), S. 15466–15476. DOI: 10.1523/JNEUROSCI.1488-13.2013.
- Simić, Natasa; Gregov, Ljiljana (2009): [Sex hormones and cognitive functioning of women]Spolni hormoni i kognitivnofunkcioniranje žena. In *Arhiv za higijenu rada i toksikologiju* 60 (3), pp. 363-374. DOI: 10.2478/10004-1254-60-2009-1911.
- Singer, Tania (2006): The neuronal basis and ontogeny of empathy and mind reading: review of literature and implications for future research. In: *Neurosci Biobehav Rev* 30 (6), S. 855–863. DOI: 10.1016/j.neubiorev.2006.06.011.
- Smith, Y. R.; Minoshima, S.; Kuhl, D. E.; Zubieta, J. K. (2001): Effects of long-term hormone therapy on cholinergic synaptic concentrations in healthy postmenopausal women. In: *J Clin Endocrinol Metab* 86 (2), S. 679–684.
- Smith, Y. R.; Zubieta, J. K.; del Carmen, M G; Dannals, R. F.; Ravert, H. T.; Zacur, H. A.; Frost, J. J. (1998): Brain opioid receptor measurements by positron emission tomography in normal cycling women: relationship to luteinizing hormone pulsatility and gonadal steroid hormones. In: *J Clin Endocrinol Metab* 83 (12), S. 4498–4505.
- Sommer, Monika; Döhnell, Katrin; Sodian, Beate; Meinhardt, Jörg; Thoermer, Claudia; Hajak, Göran (2007): Neural correlates of true and false belief reasoning. In: *Neuroimage* 35 (3), S. 1378–1384. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2007.01.042.
- Sommer, Monika; Meinhardt, Jörg; Eichenmüller, Kerstin; Sodian, Beate; Döhnell, Katrin; Hajak, Göran (2010): Modulation of the cortical false belief network

- during development. In: *Brain Res.* 1354, S. 123–131. DOI: 10.1016/j.brainres.2010.07.057.
- Sommer, Monika; Rothmayr, Christoph; Döhnel, Katrin; Meinhardt, Jörg; Schwerdtner, Johannes; Sodian, Beate; Hajak, Göran (2010): How should I decide? The neural correlates of everyday moral reasoning. In: *Neuropsychologia* 48 (7), S. 2018–2026. DOI: 10.1016/j.neuropsychologia.2010.03.023.
- Sommer, Monika; Meinhardt, Jörg; Rothmayr, Christoph; Döhnel, Katrin; Hajak, Göran; Rupperecht, Rainer; Sodian, Beate (2014): Me or you? Neural correlates of moral reasoning in everyday conflict situations in adolescents and adults. In: *Soc Neurosci*, S. 1–19. DOI: 10.1080/17470919.2014.933714.
- Sowell, Elizabeth R.; Peterson, Bradley S.; Kan, Eric; Woods, Roger P.; Yoshii, June; Bansal, Ravi et al. (2007): Sex differences in cortical thickness mapped in 176 healthy individuals between 7 and 87 years of age. In: *Cereb. Cortex* 17 (7), S. 1550–1560. DOI: 10.1093/cercor/bhl066.
- Spasojevic, Goran; Malobabic, Slobodan; Suscevic, Dusan; Miljkovic, Zeljka (2004): Morphometric variability of precuneus in relation to gender and the hemisphere of human brain. In: *Vojnosanit Pregl* 61 (4), S. 365–370.
- Spasojević, Goran; Stojanović, Zlatan; Susćević, Dusan; Malobabić, Slobodan; Rafajlovski, Saso; Tatić, Vujadin (2010): [Asymmetry and sexual dimorphism of the medial frontal gyrus visible surface in humans]. In: *Vojnosanit Pregl* 67 (2), S. 123–127.
- Staley, J. K.; Krishnan-Sarin, S.; Zoghbi, S.; Tamagnan, G.; Fujita, M.; Seibyl, J. P. et al. (2001): Sex differences in [123I]beta-CIT SPECT measures of dopamine and serotonin transporter availability in healthy smokers and nonsmokers. In: *Synapse* 41 (4), S. 275–284. DOI: 10.1002/syn.1084.
- Stoeckel, Cornelia; Gough, Patricia M.; Watkins, Kate E.; Devlin, Joseph T. (2009): Supramarginal gyrus involvement in visual word recognition. In: *Cortex* 45 (9), S. 1091–1096. DOI: 10.1016/j.cortex.2008.12.004.
- Stoyanova, M., & Hope, D. A. (2012). Gender, gender roles, and anxiety: Perceived confirmability of self report, behavioral avoidance, and physiological reactivity. *Journal of Anxiety Disorders*, 26(1), 206–214.
- Swaab, D. F.; Gooren, L. J.; Hofman, M. A. (1995): Brain research, gender and sexual orientation. In: *J Homosex* 28 (3-4), S. 283–301. DOI: 10.1300/J082v28n03_07.
- Swaab, D. F.; Hofman, M. A. (1988): Sexual differentiation of the human hypothalamus: ontogeny of the sexually dimorphic nucleus of the preoptic area. In: *Brain Res. Dev. Brain Res.* 44 (2), S. 314–318.
- Swaab, Dick F.; Garcia-Falgueras, Alicia (2009): Sexual differentiation of the human brain in relation to gender identity and sexual orientation. In: *Funct. Neurol.* 24 (1), S. 17–28.

