

Aus der Klinik für Neurologie
der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf
Direktor: Univ.- Prof. Dr. med. Hans- Peter Hartung

Über die empathische Verarbeitung subliminal dargebotener, emotionaler Gesichtsausdrücke -
eine fMRT- und Verhaltensstudie

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
der Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

vorgelegt von

Hannes Kossack

2019

Als Inauguraldissertation gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

gez:

Dekan: Univ.-Prof. Dr. med. N. Klöcker

Erstgutachter: Prof. Dr. med. R.J. Seitz

Zweitgutachter: Prof. Dr. phil. W. Wölwer

Für Anna, Emil und Jari.

Inhalte der Studie dieser Arbeit wurden veröffentlicht

Wissenschaftliche Fachzeitschriften

1. Prochnow, D., **Kossack, H.**, Brunheim, S., Müller, K., Wittsack, H.-J., Seitz, R.J.
„Processing of subliminal facial expressions of emotion: A behavioral and fMRI study”
Social Neuroscience, 2013; 8(5):448-61.
2. Prochnow, D., Brunheim, S., **Kossack, H.**, Eickhoff, S. B., Markowitsch, H. J., Seitz, R.
J. “Anterior and posterior subareas of the dorsolateral frontal cortex in socially relevant
decisions based on masked affect expressions” 2015, *F1000Research* 3:212.

I Zusammenfassung

Emotionale Gesichtsausdrücke bilden einen essentiellen Bestandteil der nonverbalen Kommunikation. Auf Grund der ausgeprägten Dynamik mimischer Ausdrücke ist anzunehmen, dass ein Großteil der darin enthaltenen emotionalen Botschaften vom Betrachtenden unbewusst wahrgenommen wird. Die Priming-Forschung zeigt, dass selbst unterschwellige Botschaften Urteile und Verhaltensweisen beeinflussen können. Daher kann postuliert werden, dass unterhalb der Wahrnehmungsschwelle dargebotene emotionale Gesichtsausdrücke in ähnlicher Weise empathisch verarbeitet werden, wie es bereits für bewusst wahrgenommene emotionale Mimik gezeigt werden konnte.

In einer kombinierten Verhaltens- und fMRT Studie wurden nicht-alexithyme rechtshändige Proband_innen mit traurigen, wütenden und fröhlichen Gesichtsabbildungen konfrontiert, die entweder oberhalb (400 ms Präsentationsdauer) oder unterhalb (40 ms Präsentationsdauer) der Wahrnehmungsschwelle dargeboten wurden, wobei letztere mit dem neutralen Gesichtsausdruck desselben Akteurs (360 ms Präsentationsdauer) maskiert waren. Aus einem daraufhingewiesenen Paar emotionaler Adjektive sollten die Proband_innen dasjenige wählen, welches mit dem gezeigten Ausdruck am besten korrespondierte. Während die Verhaltenstudie durch unterschiedliche Kontrollbedingungen den Einfluss unterschwelliger Botschaften auf Entscheidungsprozesse untersuchte, wurde durch die fMRT-Studie ein Vergleich vorgenommen, in dem die Hirnaktivierungsmuster der bewussten und unterbewussten Kondition gegenüber gestellt wurden.

Unsere Daten zeigten einen differenzierten Einfluss von dem Bewusstsein nicht zugänglichen emotionalen Gesichtsausdrücken auf emotionale Urteile. Dieser signalisierte eine Verarbeitung auf höheren Abstraktionsebenen. Die fMRT- Daten zeigten Aktivierungen in frontalen, temporalen und parietalen Hirnarealen, unabhängig davon, ob der emotionale Reiz überschwellig bzw. unterschwellig war. Unter beiden Bedingungen fand sich eine Beteiligung inferior-frontaler, anterior-cingulärer und prä-supplementärmotorischer Areale als Ausdruck einer empathischen Verarbeitung. Diese Ergebnisse sprechen dafür, dass unterschwellige emotionale Stimuli, wie sie in sozialen Situationen auftreten können, ähnlich bewusst wahrgenommener Mimik verarbeitet werden und daher von großer Verhaltensrelevanz sein dürften.

Facial emotional expressions have a key function in social nonverbal interactions. As these expressions differ in their duration and degree of expressiveness large parts of their emotional content may be perceived unconsciously by the recipient. According to the primacy hypothesis, unconscious messages are able to modify judgments and behavior. Evidence suggests that emotional facial expressions presented to the recipient below the threshold of subjective awareness are processed in a comparable empathic manner to consciously received facial expressions.

In a combined behavioral and fMRI study healthy, non-alexithymic, right-handed participants were confronted with emotional facial expressions of happiness, sadness and anger. These pictures were presented supraliminally (400ms) or subliminally (40ms). The subliminally condition was masked with a neutral expression by the same picture model (360ms). Afterwards two adjectives were presented and the participants had to choose the one that corresponded best to the mood of the person on the picture. By means of a variety of different control processes, the behavioural study examined the influence of the subliminal facial expressions on evaluative processes. The fMRI study compared the involved brain regions of the subliminal to the supraliminal condition.

Our data showed that subliminal emotional face expressions have an impact on emotional judgments, involving higher abstractive levels. In the fMRI study neural activation was found in a broad network of brain areas including the frontal, temporal und parietal cortex irrespective of a sub- or supraliminally stimulus. In both conditions inferior-frontal, anterior-cingulate and pre-supplementary areas pointed out an empathic processing. Our results illustrate that emotional stimuli presented below the threshold of subjective awareness are processed similarly to consciously perceived emotional mimic. Hence, our data exposed the relevance of subliminal emotional processes in social behavior.

II Abkürzungsverzeichnis

€	Euro	MNS	<i>Mirror Neuron System</i>
η^2	Eta Quadrat	MRT	Magnetresonanztomographie
Abb	Abbildung	N	Probandenanzahl
ac	commissura anterior	p	Signifikanzniveau
ACC	anterior cingulärer Cortex	PANAS	Positive and Negative Affect Schedule
et al.	und andere	PC	Personal Computer
aPFC	anteriorer präfrontaler Cortex	pc	commissura posterior
BA	Brodman Areal	Prä-SMA	präsupplementärmotorische Area
<i>BOLD</i>	<i>Blood Oxygen Level Dependent</i>	R	Rechts
<i>BDI</i>	<i>Beck Depression Inventory</i>	<i>ROI</i>	<i>Region of Interest</i>
BNC	Bayonet Neill Concelman	s	siehe
<i>CPU</i>	<i>Central Processing Unit</i>	sa	siehe auch
DLFC	dorsolateraler frontaler Cortex	<i>SAM</i>	<i>Self Assessment Manikin</i>
EPI	echo planar imaging	<i>SE</i>	<i>standard error</i>
fMRT	funktionelle Magnetresonanztomographie	<i>SD</i>	<i>standard deviation</i>
<i>FWHM</i>	<i>Full Width at Half Maximum</i>	sig	Signifikanzniveau
GB	Gigabyte	SOA	Stimulus Onset Asynchrony
GHZ	Gigahertz	SPF	Saarbrücker Persönlichkeitsfragebogen
<i>GLM</i>	<i>General Linear Modell</i>	<i>SPSS</i>	<i>Statistical Package for the Social Sciences</i>
H+	Wasserstoffproton	STG	superiorer temporaler Gyrus
HD	High Definition	<i>TAS 20</i>	<i>Toronto Alexithymia Scale 20</i>
HF	Hochfrequenzpuls	<i>TR</i>	<i>Time to Repetition</i>
<i>HRF</i>	<i>hemodynamic response function</i>	<i>TE</i>	<i>Time to Echo (Echozeit)</i>
IFG	inferior frontaler Gyrus	<i>ToM</i>	<i>Theory of Mind</i>
<i>Inc</i>	<i>Incorporated</i>	<i>USB</i>	<i>Universal Serial Bus</i>
IPL	inferior parietaler Lobulus	vgl	vergleiche
<i>IRI</i>	<i>Interpersonal Reactivity Index</i>	vmPFC	ventromedialer präfrontaler Cortex
ITG	inferior temporaler Gyrus	<i>VOI</i>	<i>Voxel of interest</i>
L	Links	z. B.	zum Beispiel
<i>LCD</i>	<i>Liquid Crystal Display</i>		
M	Mittelwert		
ms	Millisekunde		

III Inhaltsverzeichnis

I	Zusammenfassung	5
II	Abkürzungsverzeichnis	7
III	Inhaltsverzeichnis	1
IV	Einleitung	1
V	Darstellung der theoretischen Grundlagen	3
1	Emotionen und emotionsgeprägte nonverbale Kommunikation	3
1.1	Definitionsversuch – Was ist eine Emotion?.....	3
1.2	Grundemotionen und Sekundäremotionen, Emotionsschemata.....	4
1.3	Neuroanatomische Korrelate der Emotionsverarbeitung	5
2	Wahrnehmung, Erkennung und Bewertung von Gesichtern und emotionalen Gesichtsausdrücken	6
2.1	Perzeption, Wiedererkennung und Kategorisierung.....	6
2.2	Neurophysiologie der Erkennung emotionaler Gesichtsausdrücke.....	7
2.3	Alexithymie	8
3	Empathie.....	8
3.1	Emotionale Spiegelung und Ansteckung.....	9
3.2	Kognitive und affektive Komponenten der Theory of Mind.....	10
4	Subliminale Wahrnehmung	13
5	Prinzip der Bildgebung funktionaler Magnetresonanztomographie.....	14
5.1	Technik der Magnetresonanztomographie (MRT).....	14
5.2	Der BOLD- Effekt und die funktionelle MRT (fMRT)	14
6	Zusammenfassung der Grundlagen	16
VI	Motivation, Fragestellungen und Hypothesen.....	17
1	Fragestellungen.....	17
2	Hypothesen	17
VII	Material und Methoden	20
1	Kriterien zur Proband_innenselektion	20
1.1	Parameter zum Einschluss in die Studie.....	20
1.2	Darstellung der verwendeten Einschlussfragebögen	20
2	Visuelle Stimuli und allgemeines Versuchsparadigma	22
3	Verhaltensstudie	27
3.1	Paradigma der Verhaltensstudie	27
3.2	Statistische Auswertung der Verhaltensdaten	27
3.3	Statistische Analyse der Verhaltensdaten.....	28

4	fMRT Untersuchung.....	28
4.1	Versuchsaufbau	28
4.2	Paradigmaablauf im MRT	30
4.3	fMRT Parameter	31
4.4	Verarbeitung und statistische Analyse der fMRT Daten.....	31
VIII	Ergebnisse.....	33
1	Verhaltensstudie	33
1.1	Probanden_innen	33
1.2	Ergebnisse.....	33
2	fMRT Studie	37
2.1	Proband_innen.....	37
2.2	Verhaltensdaten	37
2.3	Allgemeine fMRT Analyse der Hirndaten	38
2.4	Ergebnisse.....	38
IX	Diskussion	48
1	Bewertung der Verhaltensuntersuchung.....	49
2	fMRT Untersuchung – Analyse neuronaler Netzwerke	51
2.1	Inferior frontale Areale.....	52
2.2	Der inferior parietale Lobulus (IPL).....	53
2.3	Anterior cinguläre Areale	54
2.4	Die präsupplementär motorische Area (<i>prä-SMA</i>).....	54
2.5	Aktivierungen im anterior präfrontalen Kortex (aPFC).....	55
2.6	Beurteilung der <i>Region of Interest (ROI)</i> Analyse	56
2.7	Ausblick.....	58
X	Tabellen-, Diagramm- und Abbildungsverzeichnis	60
1	Tabellen	60
2	Diagramme	60
3	Abbildungen	60
XI	Literaturverzeichnis.....	62
XII	Anhang	74
1	Saarbrücker Persönlichkeitsfragebogen (SPF) basierend auf dem <i>Interpersonal Reactivity Index (IRI)</i>	74
2	<i>Toronto Alexithymia Scale (TAS 20)</i> nach Bagby et al. (1994) in der deutschen Fassung	75
3	<i>Beck Depression Inventory (BDI)</i>	76
4	PANAS(Krohne et al. 1996).....	78
5	Edinburgh Fragebogen zur Erfassung der Händigkeit (Oldfield, 1971)	80

6	Self Assessment Manikin(SAM), Bradley and Lang, 1994	81
7	VOP Fragebogen	88
8	Abbildungen der Kontrollbedingungen	89
9	Deskriptive Statistik der Verhaltensstudie	90
10	Geplante post hoc Berechnungen in der Verhaltensstudie	91
11	ROI Analyse der Parameterschätzer β	93
12	Korrelationsanalysenzwischen den ROI und den Fragebogenscores	95
XIII	Danksagung	96

IV Einleitung

Am Ende eines ereignisreichen Tages können wir zumeist feststellen, dass unser Tagesablauf von vielen sozialen Begegnungen geprägt war. Wir haben uns unterhalten, standen miteinander in Blickkontakt oder haben einfach nur beiläufig und flüchtig jemanden betrachtet. Die unterschiedlichen Kontakte waren dabei von verschiedener Wichtigkeit und Dauer für uns. Einige Momente haben wir sehr deutlich und bewusst erlebt, anderen wiederum widmeten wir uns nur sehr kurz oder haben sie kaum bemerkt.

Als soziale Wesen sind wir Menschen essentiell auf zwischenmenschliche Beziehungen und Kontakte angewiesen. Durch sie erfahren wir Antworten auf unser Verhalten, unsere Wirkung auf andere und unsere Wünsche und Absichten. Durch diese Antworten können wir uns in Beziehung bringen und im sozialen Gefüge verorten. Aber über welche Mechanismen und Strategien gelingt uns dieses? Wie reagieren wir auf zwischenmenschliche Kontakte? Wie erleben wir vor allem die kurzen und flüchtigen Kontaktmomente, die vielfach unseren Alltag begleiten? In wie weit beeinflussen diese unsere Entscheidungen und unser Verhalten?

In unserem täglichen Ablauf analysieren wir automatisch soziale Begegnungen, um uns den Menschen in unserem Umfeld zu nähern. Wir können uns in die Situationen anderer Mitmenschen einfühlen, diese besser verstehen und letztendlich unser Verhalten soweit anpassen, dass eine soziale Interaktion gelingen kann. Insbesondere emotionale Ausdrücke dienen dabei als Übermittler der inneren Befindlichkeit. Man bezeichnet das als Empathie. Viele der Anhaltspunkte, aus denen wir den Gefühlszustand eines Menschen ableiten, werden über den Gesichtsausdruck mitgeteilt, wobei emotionale Gesichtsausdrücke bekanntlich in ihrer Dauer und Präsenz sehr unterschiedlich sein können. Während die einen deutlich wahrgenommen werden, dauern andere nur einen Sekundenbruchteil an oder sind sehr schemenhaft. Die vorliegende Arbeit beschäftigte sich mit der Verarbeitung insbesondere der flüchtigen, emotionalen Gesichtsausdrücke, die unterhalb der bewussten Wahrnehmungsschwelle präsentiert und verarbeitet werden und diskutierte dabei die Frage, wie diese subliminalen Bewertungsprozesse möglich werden. Dabei wurde versucht, die zerebralen Verarbeitungsmechanismen dieser nonverbalen Kommunikationstechnik herauszustellen, um die aktivierten neuroanatomischen Korrelate zu analysieren.

Hierfür erfolgte die experimentelle Untersuchung gesunder Proband_innen, die in zwei aufeinander aufbauenden Experimenten mit unbewusst wahrnehmbaren Gesichtsausdrücken konfrontiert wurden. Zunächst erfolgte in einem ersten Teil eine Verhaltensanalyse, während in einem zweiten Teil mittels funktioneller Magnetresonanztomographie das neuronale Netzwerk detektiert wurde, welches bei der empathischen Reaktion auf diese Gesichtsausdrücke aktiv war.

Heutzutage besteht Einigkeit darin, dass unbewusste Prozesse elementär in alltägliche Situationen (wie etwa Schreiben, Lesen und Lernen) eingebunden sind (Mayer & Merckelbach, 1999; Lewicki et al., 1997). Trotz dessen schrieben viele Autoren_innen dem Unbewusstsein eine eher begrenzte Gewandtheit (Loftus & Klinger, 1992) und eine „unintelligente“ Form (Lewicki et al., 1992 und 1997) zu. Mit der vorliegenden Arbeit wurde der Versuch unternommen, den unbewussten Verarbeitungsstrategien sozialer Interaktionen näher zu kommen, dabei die Möglichkeiten unbewusster Prozesse herauszustellen und somit ein besseres Verständnis nonverbaler Kommunikationstechniken zu erlangen. Dieses ist durchaus auch von klinischer Relevanz, da verschiedene Krankheitsprozesse, wie z. B. auch die Multiple Sklerose, Defizite in Emotions- und Empathieprozessen aufzeigen (Beatty et al., 1989; Henry et al., 2009), was mit entsprechenden Einschränkungen verbunden sein kann. Für ein umfassendes Verständnis solcher Krankheitsprozesse mit den entsprechenden funktionalen Defiziten, ist also eine differenzierte Betrachtung von Empathieprozessen notwendig.

V Darstellung der theoretischen Grundlagen

1 Emotionen und emotionsgeprägte nonverbale Kommunikation

Soziale Begegnungen und Interaktionen sind geprägt von der genauen Einschätzung der anderen Person, wobei insbesondere die Erkennung des emotionalen Zustandes eine wichtige Rolle spielt. Dadurch können wir letztendlich in passender Weise auf unsere Gegenüber reagieren und mit ihnen kommunizieren. Diese Einschätzung gelangt im Wesentlichen über das „Lesen“ emotionaler Gesichtsausdrücke und des Verhaltens.

1.1 Definitionsversuch – Was ist eine Emotion?

Um sich dem „Lesen“ eines emotionalen Gesichtsausdrückes zu nähern, bedarf es zunächst einer genaueren Umschreibung des Emotionsbegriffes. Roberts (2003) nannte hierzu sieben Aspekte, mit Hilfe derer er eine Emotion ausreichend beschrieben sieht, die jedoch nicht starr auf alle Emotionen übertragbar sind. So verfügt eine Emotion 1.) über eine verspürbare Dimension, sie besitzt zudem 2.) einen intentionalen Zustand und 3.) physiologisch messbare, zum Teil verspürbare Begleiterscheinungen. Außerdem hängt eine Emotion 4.) typischerweise von der Wahrnehmung eines bestimmten Sachverhaltes ab und bringt 5.) gewisse Handlungsweisen hervor. Der emotionale Zustand kann dabei unter Umständen 6.) kontrolliert werden und wird 7.) meist als einheitlicher Geisteszustand erfahren und nicht in seinen diversen Komponenten getrennt wahrgenommen (Roberts, 2003).

Emotionsprozesse haben einen maßgeblichen Einfluss auf das menschliche Verhalten und die Bewältigung wiederkehrender Alltagssituationen (Darwin, 1872; Zimbardo, 2004). Da das emotionale Gefühl uns Menschen durch die Modulation unserer ‚seelischen‘ Zustände viele Umweltreize besser einschätzen lässt, leistet es einen elementaren Beitrag für die Bewusstseins-, Affekt- und Kognitionsentwicklung (Izard, 2009). Wir empfinden dadurch beispielsweise ein gewisses Verlangen für eine bestimmte Person, deren Anwesenheit für uns mit positiven Empfindungen verknüpft wurde. Dieses emotionsassoziierte Lernen ist wiederum notwendig für die Aufrechterhaltung zielgerichteter Motivationsverhalten (Zimbardo, 2004). Dabei unterstützt das gefühlbasierte Erleben über sogenannte *feeling– cognition- action* Designs die Individualisierungsprozesse des Menschen (Izard, 2009). Auch die Einschätzung eines nahenden Momentes kann durch einen vorgreifenden Vergleich mit bereits erlebten Situationen (Blanchard et al., 2001) und damit verbundenen emotionalen Erfahrungen möglich gemacht werden (Izard, 2009). Dieses führt zur Bildung „...*emotion-related social skills in an imagined or „as if“ world.*“ (Izard, 2009) und dadurch auch einer differenzierten Betrachtungsweise des gesellschaftlichen Umfelds und schließlich der Unterstützung prosozialen Verhaltens. Weiterhin wird den Emotionen ein wichtiger Beitrag in der Gedächtnisbildung zugesprochen (Blanchard et al., 2001), da beispielsweise der Umfang eines Gedächtnismoments durch emotionsinduzierte hormonelle Regulationen moduliert (und optimiert) werden kann.

Im wissenschaftlichen Diskurs wurde häufig die Dualität zwischen dem emotionalen Gefühl und der neurobiologischen Aktivität, die den physiologischen Ausdruck der Emotion darstellt, diskutiert (vgl. Izard, 2009). Während einige Autor_innen der Auffassung waren, dass das emotionale Gefühl aus einer neurobiologischen Aktivität resultiert und erst nach gewissen Körpererregungen entsteht (Damasio, 1999), kann die Emotion auch als ein in diese neurobiologische Aktivität integriertes Stadium verstanden werden (Izard, 2009). Darüber hinaus erklärte Schachter, dass emotionales Erleben durch die vom Organismus sensorisch wahrgenommene Erregung und einer zusätzlichen, parallel ablaufenden, kognitiven (oft unbewussten) Bewertung vermittelt wird (Schachter, 1971; Lazarus, 1991).

Auch Roberts erwähnte die Notwendigkeit eines solchen kognitiven Konstrukts, stellte aber gleichzeitig die These auf, dass dieses alleine nicht ausreicht um ein emotionales Gefühl tatsächlich zu verspüren. Er bezeichnete diese kognitiven, mentalen Gefühlszustände als Gefühle der konstruierten Verfassung und schreibt ihnen lediglich eine durch Wunsch oder Abneigung („*concern*“) geprägte Wahrnehmung zu, die nicht als emotionale Empfindung verstanden werden kann. Beispielsweise kann ein Schuldgefühl, welches durch das Konstruieren eines Schuldigen besteht, zwar ein rationales Schuldeingeständnis erwirken, aber nicht unbedingt das erlebte Schuldgefühl mit sich bringen (Roberts, 2003). Das gefühlte Erleben einer Emotion führt Izard (2009) auf die Integration von Aktivitäten des Hirnstamms, der Amygdala, des insulären Kortex, des anterioren Gyrus cinguli, sowie des orbitofrontalen Kortex zurück (siehe auch: Damasio, 2003; Lane et al., 1997; Panksepp 2003a, b). Der Bewusstseinsgrad einer gefühlten Emotion ist dabei sowohl abhängig von ihrer Intensität, als auch von der Bezeichnung und Benennung der emotionalen Erfahrung (Izard, 2009).