- Takahashi, Hidehiko; Matsuura, Masato; Yahata, Noriaki; Koeda, Michihiko; Suhara, Tetsuya; Okubo, Yoshiro (2006): Men and women show distinct brain activations during imagery of sexual and emotional infidelity. In: *Neuroimage* 32 (3), S. 1299–1307. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2006.05.049.
- Tamres, L. K., Janicki, D., & Helgeson, V. S. (2002). Sex differences in coping behavior: A meta-analytic review and an examination of relative coping. *Personality and Social Psychology Review*, 6(1), 2–30.
- Tessitore, Alessandro; Hariri, Ahmad R.; Fera, Francesco; Smith, William G.; Das, Saumitra; Weinberger, Daniel R.; Mattay, Venkata S. (2005): Functional changes in the activity of brain regions underlying emotion processing in the elderly. In: *Psychiatry Res* 139 (1), S. 9–18. DOI: 10.1016/j.psychresns.2005.02.009.
- Thomas, Bradley C.; Croft, Katie E.; Tranel, Daniel (2011): Harming Kin to Save Strangers: Further Evidence for Abnormally Utilitarian Moral Judgments after Ventromedial Prefrontal Damage. In: *Journal of Cognitive Neuroscience* 23 (9), S. 2186–2196. DOI: 10.1162/jocn.2010.21591.
- Thomas, K.M., Drevets, W.C., Whalen, P.J., Eccard, C.H., Dahl, R.E., Ryan, N.D., et al., 2001. Amygdala response to facial expressions in children and adults. *Biological Psychiatry* 49 (4), 309–316.
- Thomson, Judith Jarvis (1976) , Killing, Letting Die, and the Trolley Problem, 59 *The Monist* 204-17 and (1985) , The Trolley Problem, 94 *Yale Law Journal* 1395-1415
- Tian, Lixia; Wang, Jinhui; Yan, Chaogan; He, Yong (2011): Hemisphere- and gender-related differences in small-world brain networks: A resting-state functional MRI study. In: *NeuroImage* 54 (1), S. 191–202. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2010.07.066.
- Torres, A.; Gomez-Gil, E.; Vidal, A.; Puig, O.; Boget, T.; Salamero, M. (2006): Gender differences in cognitive functions and influence of sex hormones. In *Actas Esp Psiquiatr* 34 (6), pp. 408-415.
- Toufexis, D. J., Myers, K. M., & Davis, M. (2006). The effect of gonadal hormones and gender on anxiety and emotional learning. *Hormones and Behavior*, 50(4), 539–549.
- Tranel D, Damasio H, Denburg NL, Bechara A. (2005) Does gender play a role in functional asymmetry of ventromedial prefrontal cortex. *Brain*. 2005;128:2872–2881.
- Tranel D, Bechara A. (2009) Sex-related functional asymmetry of the amygdala: preliminary evidence using a case-matched lesion approach. *Neurocase*. 2009;15:217–234
- Tsetsenis, Theodoros; Ma, Xiao-Hong; Lo Iacono, Luisa; Beck, Sheryl G.; Gross, Cornelius (2007): Suppression of conditioning to ambiguous cues by pharmacogenetic inhibition of the dentate gyrus. In: *Nat Neurosci* 10 (7), S. 896–902. DOI: 10.1038/nn1919.