1.2 Grundemotionen und Sekundäremotionen, Emotionsschemata

In der Entwicklungsgeschichte betrachtete bereits Darwin die Emotionen als wichtigen Baustein der Selektionstheorie. Es wurde angenommen, dass emotionale Fähigkeiten als Selektionsvorteil im sozialen Gefüge wirken konnten (Darwin, 1872; LeDoux, 1998). Also musste demnach der Genpool des Menschen in gewisser Weise eine Art emotionale Grundausstattung aufweisen, die sich offenbar im Rahmen der genetischen Selektion entwickelte und optimierte. Auf dieser Basis untersuchte Tomkins 1962 ungelernete, affektive Reaktionen von Säuglingen auf äußerliche Reize (z.B. Geräusche) und bemerkte dabei stereotype emotionale Antwortreaktionen (Tomkins, 2008). Ekman und Friesen stellten 1971 die Allgemeingültigkeit solcher Emotionsreaktionen fest und verifizierten damit die Hypothese der Basisemotionen. Diese sind nach Izard (2009) diejenigen affektiven Prozesse, die durch phylogenetisch ältere Gehirnareale als Reaktion auf einen äußerlichen Reiz generiert werden und basisrelevant für das Überleben und die Entwicklung eines Lebewesens sind (Izard, 2009). Dabei können positive (z.B. „Interesse“ und „Freude“) und negative Basisemotionen (z.B. „Trauer“, „Wut“ und „Ekel“) unterschieden werden. DeLancey (2001) spricht hierbei von unabhängigen affektiven

Reaktionsmechanismen, die durch übernommene biologische Fähigkeiten ermöglicht werden. Kleinkinder können somit ohne bewusstes Selbstkonzept die genannten Basisemotionen erleben und auch ausdrücken (Izard 2009).

Bereits in den ersten Lebensmonaten entwickeln Kleinkinder die Möglichkeit zur Interpretation und Habituation von emotionalen Gesichtsausdrücken, wodurch sehr früh in der Entwicklungsphase eine Modellierung und Präferenzierung emotionaler Reaktionen stattfindet (vgl. Zimbardo, 2004; vgl. Stern, 2003). Im Zusammenhang mit der Sprachentwicklung des Menschen entstehen schließlich die komplexeren Emotionsmuster (z.B. „Scham“, „Schuld“ oder „Liebe“), die für eine voranschreitende Entwicklung, eine adäquate soziale Anpassungsfähigkeit und die Bewusstseinswerdung maßgeblich sind und dabei eine höher entwickelte Kognitionsfähigkeit und einen gewissen Selbstbewusstseinsgrad voraussetzen (Izard 2009).

1.3 Neuroanatomische Korrelate der Emotionsverarbeitung

Neuroanatomisch lässt sich ein breites Netzwerk detektieren, welches für die Verarbeitung diverser emotionaler Zustände zuständig ist. Beispielsweise ist an der Basisemotion „Furcht“, sowie für grundsätzlich eher negative Gefühle, die Amygdala vorrangig beteiligt (Adolphs et al., 1994; LeDoux, 2000; Zimbardo, 2004), während „Freude“ überwiegend im Bereich des ventralen Striatums (Lawrence et al. 2004) verarbeitet wird. Eine Resonanz auf „Wut“ und „Ärger“ wird im prämotorischen Kortex und im Striatum beobachtet (Grosbras & Paus, 2006), wohingegen eine Gefühlsbewertung auf der Ebene „Trauer“ und „Kummer“ mit neuronaler Aktivität im Lobus temporalis medialis (Eugene et al., 2003), im Hypothalamus (Malhi et al., 2004) und im subgenualen Lobus cinguli (Liotti et al., 2000) in Verbindung steht.

Die Verarbeitungsstrukturen in Bezug auf komplexere Emotionsmuster (z.B. „Scham“ und „Gier“) sind dem gegenüber weitaus vielschichtiger. Der Grund hierfür ist möglicherweise die ökonomische Organisation des Gehirns, welche andernfalls für jede denkbare Emotion ein spezifisches neuronales Korrelat zur Verfügung stellen müsste und damit schnell an ihre Kapazitäten grenzen würde (Golan & Baron-Cohen, 2006).

2 Wahrnehmung, Erkennung und Bewertung von Gesichtern und emotionalen Gesichtsausdrücken

Soziale Begegnungen und Interaktionen bilden die Grundlage für Subjektwerdung und Identität. Dabei lässt sich vor allem die Relevanz emotionaler Gefühlszustände bei vielen zwischenmenschlichen Interaktionen feststellen. So ist beispielsweise ein Treffen zwischen zwei Menschen von einer unmittelbaren Analyse des Bekanntheitsgrads und der emotionalen Stimmung des Gegenübers begleitet (Seitz et al., 2008). Verschiedene Gesichtsausdrücke bilden hier eine grundlegende Ausdrucksform und Übermittlungsstrategie vieler Emotionen (Darwin, 1872), deren Wahrnehmung und Bewertung benötigt wird, um den aktuellen Gemütsstatus eines anderen Menschen besser einzuschätzen und entsprechend das eigene Sozialverhalten in empathischer Weise der Person anpassen zu können (Eger et al., 2003; Bar et al., 2006). Die Encodierung der gesehenen (emotionalen) Mimik wird durch verschiedene neurophysiologische Prozesse innerhalb eines breiten neurologischen Netzwerkes möglich gemacht.

2.1 Perzeption, Wiedererkennung und Kategorisierung

Bei visuellen Wahrnehmungsprozessen ermöglicht die sogenannte Perzeption eine frühe Reaktion sensorischer Kortizes auf einen Stimulus, über die eine erste Verarbeitung der Bildbestandteile und des Bildaufbaus ermöglicht wird (Adolphs, 2002). Dadurch gelingen zum Beispiel eine Beurteilung der visuellen, geometrischen Eigenschaften des Bildes, sowie die Unterscheidung zwischen zwei gleichzeitig präsentierten Gesichtsabbildungen (Adolphs, 2002). Weiterhin ist ein möglichst schnelles Erkennen einer Emotion für eine adäquate (soziale) Reaktion, beispielsweise für eine Flucht aus einer möglicherweise gefährlichen Situation, notwendig (Seitz et al., 2008).

Während die perzeptiven Bildinformationen für eine einfache Wiedererkennung visueller Abbildungen (z. B. die explizite Bildinformation) ausreicht, ist für eine umfassendere Wiedererkennung emotionaler Gesichtsausdrücke zusätzlich ein Wissenstand notwendig, der über die Perzeption hinausgehend bestimmte Umstände, Verbindungen und Abhängigkeiten, die zwischen dem emotionalen Gesichtsausdruck und anderen Informationen bestehen, umfasst (Adolphs, 2002). Dieses Wissen beinhaltet beispielsweise Informationen darüber, wo dieses Gesicht gesehen wurde, wessen Gesicht es war und wie der Beobachter sich dabei gefühlt hat (Adolphs, 2002).

Um unmittelbar mit einer Verhaltensantwort auf verschiedene Gesichtsausdrücke zu reagieren, ist es ökonomischer, nicht jeden Ausdruck als persönliche Eigenart zu verstehen, sondern diverse Emotionsausdrücke anhand ihrer Regularitäten zu bestimmten Kategorien zu verknüpfen (vgl. Adolphs, 2002; Macrae & Bodenhausen, 2000).

2.2 Neurophysiologie der Erkennung emotionaler Gesichtsausdrücke

Bereits über subkortikale Pfade, von der Retina über die Colliculi superiores zum Pulvinar, kann eine reduzierte, aber mögliche Reaktion auf visuelle Stimuli erfolgen (Adolphs, 2002; vgl. auch Blair, 2005), mit der eine schnelle, grobe Verarbeitung dieser möglich ist (Armony et al., 1997; LeDoux, 2000). Hierüber scheint sowohl eine Unterscheidung zwischen verschiedenen emotionalen Gesichtsausdrücken (de Gelder et al., 1999), als auch eine Verarbeitung subliminal präsentierter Gesichtsbildstimuli (Morris et al., 1999) möglich zu sein (s. a. Kapitel V. 4 Subliminale Wahrnehmung).

Die kortikalen Verarbeitungspfade der Gesichtswahrnehmung verlaufen über den occipitalen Kortex in temporale Rindengebiete, inklusive der *fusiform face area* im fusiformen Kortex, (Vuilleumier und Pourtois, 2007) sowie in orbitofrontale, parietale und insuläre Areale (Dolan et al., 1996; Kesler-West et al., 2001), um eine präzisere Kategorisierung der empfangenden Gesichtsperson zu generieren und diese in Verbindung mit sozial relevanten Kategorien zu bringen (Adolphs, 2002). Dabei können bereits etwa 50ms nach dem dargebotenen Stimulus Kategorisierungsprozesse im occipitotemporalen Kortex beobachtet werden (Seeck et al. 1997; Van Rullen & Thorpe, 2001), die eine frühe Perzeption der (emotionalen) Gesichtsausdrücke ermöglichen (Eger et al., 2003; Bar et al., 2006). Dem Areal des fusiformen Gyrus wurde in der Vergangenheit vielfach die Erstellung von detaillierten und strukturierten Repräsentationen vor allem statischer Gesichtseigenschaften zugesprochen (vgl. Adolphs, 2002; Winston et al., 2004; Britton et al., 2006; Gobbini & Haxby, 2007; Vuilleumier & Pourtois, 2007), um die persönliche Identität des Gesichtes erfassbar zu machen. Dadurch und vor allem mit Hilfe der umliegenden Region im Bereich der occipitotemporalen Verbindung und des superiores Temporallappens gelingt eine Verknüpfung zwischen Perzeption auf der einen und Wiedererkennung der Person, emotionaler Kategorisierung anhand des Gesichtsausdrucks, sowie Wissenszuschreibung zu dem gesehenen Gesicht (Adolphs, 2002; Haxby et al., 2000) auf der anderen Seite. Menschen, denen diese Verbindung fehlt, sind beispielsweise in der Lage ein Gesicht hinsichtlich seines Ausdrucks zu beschreiben, können aber das individuelle Gesicht nicht wiedererkennen (Tranel et al., 1988). Über temporale Neurone funktioniert weiterhin eine *Feedback*-Schleife, über die die Amygdala ihren Einfluss auf den occipitalen Kortex nutzt, um dessen Aufmerksamkeit auf emotionale Stimuli zu lenken (Vuilleumier, 2005). Daher reagieren wir intensiver auf emotionale, als auf neutrale Aspekte unserer Umwelt (Hodsoll et al., 2011).

Letztlich steht der parietale Pfad visueller Verarbeitung insbesondere mit einer Verarbeitung geometrischer und räumlicher Bildbestandteile in Verbindung, was durch seine afferenten Konnektivitäten aus visuellen, propriozeptiven, vestibulären und auditiven Kortexarealen deutlich wird (Reed et al. 1996; Trepel, 2008).

2.3 Alexithymie

In Zusammenhang mit emotionalen Verarbeitungsprozessen und Erkennung von Emotionen steht die Alexithymie, die als Charaktereigenschaft (Mattila et al., 2010) individuelle Schwierigkeiten bei der Erkennung und Verarbeitung von Emotionen beschreibt. Die eingeschränkte individuelle Ausprägung emotionaler und empathischer Kompetenzen zeigt sich bei alexithymen Menschen durch reduzierte Verbalisierungsfähigkeiten von Gefühlen und Emotionen (Sifneos, 1973; Vorst und Bermond, 2001) und Probleme beim Erkennen von Gesichtsausdrücken (Grynberg et al., 2012). Diese Defizite führen zu einer reduzierten Gefühlswelt und schließlich zu einer Einschränkung der emotionalen Kommunikationsfähigkeit. Daher leiden Menschen mit einem hohem Grad an Alexithymie an einem beschränkten emotionalen Erleben und erkranken folglich mit höherem Risiko an psychosomatischen und psychiatrischen Erkrankungen (van't Wout et al., 2007). Auf neuronaler Ebene konnten bislang Veränderungen und Dysfunktionen im anterioren cingulären Cortex (Lane et al., 1997; Schäfer et al., 2007), orbitofrontalen Kortex und medial präfrontalen Kortex (Bermond et al., 2006; Wingbermühle et al., 2012) mit der Alexithymie in Verbindung gebracht werden. Diese Regionen stehen, wie unten näher beschrieben wird, allesamt in Zusammenhang mit empathischen Verarbeitungsmechanismen und deuten auf eine Verbindung zwischen Alexithymie und Empathie hin.

3 Empathie

Über die oben erläuterten, neuronalen Pfade und Prozesse gelangt ein visuell empfangener, emotionaler Gesichtsausdruck in unterschiedliche Areale des Gehirns. Eine dadurch erfolgte genaue Beschreibung und Repräsentation der Gesichtsinformationen erlaubt allerdings noch kein emotionales Mitempfinden oder Empathisieren.

Es ist anzunehmen, dass eine beobachtende Person die gesehene Mimik und Emotion zu einem gewissen Grad übernimmt und kopiert, sodass ein Vergleich zwischen dem eigenen und dem gesehenen emotionalen Zustand erfolgen kann (Seitz et al., 2008). Bildlich gesprochen wird die beobachtete Emotion in die eigene subjektive Perspektive transportiert. Um also über das konzeptuelle Wissen und Beurteilen eines emotionalen Gesichtsausdruckes ein Einfühlen in den emotionalen Zustand des Gegenübers zu ermöglichen, bedarf es eines internalen Bewusstwerdens des Stimulus, einer Art emotionaler Ansteckung und Spiegelung (Carr et al., 2003; Seitz et al., 2008). Hierüber kann eine Übersetzung der perzeptiven und beschreibenden Wahrnehmung (verbunden mit der Integration des sozialen Kontext) in eine empathische Wahrnehmung gelingen (vgl. Schulte- Ruther et al., 2007). Das Wahrgenommene wird nicht nur gesehen, sondern der von ihm ausgedrückte Affekt in der betrachtenden Person repräsentiert.

3.1 Emotionale Spiegelung und Ansteckung

Diese Spiegelung wird beispielsweise durch eine unbewusste mimische Nachbildung des beobachteten Gesichtsausdrucks erreicht (Carr et al. 2003, Shamay-Tsoory, 2009); ein Prinzip, welches in der Literatur vielfach als *Perception-Action-Hypothese* (Preston & de Waal 2002; Blair, 2005; Chakrabarti et al., 2006) oder als sogenanntes *Mirror-Neuron-System (MNS)* (Rizzolatti und Craighero, 2004; Gallese, 2007) bezeichnet wurde. Nachdem das *MNS* zunächst vorwiegend mit dem Nachempfinden und Vorausplanen motorischer Abläufe in Verbindung gebracht wurde, schien es darüber hinaus eine elementare Rolle bei der Verarbeitung emotionaler Impulse zu spielen (Gallese et al., 2004). In diesem Zusammenhang war besonders der inferior frontale Gyrus (IFG) involviert, was dessen neuronale Aktivität beim passiven Betrachten und Imitieren eines emotionalen Gesichtsausdrucks anzeigte (Dapretto et al., 2006; Schulte-Rüther et al., 2007; Seitz et al. 2008), sogar dann, wenn der visuelle Stimulus implizit dargeboten wurde (Seitz et al., 2008). Die Relevanz des IFGs wurde bereits vielfach durch dessen Funktion bei Imitationsvorgängen (Iacoboni et al., 1999, 2001; Carr et al., 2003; Rizzolatti & Craighero, 2004), Emotionserkennungen (Carr et al., 2003) und der Bewertung von Gesichtsausdrücken (Adolphs et al., 2002; Kesler- West et al., 2001, Seitz et al., 2008) deutlich. Das heißt, dieses Areal funktioniert als Kernstruktur sowohl bei spiegelnder Ansteckung einer Emotion, als auch bei der Erkennung emotionaler Inhalte (Rizzolatti, 2005; Shamay- Tsoory, 2009). Einige Autoren schreiben diesen inferior frontalen *Mirror Neuron Areas* zudem eine Funktion bei abstrakten Absichtsplänen (Iacoboni et al., 2005) zu.

Als weiteres neuronales Areal, welches eine Spiegelung emotionaler Inhalte ermöglicht, gilt der inferior parietale Lobulus (IPL). Wie bereits oben formuliert, funktioniert dieser Bereich als sensorisches Kerngebiet und unterstützt dabei Wahrnehmung (Radua et al., 2010) und Imitation (Jackson et al., 2006; Shamay-Tsoory et al., 2009) emotionaler Mimik.

Neben den Kerngebieten des sogenannten *MNS* sind auch andere neuronale Areale bei der passiven Betrachtung emotionaler Gesichtsausdrücke beteiligt, so beispielsweise die präsupplementär motorische Area (*prä-SMA*) (Seitz et al., 2008). Neben Aufgabenbereichen des allgemeinen Arbeitsgedächtnisses (Haxby et al., 2000) steht diese Area vor allem in Assoziation mit sensorischen Prozessen, die eine selbstbezogene Komponente aufwiesen (Seitz et al., 2006). Hiermit sind Anforderungen an mentale Prozesse gemeint, die afferente Impulse der Umwelt in direkten Zusammenhang mit dem eigenen mentalen Status bringen und somit beispielsweise die Grundlage für eine relative Verortung in einem sozialen Kontext ermöglichen. (vgl. Azari et al., 2001, Seitz et al., 2008, Vogeley et al., 2001). So wurde letztendlich beschrieben, dass der *prä-SMA* bei der Übertragung von externen Informationen in den internen, also eigenen, mentalen Zustand eine entscheidende Kontrollfunktion zukommt (Seitz et al., 2006). Zusätzlich zu dem sogenannten *MNS* sind folglich bereits auf diesem funktionellen Niveaueinige Prozesse zur Generierung einer empathischen Antwort notwendig, die auf spiegelnder und affektiv-emotionaler Ebene partiell überlappend ablaufen.

Interessanterweise reagieren bereits Säuglinge mit emotionaler Ansteckung auf andere Personen (Singer, 2006). Diese Entwicklung findet statt, bevor die Fähigkeit der Perspektivenübernahme erlernt wird, was erst mit fortschreitender kognitiver Entwicklung geschieht (De Waal, 2008). Das bedeutet, dass die beschriebene spiegelnde und affektive Komponente der Empathie biographisch früher entwickelt wird als höher kognitiv-empathische Fähigkeiten wie die Eigen- und Fremdwahrnehmung (Singer, 2006) und das kognitive Einfühlen in eine andere Person (Chakrabarti und Baron-Cohen, 2006).

Schlussfolgernd entsteht über die Selbstattribution eines beobachteten, emotionalen Gesichtsausdrucks die Basis für die Reaktion eines Betrachters auf den emotionalen Zustand eines Anderen (Schulte-Rüther et al., 2007; Shamay-Tsoory, 2009). Ein Imitieren des Ausdrucks erleichtert das Verständnis.

3.2 Kognitive und affektive Komponenten der Theory of Mind

Um über die oben beschriebenen Vorgänge hinaus eine genauere Analyse und Interpretation sozialer Kontexte zu erreichen, die ein differenziertes Einfühlen in mentale Gefühlszustände anderer Menschen zulassen können und deren Handlungen und Absichten, sowie die damit verbundenen Verhaltens- und Reaktionsweisen nachvollziehbar machen, werden differenzierte kognitiv-empathische Fähigkeiten benötigt (Premack und Woodruff, 1978; Blair, 2005; Chakrabarti et al. 2006; Förstl, 2007). Diese Prozesse wurden in der Vergangenheit vielfach als *Theory of Mind (ToM)* bezeichnet. Förstl führte an, dass diese Fähigkeiten die elementare Grundlage des sozialen Miteinanders bilden, da wir ohne das bewusste Gespür für die Bedürfnisse anderer Menschen, kein Mitgefühl und keine Rücksicht für diese aufbauen können (Förstl, 2007).

Für dieses differenzierte Einfühlen wird einerseits ein kognitives Verständnis benötigt, um Gedanken, Meinungen und Wissensunterschiede zwischen einem Selbst und dem Gegenüber festzustellen, andererseits aber ebenso ein affektives Verständnis, um den emotionalen Status des Gegenübers fühlbar werden zu lassen (Baron-Cohen et al., 1997; Shamay-Tsoory et al., 2007). Beispielsweise kann sich eine beobachtende Person zwar kognitiv in die Lage und situativen Umstände eines Menschen versetzen, der ein Familienmitglied verloren hat, jedoch kann sie das emotionale Mitempfinden (und auch Mitleiden) seines Unglücks oder seiner Trauer erst erreichen, wenn auch die affektiven Inhalte dieses Schicksals auf die eigene Person transportiert wurden (vgl. Shamay-Tsoory et al., 2003).

Hirnareale, die mit der affektiven *ToM* in Verbindung gebracht wurden, liegen vor allem im (ventro-) medialen präfrontalen Kortex (vmPFC) (Frith & Frith, 2003; Grosbras & Paus, 2006; Schulte-Rüther et al., 2007; Mitchell et al. 2005, Shamay-Tsoory et al., 2003). Patient_innen mit Ausfällen im Bereich des vmPFC erreichten signifikant schlechtere affektive *ToM* Leistungen, während Ausfälle im frontotemporalen Bereich deutlich niedrigere kognitive *ToM* Fähigkeiten bedingten (Shamay-Tsoory et al., 2007). Es scheint somit eine anatomische Unterteilung zwischen den beiden *ToM*- Phänomenen

möglich zu sein. Aus der Literatur geht hervor, dass der vmPFC außerdem mit der Perspektivenübernahme (Stuss, Gallup, & Alexander, 2001) und während der Erkennung von sprachlichen Begriffen bezüglich mentaler Zustände (Baron-Cohen et al., 1994) assoziiert wurde, was auf eine Einbettung in semantische Arbeitsprozesse hindeutet.