- van Amelsvoort, T.; Compton, J.; Murphy, D. (2001): In vivo assessment of the effects of estrogen on human brain. In: Trends Endocrinol. Metab. 12 (6), S. 273–276.
- Vingerhoets, A., Vanheck, G.L., 1990. Gender, coping and psychosomatic symptoms. Psychological Medicine 20 (1), 125–135.
- K. Voegeley, M. Kurthen, P. Falkai & W. Maier (1999) The prefrontal cortex generates the basic constituents of the self. *Consciousness and Cognition* 8:343-363
- Vogt, Silke (2012) Neuronale Korrelate moralischer Urteile bei forensischen Suchtpatienten: eine fMRT Studie. Dissertation, Universität Regensburg
- Völlm, Birgit A.; Taylor, Alexander N W; Richardson, Paul; Corcoran, Rhiannon; Stirling, John; McKie, Shane et al. (2006): Neuronal correlates of theory of mind and empathy: a functional magnetic resonance imaging study in a nonverbal task. In: Neuroimage 29 (1), S. 90–98. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2005.07.022.
- Voyer D, Voyer S, Bryden MP (1995) Magnitude of sex differences in spatial abilities: a meta-analysis and consideration of critical variables. Psychol Bull 117:250–270
- Vrana, S.R., Rollock, D., 2002. The role of ethnicity, gender, emotional content, and contextual differences in physiological, expressive, and self-reported emotional responses to imagery. *Cognition & Emotion* 16 (1), 165–192.
- Walker, L.J., 1986: Cognitive processes in moral development. S.109-145 in G.L. Sapp (Hrsg.), Handbook of moral development. Birmingham, Al: Religious Education Press.
- Walker, L. J. (2006). Gender and morality. In M. Killen, & J. Smetana (Eds.), Handbook of moral psychology (pp. 93–115). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Wallis, J.D. (2007) Orbitofrontal cortex and its contribution to decision making. *Annu Rev Neurosci.* 2007;30:31-56
- Watson NV, Kimura D (1991) Nontrivial sex differences in throwing and intercepting: relation to psychometrically-defined spatial functions. *Personal Individ Differ* 12:375–385
- Weiss, E.; Siedentopf, C. M.; Hofer, A.; Deisenhammer, E. A.; Hoptman, M. J.; Kremser, C. et al. (2003): Sex differences in brain activation pattern during a visuospatial cognitive task: a functional magnetic resonance imaging study in healthy volunteers. In: *Neurosci. Lett.* 344 (3), S. 169–172.
- Weiss, E. M.; Deisenhammer, E. A.; Hinterhuber, H.; Marksteiner, J. (2005): Gender differences in cognitive functions. In: *Fortschr Neurol Psychiatr* 73 (10), S. 587–595. DOI: 10.1055/s-2004-830296.
- Weissman, D. H.; Gopalakrishnan, A.; Hazlett, C. J.; Woldorff, M. G. (2005): Dorsal anterior cingulate cortex resolves conflict from distracting stimuli by boosting

- attention toward relevant events. In: *Cereb Cortex* 15 (2), S. 229–237. DOI: 10.1093/cercor/bhh125.
- Weissman-Fogel, Irit; Moayedi, Massieh; Taylor, Keri S.; Pope, Geoff; Davis, Karen D. (2010): Cognitive and default-mode resting state networks: Do male and female brains “rest” differently? In: *Hum. Brain Mapp.*, S. n/a. DOI: 10.1002/hbm.20968.
- Welborn, B. L.; Papademetris, X.; Reis, D. L.; Rajeevan, N.; Bloise, S. M.; Gray, J. R. (2009): Variation in orbitofrontal cortex volume: relation to sex, emotion regulation and affect. In: *Social Cognitive and Affective Neuroscience* 4 (4), S. 328–339. DOI: 10.1093/scan/nsp028.
- Westerhausen, René; Kreuder, Frank; Dos Santos Sequeira, Sarah; Walter, Christof; Woerner, Wolfgang; Wittling, Ralf Arne et al. (2004): Effects of handedness and gender on macro- and microstructure of the corpus callosum and its subregions: a combined high-resolution and diffusion-tensor MRI study. In: *Brain Res Cogn Brain Res* 21 (3), S. 418–426. DOI: 10.1016/j.cogbrainres.2004.07.002.
- Westerhausen, René; Walter, Christof; Kreuder, Frank; Wittling, Ralf Arne; Schweiger, Elisabeth; Wittling, Werner (2003): The influence of handedness and gender on the microstructure of the human corpus callosum: a diffusion-tensor magnetic resonance imaging study. In: *Neurosci. Lett.* 351 (2), S. 99–102.
- Whittle, Sarah; Yücel, Murat; Yap, Marie B H; Allen, Nicholas B. (2011): Sex differences in the neural correlates of emotion: evidence from neuroimaging. In *Biological psychology* 87 (3), pp. 319–333. DOI: 10.1016/j.biopsycho.2011.05.003.
- Wildgruber, D., Pihan, H., Ackermann, H., Erb, M., Grodd, W., 2002. Dynamic brain activation during processing of emotional intonation: influence of acoustic parameters, emotional valence, and sex. *Neuroimage* 15 (4), 856–869.
- Williams, L.M., Barton, M.J., Kemp, A.H., Liddell, B.J., Peduto, A., Gordon, E., et al., 2005. Distinct amygdala-autonomic arousal profiles in response to fear signals in healthy males and females. *NeuroImage* 28 (3), 618–626.
- Witelson, D. F. (1976): Sex and the single hemisphere: specialization of the right hemisphere for spatial processing. In: *Science* 193 (4251), S. 425–427.
- Witelson, S. F.; Glezer, I. I.; Kigar, D. L. (1995): Women have greater density of neurons in posterior temporal cortex. In: *J. Neurosci.* 15 (5 Pt 1), S. 3418–3428.
- Wolff, Sarah; Puts, David A. (2009): Sex Differences: Summarizing More Than a Century of Scientific Research. In: *Arch Sex Behav* 38 (6), S. 1070–1072. DOI: 10.1007/s10508-009-9538-y.
- Wrase, Jana; Klein, Sabine; Gruesser, Sabine M.; Hermann, Derik; Flor, Herta; Mann, Karl et al. (2003): Gender differences in the processing of standardized emotional visual stimuli in humans: a functional magnetic resonance imaging study. In: *Neurosci. Lett.* 348 (1), S. 41–45.

- Yamasue, H; Abe, O; Suga, M; Yamada, H; Rogers, M. A; Aoki, S et al. (2008): Sex-Linked Neuroanatomical Basis of Human Altruistic Cooperativeness. In: *Cerebral Cortex* 18 (10), S. 2331–2340. DOI: 10.1093/cercor/bhm254.
- Yoshida, T.; Kuwabara, Y.; Sasaki, M.; Fukumura, T.; Ichimiya, A.; Takita, M. et al. (2000): Sex-related differences in the muscarinic acetylcholinergic receptor in the healthy human brain--a positron emission tomography study. In: *Ann Nucl Med* 14 (2), S. 97–101.
- Young, L.; Koenigs, M. (2007): Investigating emotion in moral cognition: a review of evidence from functional neuroimaging and neuropsychology. In: *British Medical Bulletin* 84 (1), S. 69–79. DOI: 10.1093/bmb/ldm031.
- Young, Liane; Bechara, Antoine; Tranel, Daniel; Damasio, Hanna; Hauser, Marc; Damasio, Antonio (2010): Damage to ventromedial prefrontal cortex impairs judgment of harmful intent. In: *Neuron* 65 (6), S. 845–851. DOI: 10.1016/j.neuron.2010.03.003.
- Young, Liane; Dodell-Feder, David; Saxe, Rebecca (2010): What gets the attention of the temporo-parietal junction? An fMRI investigation of attention and theory of mind. In: *Neuropsychologia* 48 (9), S. 2658–2664. DOI: 10.1016/j.neuropsychologia.2010.05.012.
- Young, Liane; Dungan, James (2012): Where in the brain is morality? Everywhere and maybe nowhere. In: *Social Neuroscience* 7 (1), S. 1–10. DOI: 10.1080/17470919.2011.569146.
- Young L., Saxe R.: The neural basis of belief encoding and integration in moral judgment. (*Neuroimage*. 2008 May 1;40(4):1912-20. doi: 10.1016/j.neuroimage.2008.01.057. Epub 2008 Feb 14.).
- Youssef, Farid F.; Dookeeram, Karine; Basdeo, Vasant; Francis, Emmanuel; Doman, Mekaheel; Mamed, Danielle et al. (2012): Stress alters personal moral decision making. In: *Psychoneuroendocrinology* 37 (4), S. 491–498. DOI: 10.1016/j.psyneuen.2011.07.017.
- Zellerhoff C., Dissertation (2000) Geschlechtsbezogene Produktpositionierung, Berlin, Techn. Univ., Diss., S.47
- Zhou, J. N.; Hofman, M. A.; Gooren, L. J.; Swaab, D. F. (1995): A sex difference in the human brain and its relation to transsexuality. In: *Nature* 378 (6552), S. 68–70. DOI: 10.1038/378068a0.
- Zuo, X.-N.; Kelly, C.; Di Martino, A.; Mennes, M.; Margulies, D. S.; Bangaru, S. et al. (2010): Growing Together and Growing Apart: Regional and Sex Differences in the Lifespan Developmental Trajectories of Functional Homotopy. In: *Journal of Neuroscience* 30 (45), S. 15034–15043. DOI: 10.1523/JNEUROSCI.2612-10.2010.
- Zysset, S., Huber, O., Ferstl, E. D. Y., and von Cramon. (2002). The anterior frontomedian cortex and evaluative judgment: an fMRI study. *Neuroimage* 15, 983–991. doi: 10.1006/nimg.2001.1008