Innerhalb des frontomedialen Kortex ließen sich in der Vergangenheit diverse spezifische Areale der affektiven ToM detektieren: So konnte das Brodmann Areal (BA) 10 (Hynes et al., 2006; Völlm et al., 2006; Hooker et al., 2008), der anteriore cinguläre Kortex (ACC) (Bush et al., 2000, Schulte-Rüther et al., 2007; Hooker et al., 2008; Seitz et al., 2008) und die prä-SMA (Grosbras & Paus, 2006; Schulte-Rüther et al., 2007; Seitz et al., 2008; Prochnow et al., 2012) mit den affektiven *ToM* Kompetenzen in Verbindung gebracht werden.

Abbildung 1

Schematischer Aufbau empathischer Netzwerke



Abbildung 1: Empathische Prozesse finden in verschiedenen neuronalen Netzwerken statt. Dabei kann eine gewisse, aufeinander bauende Anordnung der verschiedenen Komponenten festgestellt werden, die hier von unten nach oben dargestellt ist. Zu bemerken ist, dass diese schematisch- hierarchische Anordnung aufgrund der Komplexität empathischer Prozesse nicht streng anwendbar ist. Vielmehr finden sich fließende Übergänge, was sicherlich auch dadurch erklärbar ist, dass eine empathische Verarbeitung zu einem gewissen Grad verschiedene Teilbereiche des empathischen Netzwerkes aktiviert (vgl. Jackson et al., 2005; Shamay- Tsoory et al., 2009).

Die strikte Trennung emotionaler und kognitiver Empathieprozesse ist allerdings durchaus diskutabel (Shamay- Tsoory et al., 2009, Heberlein & Saxe, 2005). Nach Jackson et al. (2005) fordert mitunter jede empathische Antwort zu einem gewissen Grad beide Komponenten. Und auch Shamay- Tsoory et al. (2009) gaben an, dass der IFG und vmPFC Kortex sowohl bei emotionalen, als auch kognitiven Prozessen beteiligt sind. Somit kann schlussfolgernd angenommen werden, dass der bislang veranschaulichte strukturelle Aufbau unterschiedlicher empathischer Phänomene durch verschiedene neuronale Korrelate repräsentiert wird und durchaus eine gewisse Ordnung und Hierarchie erkennen lässt. Dieser Aufbau darf aber keineswegs als starres Konstrukt verstanden werden, sondern besteht vielfach funktionell überlappend, sodass eine streng selektive Aktivierung entweder affektiv-emotionaler oder kognitiver Empathieprozesse eigentlich nicht möglich ist (vgl. Shamay- Tsoory et al., 2009). In Abbildung 1 sind die beschriebenen empathischen Konzepte mit dem Versuch einer systematischen Einordnung zusammengefasst veranschaulicht.

4 Subliminale Wahrnehmung

Die bisherigen Ausführungen gingen von einer direkten und ‚bewusst‘ wahrgenommenen Begegnung und empathischen Einschätzung des Gegenübers aus. Welche physiologischen Vorgänge erlauben jedoch Wahrnehmungs- und Empathieprozesse, wenn ein zwischenmenschlicher Kontakt unterhalb der bewussten Wahrnehmungsschwelle bleibt, was beispielweise bei besonders kurzer Konfrontationszeit oder bei einem geringen Aufmerksamkeitsniveau entstehen kann?

Nähert man sich den bisherigen Untersuchungen subliminaler Phänomene, so wird deutlich, dass eine emotionale Verarbeitung unter gewissen Umständen prekognitiv ablaufen kann (Zajonc, 1980) und somit über subliminale Verarbeitungsprozesse beeinflussbar ist (Murphy & Zajonc, 1993; Robles et al., 1987). Subliminale affektive Stimuli haben demnach das Potential, Perzeption und Verhalten zu lenken um Gehirnaktivitäten (Winkielmann et al., 2005; Yamada & Decety, 2009; Duan et al., 2010; Ruys & Aarts, 2012) und den aktuellen Emotionszustand zu beeinflussen (Mayer & Merckelbach, 1999). In welchem Umfang ist das möglich? Wie konkret sind diese subliminalen Verarbeitungsprozesse?

Ibáñez et al. (2011) konnten über die Darbietung subliminaler, schmerzbehafteter Gesichtsabbildungen einen deutlichen Nachweis für die implizite Verarbeitung von Schmerzreizen feststellen. Diese unterbewusste Verarbeitung solcher Stimuli kann evolutiv mit unbedingten, überlebensnotwendigen Verhaltensreaktionen in Verbindung gebracht werden, die durch das Beobachten von Angst und Schmerz in dem Gesicht eines anderen Menschen während einer gefahrenvollen Situation getriggert werden (Morris, et al. 1999, Ohman, 1979; Price, 1988; Williams, 2002). Dimberg et al. (2000) erläuterten, dass bei der Beobachtung subliminaler, emotionaler Gesichtsausdrücke ein unbewusstes physiologisches Antwortverhalten in der mimischen Muskulatur evoziert werden kann, welches über sogenannte *rapidly operating affect programs* (Dimberg et al., 2000) verarbeitet wird. Die Autoren verwendeten hierbei neutrale, glückliche und wütende Gesichtsausdrücke aus *Ekman and Friesen's Pictures of Facial Affect* (1976).

Darüber hinaus scheint die Verarbeitung subliminaler Abbildungen nicht nur auf einer allgemeinen Wertigkeitsebene zu erfolgen, wie der Unterscheidung zwischen positiven und negativen emotionalen Gesichtsabbildungen, sondern auch spezifischere Differenzierungen zuzulassen (Rohr et al., 2012). Die Autor_innen konnten zeigen, dass die Reaktionen auf subliminal präsentierte Gesichter mit wütendem Charakter von traurigen oder ängstlichen Ausdrücken unterscheidbar waren, wohingegen diese Differenzierung zwischen traurigen und ängstlichen Gesichtsabbildungen nicht gelang (Rohr et al., 2012). Spezifische Charaktereigenschaften unterschiedlicher Emotionskategorien wurden also trotz der subjektiv unterbewussten Präsentation verarbeitet (Rohr et al., 2012). Bislang ist unklar, welche neuronalen Korrelate hierbei aktiviert sind oder über welche empathischen Strategien diese Verarbeitung stattfindet. Nach unserer Informationslage steht zudem eine kombinierte Betrachtung der neuronalen Korrelate in direkter Verbindung mit einer differenzierten Verhaltensanalyse bislang aus.

5 Prinzip der Bildgebung funktionaler Magnetresonanztomographie

Um die Hirnareale zu detektieren, die in Zusammenhang mit der Verarbeitung supra- und subliminaler emotionaler Gesichtsabbildungen stehen und eine empathische Reaktion auf diese generieren, nutzte diese Studie die Technik der funktionellen Magnetresonanztomographie (fMRT).

5.1 Technik der Magnetresonanztomographie (MRT)

Das Grundprinzip dieses nicht invasiven Verfahrens basiert auf den magnetischen Eigenschaften der Wasserstoffprotonen (H^+), die in fast allen körperlichen Geweben vorkommen. Protonen besitzen eigene kleine Magnetfelder, die einen Eigendrehimpuls („*spin*“) bewirken und gleichzeitig um die Achse ihres Kernspins kreisen (Präzession). Die unzähligen kleinen Magnetfelder der Protonen sind unter normalen Bedingungen zufällig angeordnet und heben sich dadurch gegenseitig auf, sodass keine Nettomagnetisierung des Gesamtkörpers entsteht.

Durch das MRT wirkt ein starkes, äußeres Magnetfeld auf die Protonen und ihren jeweiligen Eigendrehimpuls, was eine synchrone Ausrichtung des Hauptvektors der einzelnen Magnetfelder entlang der Feldlinien dieses Magnetfeldes bewirkt. Durch eine kurze Energieeinwirkung in Form eines Hochfrequenzpulses (HF), der durch eine Spule geleitet wird, wird die Achse der Eigendrehimpulse phasensynchron transversal abgelenkt. Die Stärke dieser Ablenkung wird als *flip angle* bezeichnet. Nach Abschaltung des HF verlieren die Protonen an Energie und kehren in den natürlichen Gleichgewichtszustand im MRT- Gerät zurück (Relaxation), was wiederum durch das Gerät detektiert wird. Die Längsmagnetisierung nimmt dabei zu (T1 Relaxation, longitudinale Auslenkung), während die Quermagnetisierung abnimmt (T2 Relaxation, transversale Auslenkung). Die T1- und T2- Relaxationszeiten sind hierbei jeweils gewebespezifisch, da die Protonendichte je nach Gewebeart variiert. Die dadurch entstehenden unterschiedlichen Signalintensitäten bedingen den Bildkontrast und erlauben eine Nachbildung des untersuchten Gewebes. Als TR (Time to Repetition) wird die Zeit zwischen zwei HF bezeichnet, die TE (Time to Echo) stellt die Zeit zwischen Abnahme des HF und der Signaldetektion da (Jackson & Thomas, 2009). Die kleinste rekonstruierte, dreidimensionale Bildeinheit wird als *Voxel* bezeichnet.

5.2 Der BOLD- Effekt und die funktionelle MRT (fMRT)

Die gewebespezifischen Relaxationszeiten macht sich auch die fMRT zunutze. Es konnte gezeigt werden, dass die Abgabe von Sauerstoff aus oxygeniertem Hämoglobin mit einer Veränderung der magnetischen Eigenschaften einhergeht. Die fMRT nutzt diesbezüglich folgenden physiologischen Prozess:

Wenn die neuronale Aktivität in einer Region zunimmt, steigt kompensatorisch der regionale Blutfluss überproportional zu dem Sauerstoffmetabolismus an, sodass die Konzentration an oxygeniertem Blut in den kapillären und venösen Gefäßen die Konzentration an desoxygeniertem Blut übersteigt (Buxton, 2009; Ogawa et al., 1990). Dieses Phänomen, die Reduktion des desoxygenierten Blutes in Zusammenhang mit einem Anstieg der neuronalen Aktivität, bewirkt eine lokale Zunahme des MR Signals und wird als *Blood Oxygenation Level Dependent Effect (BOLD- Effekt)* bezeichnet (Buxton, 2009). Dabei kommt es insbesondere zu einem Anstieg der T2- Relaxationszeit (Buxton, 2009). Um eine schnelle und genaue Aufnahme der Blutflussveränderungen zu erhalten, muss eine TE gewählt werden, innerhalb der ein BOLD- Effekt messbar wird (etwa 40 – 60ms). Nach einem HF wird die Gesamtblutflussveränderung des Gehirns durch eine spezielle Bildaufnahmesequenz (*EPI Sequenz*, engl.: *echo planar imaging sequence*) mit etwa 40 Schichtaufnahmen à 4 mm Dicke innerhalb einer TR erfasst (Stehling et al., 1991). Für diese Aufnahme muss eine minimale TR von circa zwei Sekunden gewählt werden (Buxton, 2009).