7. Abbildungs- und Tabellenverzeichnis:

Abbildung 1.1	Moral Brain – Areale des moralischen Urteilens - Schittbild.....	24
Abbildung 1.2:	Moral Brain – Areale des moralischen Urteilens - Draufsicht	24
Abbildung 3.1	Variablenausprägung Alter, Depressivität, Intelligenzquotient	53
Abbildung 3.2. :	Schematische Darstellung des Experiments im fMRT-Scanner.....	56
Abbildung 4.1.:	Antwortverhalten im MRT.....	64
Abbildung 4.2.:	Antwortverhalten, Gefühl & Sicherheit im Vergleich	66
Abbildung 4.3:	Mehraktivierung $m > n$ abgebildet auf ein Glashirn.....	67
Abbildung 4.4:	fMRT Schnittbilder der signifikanten Mehraktivierungen im Kontrast $M > N$	68
Abbildung 4.5:	Mehraktivierung $m > um$. Glashirn;.....	69
Abbildung 4.6:	Aktivierung abgebildet auf dem MNI-Template.....	69
Abbildung 4.7	:signifikante Mehraktivierung beim Kontrast $\text{♀} > \text{♂}$ ($M > N$).....	70
Abbildung 4.8:	Aktivierung des Kontrastes $\text{♀} > \text{♂}$ ($M > N$) abgebildet auf ein MNI-Template.....	70

Tabellenverzeichnis:

Tabelle 1.1.:	Stufenentwicklung der Moral.....	10
Tabelle 2.1:	Neuroanatomisch identifizierte Sexualdimorphismen.....	35
Tabelle 4.1.	signifikante Mehraktivierungen im Kontrast $M > N$	68

8. Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich herzlich bei Professor Dr. med. G. Hajak an der Klinik für Psychiatrie, Psychotherapie und Psychosomatik Bamberg für die Überlassung dieses hochinteressanten Themas bedanken.

Ganz besonders danken möchte ich Frau PD Dr. Monika Sommer, Leiterin der Abteilung für Emotionen und soziale Kognitionen an der Universität Regensburg für die sehr gute fachliche Unterstützung, die Ermutigung und die Auseinandersetzung mit den vielen Ideen während des Projekts.

Außerdem danke ich Herrn Dr. Christoph Rothmayr, der für mich gerade in der Anfangszeit mit den Untersuchungen im fMRT eine große Hilfe und Unterstützung war. Großer Dank gilt auch all den an dieser Studie beteiligten Versuchspersonen!

Mein Dank gilt last but not least all den lieben Menschen in meiner großen Familie - besonders meinem Mann Felix - deren Liebe und Zuwendung mir stets Hilfe und Motivation bedeutete.

9. Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Die aus anderen Quellen direkt oder indirekt übernommenen Daten und Konzepte sind unter Angabe der Quelle gekennzeichnet. Es wurde keine entgeltliche Hilfe von Vermittlungs- bzw. Beratungsdiensten (Promotionsberater oder andere Personen) in Anspruch genommen. Auch wurde die Arbeit bisher keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Magdalena Resch

10. Anhang

10.1. Versuchspersonendaten Formblatt

10.2. Einverständniserklärung und Kontraindikation

10.3. Mehrfachwahl-Wortschatz-Intelligenztest (MWT-B)

10.4. Beck Depressionsinventar (BDI)

10.1 Versuchspersonendaten Formblatt

Datum: _____

Versuchspersonendaten I

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

Geschlecht: weiblich männlich

Händigkeit: rechts links beide

Familienstand: ledig
 in Partnerschaft lebend
 verheiratet
 geschieden
 verwitwet

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

Beruf: in Ausbildung
 berufstätig
 Arbeitslos
 Berentet
 Keine Angabe

Waren Sie schon einmal in psychiatrischer oder neurologischer Behandlung?

ja, und zwar wegen: _____
 nein

10.2 Einverständniserklärung

Einverständniserklärung für die Teilnahme an einer (funktionellen) Magnetresonanztomographie (fMRT)

Liebe Versuchspersonen,

beantworten Sie bitte die folgenden Fragen, um eventuelle Einschränkungen oder
Gegenanzeigen bezüglich für die Kernspintomographie auszuschließen.

Name:
Geburtsdatum:
Körpergewicht:
Händigkeit:

1. Haben Sie Metallteile in Ihrem Körper? ja nein
(z.B.: Spirale, Gefäßclip, Granatsplitter, Piercing, Zahnspange,
Hörgerät, Herzschrittmacher, künstliche Gelenke, Knochenschrauben)
2. Wurden Sie an Herz oder Kopf operiert? ja nein
3. Leiden Sie unter Platzangst? ja nein
4. Für **Patientinnen**: Könnten Sie schwanger sein?
ja nein vielleicht

Bevor Sie den Untersuchungsraum betreten legen Sie bitte Uhren, Schmuck,
Wertgegenstände, Geldbeutel, Schlüsselbund, Magnetkarten, Kugelschreiber, Kleingeld oder
sonstige Gegenstände aus Metall ab!

Ich bin mit der Teilnahme an der fMRT einverstanden bin.
Ich wurde über mögliche Gegenanzeigen informiert.

.....
Datum

.....
Unterschrift der aufklärenden Fachkraft

.....
Unterschrift der Versuchsperson

10.3 Mehrfachwortschatz-Intelligenztest

©2005 Spitta Verlag GmbH & Co. KG, Ammonitenstr. 1, 72336 Balingen, Fax 0 74 33 / 952 321, <http://www.spitta.de>, Printed in Germany (MWT-B)

Name _____ Punkte _____

Beruf _____ Alter _____

Untersuchungsdatum _____ männlich – weiblich _____

Sonstiges _____

Anweisung:

Sie sehen hier mehrere Reihen mit Wörtern. In jeder Reihe steht **höchstens ein Wort**, das Ihnen vielleicht bekannt ist. Wenn Sie es gefunden haben, streichen Sie es bitte durch.

1. Nale – Sahe – Nase – Nesa – Sehna
2. Funktion – Kuntion – Finzahn – Tuntion – Tunkion
3. Struk – Streik – Sturk – Strek – Kreik
4. Kulinse – Kulerane – Kulisse – Klubihle – Kubistane
5. Kenekel – Gesonk – Kelume – Gelenk – Gelerge
6. siziol – salzahl – sozihl – sziam – sozial
7. Sympasie – Symmofeltrie – Symmantrie – Symphonie – Symplanie
8. Umma – Pamme – Nelle – Ampe – Amme
9. Krusse – Surke – Krustelle – Kruste – Struke
10. Kirse – Sirke – Krise – Krospe – Serise
11. Tinxur – Kukutur – Fraktan – Tinktur – Rimsuhr
12. Unfision – Fudision – Infusion – Syntusion – Nuridion
13. Feudasmus – Fonderismus – Föderalismus – Födismus – Föderasmus
14. Redor – Radium – Terion – Dramin – Orakium

bitte wenden

15. kentern – knerte – kanzen – kretern – trekern
16. Kantate – Rakante – Kenture – Krutehne – Kallara
17. schalieren – waschieren – wakieren – schackieren – kaschieren
18. Tuhl – Lar – Lest – Dall – Lid
19. Dissonanz – Diskrisanz – Distranz – Dinotanz – Siodenz
20. Ferindo – Inferno – Orfina – Firanetto – Imfindio
21. Riikiase – Kilister – Riliker – Klistier – Linkure
22. kurinesisch – kulinarisch – kumensisch – kulissarisch – kannastrisch
23. Rosto – Torso – Soro – Torgos – Tosor
24. Kleiber- Beikel – Keibel – Reikler- Biekerl
25. Falke – Korre – Ruckse – Recke – Ulte
26. Lamone – Talane – Matrone – Tarone – Malonte
27. Tuma – Umat – Maut – Taum – Muṭa
28. Sorekin – Sarowin – Rosakin – Narosin – Kerosin
29. beralen – gerältet – anälteren – untären – verbrämen
30. Kapaun – Paukan – Naupack – Aupeck – Ankepran
31. Sickaber – Bassiker – Kassiber – Sassiker – Askiber
32. Pucker – Keuper – Eucker – Reuspeck – Urkane
33. Spirine – Saprin – Parsin – Purin – Asprint
34. Kulon – Solgun – Koskan – Soran – Klonus
35. Adept – Padet – Edapt – Epatt – Taped
36. Gindelät – Tingerat – Indigenat – Nitgesaar – Ringelaar
37. Berkizia – Brekzie – Birakize – Brikazie – Bakiria

10.4 Beck Depressionsinventar

BDI

Name: _____

Geschlecht: _____

Geburtsdatum: _____

Ausfülldatum: _____

Dieser Fragebogen enthält 21 Gruppen von Aussagen. Bitte lesen Sie jede Gruppe sorgfältig durch. Suchen Sie dann die eine Aussage in jeder Gruppe heraus, die am besten beschreibt, wie Sie sich in dieser Woche einschließlich heute gefühlt haben und kreuzen Sie die dazugehörige Ziffer (0, 1, 2 oder 3) an. Falls mehrere Aussagen einer Gruppe gleichermaßen zutreffen, können Sie auch mehrere Ziffern markieren. Lesen Sie auf jeden Fall alle Aussagen in jeder Gruppe, bevor Sie Ihre Wahl treffen.

A

- 0 Ich bin nicht traurig.
- 1 Ich bin traurig.
- 2 Ich bin die ganze Zeit traurig und komme nicht davon los.
- 3 Ich bin so traurig oder unglücklich, daß ich es kaum noch ertrage.

B

- 0 Ich sehe nicht besonders mutlos in die Zukunft.
- 1 Ich sehe mutlos in die Zukunft.
- 2 Ich habe nichts, worauf ich mich freuen kann.
- 3 Ich habe das Gefühl, daß die Zukunft hoffnungslos ist, und daß die Situation nicht besser werden kann.

C

- 0 Ich fühle mich nicht als Versager.
- 1 Ich habe das Gefühl, öfter versagt zu haben als der Durchschnitt.
- 2 Wenn ich auf mein Leben zurückblicke, sehe ich bloß eine Menge Fehlschläge.
- 3 Ich habe das Gefühl, als Mensch ein völliger Versager zu sein.

D

- 0 Ich kann die Dinge genauso genießen wie früher.
- 1 Ich kann die Dinge nicht mehr so genießen wie früher.
- 2 Ich kann aus nichts mehr eine echte Befriedigung ziehen.
- 3 Ich bin mit allem unzufrieden oder gelangweilt.

E

- 0 Ich habe keine Schuldgefühle.
- 1 Ich habe häufig Schuldgefühle.
- 2 Ich habe fast immer Schuldgefühle.
- 3 Ich habe immer Schuldgefühle.

F

- 0 Ich habe nicht das Gefühl, gestraft zu sein.
- 1 Ich habe das Gefühl, vielleicht bestraft zu werden.
- 2 Ich erwarte, bestraft zu werden.
- 3 Ich habe das Gefühl, bestraft zu sein.

G

- 0 Ich bin nicht von mir enttäuscht.
- 1 Ich bin von mir enttäuscht.
- 2 Ich finde mich fürchterlich.
- 3 Ich hasse mich.

H

- 0 Ich habe nicht das Gefühl, schlechter zu sein als alle anderen.
- 1 Ich kritisiere mich wegen meiner Fehler und Schwächen.
- 2 Ich mache mir die ganze Zeit Vorwürfe wegen meiner Mängel.
- 3 Ich gebe mir für alles die Schuld, was schiefgeht.

I

- 0 Ich denke nicht daran, mir etwas anzutun.
- 1 Ich denke manchmal an Selbstmord, aber ich würde es nicht tun.
- 2 Ich möchte mich am liebsten umbringen.
- 3 Ich würde mich umbringen, wenn ich die Gelegenheit hätte.