Da der kompensatorische Anstieg des Blutflusses aufgrund seiner physikalischen Eigenschaften eher träge verläuft, tritt auch dessen höchster Anstieg (*peak*) verzögert auf (Rosen et al., 1998). Die fMRT- Technik muss also den neuronalen Aktivitäten eine *BOLD* Antwort mit entsprechender zeitlicher Verzögerung zuordnen und präsentiert somit eine indirekte Abbildung dieser neuronalen Aktivität (Logothetis et al., 2001). Diese mathematische Annäherung an die passende BOLD Antwort wird als hämodynamische Antwortfunktion (*HRF*, engl: *hemodynamic response function*) bezeichnet.

Um eine gemessene, neuronale Aktivität in einer Hirnregion beispielweise einem visuellen Eindruck oder einer motorischen Aktion zuzuordnen, muss eine Verknüpfung der MRT Bilddaten mit den jeweils zur selben Zeit durchgeführten Bedingungen erfolgen. Als Bezeichnung für die verschiedenen Aufgabentypen oder Bedingungen wird der Begriff „Prädiktor“ genutzt. Die Verknüpfung geschieht in Form eines Allgemeinen Linearen Modells (*GLM*, engl: *General Linear Modell*), welches über eine multiple Korrelationsanalyse die verschiedenen Voxelzeitreihen mit den Prädiktorzeitreihen in Zusammenhang bringen kann. Prinzipiell wird ermittelt, welcher Prädiktor (oder welche Prädiktorkombination) eine Veränderung des BOLD Signals in einem entsprechendem Voxel bewirkt. Zunächst erfolgt eine *Level 1* Analyse, in der das *GLM* auf die Datenerhebung einer einzelnen Person angewandt wird. Um allgemeine Aussagen treffen zu können, schließt sich dann eine *Level 2* Analyse an, in der ein *GLM* über den summierten Datensatz sämtlicher Proband_innen berechnet wird.

6 Zusammenfassung der Grundlagen

Emotionen sind elementare Bestandteile bei sozialen, nonverbalen Kommunikationstechniken. Gesichtsausdrücke dienen hierbei maßgeblich als Vermittler des emotionalen Inhalts. Diesen wahrzunehmen, zu dekodieren und kategorisieren, ist die Voraussetzung für eine folgende empathische Antwort. Die empathische Reaktion gliedert sich dabei in motorische Imitationsvorgänge und höhere affektiv-kognitive Prozesse, die ein umfassendes Einfühlen und Nachempfinden in die betrachtete Person erlauben. Es gibt Hinweise dafür, dass auch subliminal dargestellte emotionale Gesichtsausdrücke differenziert verarbeitet werden und eine empathische Antwort bedingen können. Diesen Hinweisen soll mittels einer fMRT-Untersuchung nachgegangen werden.

VI Motivation, Fragestellungen und Hypothesen

In den letzten Jahren gelang mit Hilfe moderner Bildgebung eine genauere Betrachtung emotionaler und empathischer Vorgänge. Es konnten, wie oben dargestellt, diverse Netzwerke herausgearbeitet werden, die an unterschiedlichen sozialen, kommunikativen und empathischen Prozessen beteiligt sind. Dennoch sind aktuell noch viele Aspekte dieses Themenbereichs, insbesondere auch unbewusste nonverbale Kommunikationstechniken, nicht erschöpfend analysiert worden. Dadurch motiviert, war das Ziel dieser Arbeit unbewusste empathische Prozesse in Bezug auf deren Alltagsrelevanz zu analysieren.

1 Fragestellungen

Im Fokus unserer Betrachtungen standen vor allem die dabei beteiligten neuronalen Netzwerke und die möglichen Verhaltensauswirkungen. Dabei stellten sich besonders folgende Fragen:

- 1) Wie ausgeprägt sind Auswirkungen unterbewusst wahrgenommener emotionaler Gesichtsausdrücke auf Entscheidungsprozesse? Auf welche Weise zeigt sich eine Beeinflussung?
- 2) Gibt es hierbei Unterschiede zwischen verschiedenen Emotionskategorien?
- 3) Welche neuronalen Korrelate sind bei der Verarbeitung beteiligt?
- 4) Auf welchem kognitiven Niveau findet eine Verarbeitung statt?
- 5) Wie stellen sich Unterschiede zwischen bewusst oder unbewusst wahrgenommenen emotionalen Gesichtsausdrücken dar?

2 Hypothesen

Auf Basis der aktuellen Datenlage ließen sich zu den Fragestellungen folgende Hypothesen fassen:

- 1) *Unterhalb der bewussten Wahrnehmungsschwelle, also subliminal präsentierte, emotionale Gesichtsausdrücke beeinflussen die Wahrnehmung und Bewertung nachfolgender Reize.*

Die oben beschriebene Literatur lässt rückschließen, dass subliminal dargebotene emotionale Stimuli eine Modulation neuronaler Bewertungsprozesse bedingen können. Wir erwarteten, dass sowohl eine Beeinflussung auf einer allgemeinen Wertigkeitsskala (positiv vs negativ), als auch innerhalb einer Wertigkeitsstufe (negativ vs negativ), möglich ist (vgl. Rohr et al., 2012).

-
- 2) *Bewusst wahrgenommene, also supraliminal präsentierte emotionale Gesichtsausdrücke, mit der Instruktion, dieses nachfolgend durch das korrespondierende Adjektiv zu kategorisieren, werden empathisch verarbeitet.*

Der Einschluss eines intersozialen Kontextes, die Zuordnungsfunktion und der semantische Charakter der Aufgabe lassen entsprechend des mehrstufigen Empathiekonzeptes (Shamay Tsoury et al., 2009) eine Verarbeitung auf spiegelnder und höherer empathischer Verarbeitung vermuten. Wir erwarteten, dass entsprechend der aktuellen Datenlage eine Beteiligung inferior- frontaler, medial- präfrontaler, anterior- cingulärer und parietaler Kortextareale in diesem Aufgabenteil aktiviert wird.

- 3) *Bei der subliminalen Präsentation emotionaler Gesichtsausdrücke erfolgt, vergleichbar mit bewusst wahrgenommenen emotionalen Gesichtsausdrücken, ebenfalls eine empathische Verarbeitung. Es wird hierbei aufgrund des niedrigeren Bewusstseinslevel ein insgesamt schwächeres Ausmaß der Aktivierungsparameter erwartet.*

Entsprechend der Hypothese 2) konnte eine Aktivierung der beschriebenen Kortextareale auch hier erwartet werden, dabei sollten allerdings relevante Unterschiede im Aktivierungsausmaß der jeweiligen Regionen festzustellen sein, was mit den unbewussten Verarbeitungsmechanismen erklärt werden könnte: Entsprechend der Annahme, dass die subliminale Verarbeitung auf einem niedrigeren Bewusstseinslevel stattfindet und dabei permanent und parallel zu den bewussten und aktiveren neuronalen Prozessen abläuft, bewirken diese unbewussten Prozessen womöglich prinzipiell einen schwächeren Aktivierungsgrad.

- 4) *Der Aktivierungsgrad empathie-assoziierter Areale korreliert mit den per Selbstauskunft erhobenen Parametern zur Einschätzung der Empathiefähigkeit.*
- 5) *Der Aktivierungsgrad empathie-assoziierter Areale korreliert negativ mit den per Selbstauskunft erhobenen Parametern zur Einschätzung der Alexithymie.*

Aus der aktuellen Literatur ging hervor, dass die persönlichen Charaktermerkmale zur Empathiefähigkeit und auch emotionalen Kompetenz (z. B. Alexithymie) individuell ausgeprägt sind. Diese Ausprägungen lassen sich mit standardisierten Fragebögen festhalten und damit auch auswerten. Menschen mit Einschränkungen in diesen Eigenschaften werden folglich größere Schwierigkeiten in Situationen haben, die ein hohes Maß an Empathie fordern. Als Grundlage dafür besteht nach oben beschriebener Datenlage eine neuronale Dysfunktion, vermutlich im Sinne verminderter Aktivierung. Je stärker eine Person mit empathischen und emotionalen Fähigkeiten ausgestattet ist, desto aktiver sollten dann auch, als Zeichen kompetenter empathischer Verarbeitung, die empathie-assozierten

neuronalen Netzwerke sein. Diese Korrelation verhält sich entsprechend invers bei Menschen mit emotionalen Defiziten im Sinne stärker ausgeprägter Alexithymie.

VII Material und Methoden

1 Kriterien zur Proband_innenselektion

Für Analysen empathischer Prozesse waren die Auswahlkriterien für die Proband_innen umfassend und präzise zu stellen. Insbesondere die Ausprägungen individueller emotionaler und empathischer Kompetenzen sollten hierbei berücksichtigt und genau gewählt werden, um die Ergebnisse exakt beurteilen zu können. Per Fragebögen erfolgte die Erhebung der Auswahlkriterien wie folgend dargestellt.

1.1 Parameter zum Einschluss in die Studie

Im Vorfeld der Studie gaben die Proband_innen über eine Selbstauskunft die Ausprägung folgender persönlicher Merkmale an: Alter, Geschlecht, Bildung, normale oder korrigierte Sehfähigkeit, Deutsch als Muttersprache, keine psychiatrischen oder neurologischen Erkrankungen in der Anamnese. Darüber hinaus erfolgte eine Testung auf definierte Einschlusskriterien mittels Fragebögen (für die jeweiligen Testbeschreibungen s. Kapitel VII 1.2). Dazu gehörten der Grad an Alexithymie (TAS20, Bagby et al., 1994, Einschlusswert < 52), der Ausschluss depressiver Tendenzen (BDI, Hautzinger et al., 1995, Einschlusswert < 9), gute Empathiefähigkeit (SPF, Einschlusswerte: Fantasiefähigkeit ≥ 10 , Perspektivenübernahme ≥ 13 , Empathie ≥ 12), überwiegend positive Gefühle während der kürzlich zurückliegenden Zeit (PANAS, positive affect $>$ negative affect) und das Fehlen kritischer Lebensereignisse, sowie Rechtshändigkeit (Edinburgh Inventory, Oldfield, 1971). Von der MRT-Untersuchung ausgeschlossen wurden Proband_innen mit MRT-unverträglichen Metallen am/ im Körper (Körperschmuck, Herz-Schrittmacher, etc), mit vorliegender Schwangerschaft, mit größeren oder bleihaltigen Tattoowierungen, mit klaustrophobischen Tendenzen oder bei Einnahme psychogener Medikamente.

Unmittelbar vor der Experimentdurchführung gaben alle teilnehmenden Personen, nach ausführlicher Versuchseinweisung mit Klärung eventueller Rückfragen, das schriftliche Einverständnis zur freiwilligen, bezahlten Studienteilnahme.