J

- 0 Ich weine nicht öfter als früher.
- 1 Ich weine jetzt mehr als früher.
- 2 Ich weine jetzt die ganze Zeit.
- 3 Früher konnte ich weinen, aber jetzt kann ich es nicht mehr, obwohl ich es möchte.

_____ Subtotal Seite 1

The Psychological Corporation Harcourt Brace Jovanovich, Inc.
Copyright © 1978 by Aron T. Beck. All rights reserved.
Deutsche Ausgabe 1993 bei Verlag Hans Huber, Bern.
Das Fotokopieren und Nachdrucken dieses Fragebogens ist nicht erlaubt!

Fortsetzung auf der Rückseite

K

- 0 Ich bin nicht reizbarer als sonst.
- 1 Ich bin jetzt leichter verärgert oder gereizt als früher.
- 2 Ich fühle mich dauernd gereizt.
- 3 Die Dinge, die mich früher geärgert haben, berühren mich nicht mehr.

L

- 0 Ich habe nicht das Interesse an Menschen verloren.
- 1 Ich interessiere mich jetzt weniger für Menschen als früher.
- 2 Ich habe mein Interesse an anderen Menschen zum größten Teil verloren.
- 3 Ich habe mein ganzes Interesse an anderen Menschen verloren.

M

- 0 Ich bin so entschlußfreudig wie immer.
- 1 Ich schiebe Entscheidungen jetzt öfter als früher auf.
- 2 Es fällt mir jetzt schwerer als früher, Entscheidungen zu treffen.
- 3 Ich kann überhaupt keine Entscheidungen mehr treffen.

N

- 0 Ich habe nicht das Gefühl, schlechter auszu- sehen als früher.
- 1 Ich mache mir Sorgen, daß ich alt oder unattraktiv aussehe.
- 2 Ich habe das Gefühl, daß Veränderungen in meinem Aussehen eintreten, die mich häßlich machen.
- 3 Ich finde mich häßlich.

O

- 0 Ich kann so gut arbeiten wie früher.
- 1 Ich muß mir einen Ruck geben, bevor ich eine Tätigkeit in Angriff nehme.
- 2 Ich muß mich zu jeder Tätigkeit zwingen.
- 3 Ich bin unfähig zu arbeiten.

P

- 0 Ich schlafe so gut wie sonst.
- 1 Ich schlafe nicht mehr so gut wie früher.
- 2 Ich wache 1 bis 2 Stunden früher auf als sonst, und es fällt mir schwer, wieder einzuschlafen.
- 3 Ich wache mehrere Stunden früher auf als sonst und kann nicht mehr einschlafen.

Q

- 0 Ich ermüde nicht stärker als sonst.
- 1 Ich ermüde schneller als früher.
- 2 Fast alles ermüdet mich.
- 3 Ich bin zu müde, um etwas zu tun.

R

- 0 Mein Appetit ist nicht schlechter als sonst.
- 1 Mein Appetit ist nicht mehr so gut wie früher.
- 2 Mein Appetit hat sehr stark nachgelassen.
- 3 Ich habe überhaupt keinen Appetit mehr.

S

- 0 Ich habe in letzter Zeit kaum abgenommen.
- 1 Ich habe mehr als 2 Kilo abgenommen.
- 2 Ich habe mehr als 5 Kilo abgenommen.
- 3 Ich habe mehr als 8 Kilo abgenommen.

Ich esse absichtlich weniger, um abzunehmen:

JA NEIN

T

- 0 Ich mache mir keine größeren Sorgen um meine Gesundheit als sonst.
- 1 Ich mache mir Sorgen über körperliche Probleme, wie Schmerzen, Magenbeschwerden oder Verstopfung.
- 2 Ich mache mir so große Sorgen über gesundheitliche Probleme, daß es mir schwerfällt, an etwas anderes zu denken.
- 3 Ich mache mir so große Sorgen über gesundheitliche Probleme, daß ich an nichts anderes mehr denken kann.

U

- 0 Ich habe in letzter Zeit keine Veränderung meines Interesses an Sex bemerkt.
- 1 Ich interessiere mich weniger für Sex als früher.
- 2 Ich interessiere mich jetzt viel weniger für Sex.
- 3 Ich habe das Interesse an Sex völlig verloren.

_____ Subtotal Seite 2

_____ Subtotal Seite 1

_____ Summenwert