1.2 Darstellung der verwendeten Einschlussfragebögen

1.2.1 *Toronto Alexithymia Scale in der deutschen Fassung (TAS 20)*

Die Toronto Alexithymie Skala diente als Selbstbeurteilungsinstrument zur Erfassung der Alexithymie, einem innerhalb der Bevölkerung normalverteilten Persönlichkeitsmerkmal (Franz et al., 2008). In dieser Studie wurde die Ausprägung der Alexithymie mittels der deutschsprachigen 20-Item TAS-

Version (Bagby et al., 1994) bestimmt. Die jeweiligen *Items* stellten hierbei Fragen zum emotionalen Erleben dar, welche die Proband_innen anhand einer fünfstufigen Likert-Skala beantworten sollten. Jeder Antwortmöglichkeit wurde ein *Scorewert* zugeteilt, wobei ein *Gesamtscore* zwischen 20-100 erreicht werden konnte. Betrag der erreichte *Gesamtscore* weniger als 53, konnten relevante alexithyme Persönlichkeitsmerkmale ausgeschlossen werden (Franz et al., 2008).

Die 20 *Items* der *TAS* waren als trifaktorielle Struktur konzipiert, wobei der erste Faktor (*Item* 1-7) Schwierigkeiten im Rahmen der Identifikation von Gefühlen beschrieb, der zweite Faktor (*Item* 8-12) auf Einschränkungen bei der Beschreibung von Gefühlen abzielte und der dritte Faktor (*Item* 13-20) eine external orientierte Denkweise von Gefühlen erfasste (Taylor et al., 2003).

Die *TAS* weist eine gute interne Konsistenz (Cronbachs Alpha .81) und Retest-Reliabilität ($r = .77$ bei $p < 0.01$) auf (Taylor et al., 2003) und stellt ein valides Testverfahren zur Erfassung von alexithymen Persönlichkeitsmerkmalen dar (Bagby et al. 1994).

1.2.2 Beck Depression Inventory (BDI)

Der *BDI* ist ein Test zur Erfassung der Schwere depressiver Symptomatik. Hierbei sollte(n) für 21 Aussagegruppen mit jeweils 4 Aussagen verschiedener Intensität, die am ehesten zutreffende(n) Aussage(n) markiert werden. Bei grundsätzlicher Eignung für Personen zwischen 18- und 80 Jahren, war auch speziell die Anwendbarkeit auf studentische (Lukesch, 1974; Dobson & Breiter 1981) und nichtklinische Gruppen (Oliver and Simmons, 1984) validiert. Ein *Gesamtscore* von unter 11 galt als unauffällig, wobei für nichtdepressiven Gruppen ein Mittelwert von 6,45 (SD = 5,2) erhoben werden konnte. Werte über 18 werden als klinisch relevante Depression bewertet. Die Trennschärfekoeffizienten, insbesondere bei depressiven Menschen, betragen über .40, bei Jüngeren konnten Koeffizienten um .50 ermittelt werden (Beck, 1967; Vinor & Graf, 1969). Die innere Konsistenz (Cronbach's alpha) über alle Probanden betrug .88. Die inhaltliche Validität war gegeben, wobei die Beschwerden der Depression vollständig abgebildet wurden (Moran & Lambert, 1983). Die Retest Reliabilität über sieben Tage lag zwischen .60 und .81 (Beck, 2005).

1.2.3 Saarbrücker Persönlichkeitsfragebogen (SPF)

Der *SPF* stellte eine überarbeitete Version des *Interpersonal Reactivity Index (IRI)* dar, und diente zur Einschätzung der Fantasiefähigkeit, Perspektivenübernahme und Empathie. Dies gelang anhand der Bewertung von 16 verschiedenen Aussagen mittels einer 5- Punkte- Skala (von 1= trifft überhaupt nicht zu, bis 5= trifft immer zu). Bezüglich der Reliabilität sind Cronbach- Alpha-Werte zwischen .71 und .78 beschrieben (Davis, 1983), während die Retest- Werte nach 8-10 Wochen zwischen .62 und .80 variieren (Davis & Franzoi, 1991). Die Trennschärfe der einzelnen Items (mit Ausnahme des Item 13) waren mit über .27 als brauchbar einzustufen (Paulus, 2009), die Itemschwierigkeit variierte zwischen den einzelnen Aussagen von $p=.45$ bis $p=.79$ (Paulus, 2009). Zur Bestimmung der externen

Validität ergab ein Vergleich mit der E-Skala (Silbereisen & Schulz, 1977) und dem Empathiefragebogen nach Schmitt (Schmitt, 1982) eine signifikant positive Korrelation auf der *empathicconcern*-Skala mit beiden Tests ($r=.58$; $p<.01$); der *fantasy* Skala mit dem *fantasyscore* bei der E-Skala ($r=.78$, $p<.01$) und der *personal distress* Skala mit der *Distress* Skala bei dem Empathiefragebogen nach Schmitt ($r=.31$, $p<.05$) (Paulus, 2009).

1.2.4 Oldfield's Edingburgh- Inventory (1971)

Mittels der Edindburgh- Inventory von Oldfield (1971) konnte die Händigkeit der Proband_innen über 14 Tätigkeiten erfasst werden, bei denen die jeweilige Handpräferenz angegeben werden sollte (Zum Beispiel: „Mit welcher Hand schreiben Sie?“). Bestand bei einer Tätigkeit eine gleichstarke Präferenz der rechten und linken Hand, so sollten beide Seiten gewählt werden, wurde das Tätigkeitsitem noch nie ausgeführt, sollte keine Seite angegeben werden. Der prozentuale Grad der Rechts- oder Linkspräferenz ließ sich anschließend über folgende Formel berechnen:

$$HQ = \frac{\text{SummeR} - \text{SummeL}}{\text{SummeR} + \text{SummeL}} * 100$$

Die Durchführung dieser Studie erfüllte die Anforderungen der Ethikkommission an der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf und wurde unter dem Aktenzeichen 3614 geführt.

2 Visuelle Stimuli und allgemeines Versuchsparadigma

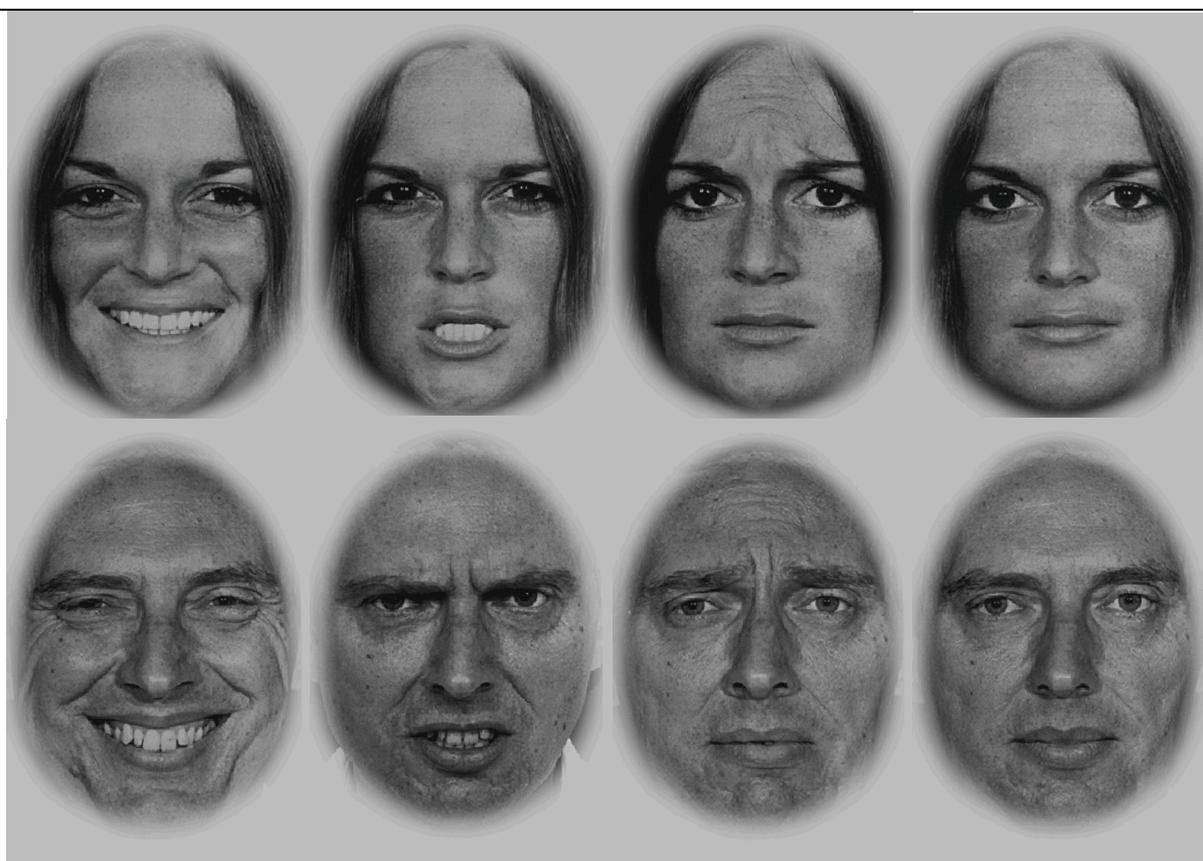
Das Paradigma bestand aus einer *face semantic matching* Aufgabe, bei der emotionalen Gesichtsausdrücken in einer *forced decision task* das jeweils passende Adjektiv zugeordnet werden sollte. Die Probanden_innen wurden angewiesen, sich vorzustellen, dem folgenden emotionalen Gesichtsausdruck im Alltag zu begegnen, um daraufhin nachzuempfinden, wie sich die jeweilige Person fühlte („Wie fühlt er/sie sich?“). Aus dem anschließend projizierten Wortpaar (z.B. fröhlich - aggressiv) sollte dann dasjenige Adjektiv gewählt werden, welches am ehesten mit dem vorherig gesehenen Gesichtsausdruck korrespondierte. Diese Entscheidung musste während der Darstellungszeitpanne der Adjektive (3000ms) mit dem linken oder rechten Zeigefingerdruck (für das links oder rechts projizierte Adjektiv) auf einem Antwortschalter abgegeben werden. Im Vorfeld jedes Versuches erhielten alle Probanden_innen zunächst eine schriftliche Einweisung in das Experiment, gefolgt von einem kurzen, exemplarischen Probedurchlauf, um mit dem Ablauf vertraut zu werden.

Die verwendeten Gesichtsausdrücke stammen aus der Serie von Ekman und Friesen (1976) und sind beispielhaft in Abbildung 2 wiedergegeben.

Grundsätzlich folgte der Ablauf der verschiedenen Stimuli einem wiederkehrenden Durchgangsmuster (siehe Abbildung 3): Nach dem Erscheinen eines Fixationskreuzes als Start- und Fokussierungssignal, erschien eine emotionale Gesichtsabbildung von Freude, Wut oder Trauer aus dem Ekman & Friesen Picture Set (Ekman & Friesen 1976), dargestellt durch ein männliches oder weibliches Model. Diese Gesichtsabbildungen konnten bereits vielfach in ähnlichen Studien angewandt werden und waren in ihrer Wirkung somit ausreichend validiert (vgl. Dimberg et al., 2000).

Abbildung 2

Emotionale Gesichtsausdrücke, dargestellt durch ein weibliches und ein männliches Modell aus *Ekman & Friesen Picture Set* (Ekman und Friesen, 1976)



Freude

Wut

Trauer

Neutrale Maske

Abbildung 2: Als visuelle Stimuli dienten jeweils vier Abbildungen eines männlichen und weiblichen Modells aus dem Ekman & Friesen Picture Set von 1976. Gewählt wurden jeweils die Emotionskategorien „Freude“, „Trauer“ und „Wut“, sowie als Kontrollabbildung ein „neutraler“ Gesichtsausdruck.

Die Gesichtspräsentation erfolgte entweder supraliminal (über 400ms) oder subliminal (über 40ms), wie in Abbildung 3 skizziert. Um ein bewusstes Wahrnehmen des subliminal dargestellten Stimulus zu verhindern, wurde eine *Backward*-Maskierung-Technik (Breitmeyer und Ogman, 2000) durch eine neutrale Gesichtsabbildung der zugehörigen Person (über 360ms) angewendet. In der Technik subliminaler Präsentationen kommt der Maske eine elementare Funktion zu (s. a. Jaskowski und Przekoracka-Krawczyk, 2005), wobei hier durch die personelle Übereinstimmung der subliminalen Abbildung mit der neutralen Maskierung ein maximaler Maskierungseffekt angenommen werden konnte.

Abbildung 3

Darstellung des prinzipiellen Paradigmaablaufs

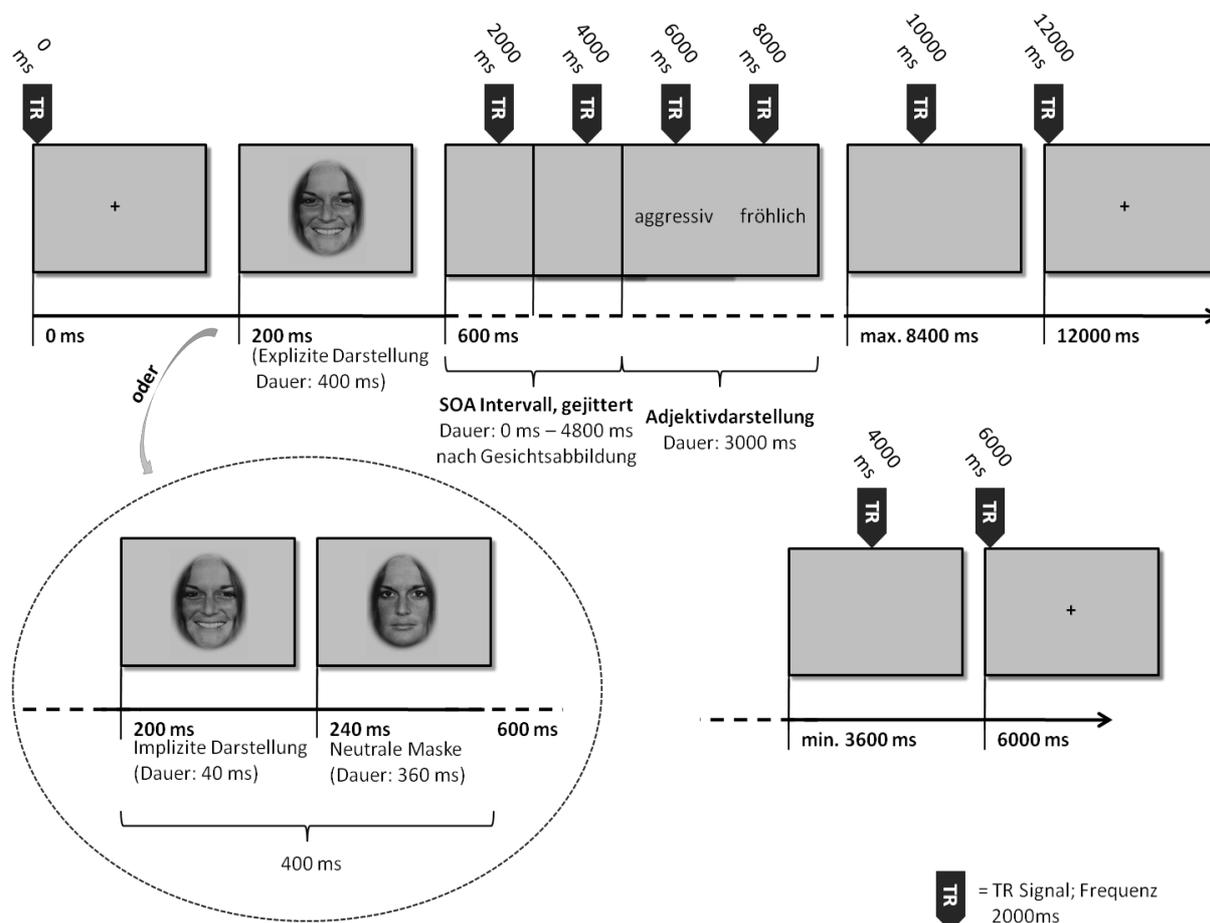


Abbildung 3: Dargestellt ist der zeitliche Verlauf des Paradigmas. Die Ziffern am Zeitstrahl beschreiben den Startzeitpunkt der jeweiligen Darstellung in Millisekunden. Beispielhaft ist der Ablauf eines supraliminalen Stimulus (explizite Darstellung) oder eines subliminalen Stimulus (implizite Darstellung) mit folgender neutraler Maske veranschaulicht. Die minimalen und maximalen Zeitablaufalternativen richteten sich nach dem gejitterten Zeitraum. Mit TR ist das TR Signal signalisiert, welches alle 2 Sekunden gesendet wurde.

Es wurden nur diejenigen neutralen Gesichtsabbildungen zur Studie zugelassen, die mittels einer Testung im Vorfeld (N=30 Probanden, 18 weiblich; Alter: 37,2 Jahre \pm 15,3 Jahre) von über 75% der Bewertenden als neutral beurteilt wurden (Valence \pm 5 im SAM, Bradley & Lang, 1994). Auch die zeitliche Übereinstimmung der beiden Darstellungsmodi (supraliminal: 400ms; subliminal: 40ms + 360ms Maskierung = 400ms) optimierte den Effekt der unbewussten Wahrnehmung, sodass in der subliminalen Kondition lediglich ein neutraler Gesichtsausdruck bewusst wahrgenommen werden konnte. Vor der Versuchsdurchführung erfolgte zudem die Anweisung, bei der Bewertung des offensichtlich neutralen Bildes die nachfolgende Adjektiventscheidung wahllos zu treffen, selbst wenn scheinbar keines der beiden Adjektive passend schien.

Die Präsentation der Adjektive erfolgte verteilt in einem Zeitraum zwischen 400 – 4800 ms (*SOA*: engl: *stimulus onset asynchrony*) nach den Gesichtsbildstimuli, da die Literatur zeigte, dass die Zeit zwischen Stimulus und Entscheidung einen direkten Einfluss auf die Verarbeitung subliminaler Abbildungen haben kann (Hermans et al., 2001; Spruyt et al., 2007). Durch die gewählte *SOA* konnte eine Präsentation (und damit Wahrnehmung) zu verschiedensten Zeitpunkten in einem relativ breiten Zeitraum sichergestellt werden. Im Vorfeld wurden Wortlänge, Wortfrequenz, *Arousal* und *Dominance* der Adjektive erhoben (N = 44 Probanden; 25 weiblich; Alter: 25,1 Jahre \pm 3,6 Jahre; Bildung: 16,9 Jahre \pm 1,0 Jahre), um nur diejenigen paarweise zu zeigen, die in den berichteten Niveaus gleich bewertet wurden. Die Wortkombination bestand entweder aus einer positiven und einer negativen Adjektivkategorie (Freude – Wut, Freude – Trauer) oder aus zwei negativen Adjektivkategorien (Wut – Trauer). Die Häufigkeit der jeweiligen Emotionskategorien (Freude, Trauer, Wut) war insgesamt ausbalanciert und auch die Adjektivepaare waren in allen Konditionen balanciert.

Im Experimentdesign der fMRT Studie wurden zusätzlich noch emotionalfreie, neutrale Objekte und *Nonsense* Bilder präsentiert, um entsprechende Kontraste für die neuronale Aktivierungsmuster zu ermöglichen. Der Ablauf dieser Stimuli ist unter Kapitel VII.3 näher erläutert.

Nach der Durchführung wurden die Versuchspersonen gebeten, alle verwendeten Gesichts- und Objektabbildungen auf einem Papierfragebogen zu evaluieren (*SAM*, Bradley & Lang, 1994). Hierbei gelang über neunstufige Ratingskalen die jeweilige Bewertung der Kategorien Valenz, Arousal und Dominanz, um das emotionale Erleben der gesehenen Gesichter und Objekte quantitativ zu beschreiben. Zuletzt erfolgte in einer direkten Befragung durch die untersuchende Person eine Bewertung des Experiments, die auf einem standardisierten Fragebogen festgehalten wurde. Hierüber gelang sowohl die Vergewisserung, dass alle Testaufgaben verständlich und umsetzbar waren, als auch die Feststellung, dass die subliminalen Stimuli die Bewusstseinschwelle nicht erreichten. Ein bewusstes Wahrnehmen oder eine zielgerichtete Vermutung bezüglich des Kerns der Studie bedingte den Verwurf der jeweilig erhobenen Daten. Weiterhin wurde festgehalten, ob das Experiment insgesamt hinsichtlich seiner zeitlichen und kognitiven Ansprüche mit ausreichender

Konzentrationskraft zu bewältigen war, oder ob die Belastungen (insbesondere bei dem MRT-Versuchsteil) als zu stark empfunden wurden. Als Aufwandsentschädigung erhielten die Proband_innenjeweils 10€ für die Teilnahme an der Verhaltensstudie und 30€ für die Teilnahme an der fMRT Studie.

3 Verhaltensstudie

3.1 Paradigma der Verhaltensstudie

Der besondere Fokus dieses Studienteils lag auf den Auswirkungen subliminaler Gesichtsabbildungen auf die Adjektivwahl. In der Stimulationsbedingung wurde der Stimulationsablauf gewählt, wie in Abbildung 3 dargestellt. Dazu wurden drei Kontrollbedingungen integriert: Anstelle der subliminalen Abbildung erschien in Kontrollbedingung I ein schwarzer Bildschirm für 40 ms, der ein ‚Wackeln‘ oder ‚Blitzen‘ imitierte, was auch beim Wechsel des subliminalen Bildes auf das neutrale Gesichtsbild sichtbar werden konnte und womöglich den empfangenen Bildeindruck beeinflusste. In Kontrollbedingung II erschien lediglich das neutrale Gesicht für 400 ms, um dessen spezifische Auswirkung auf die Adjektivwahl zu ermitteln und Kontrollbedingung III bestand aus der Darstellung supraliminaler emotionaler Gesichtsabbildungen wie oben beschrieben. In allen vier Bedingungen wurden dieselben Adjektivpaare nach dem zuvor erläuterten Paradigma gezeigt. Der Ablauf war in drei Blöcke gegliedert, die durch jeweils eine einminütige Pause getrennt waren. Der Beginn eines neuen Blocks kündigte sich mit der Aufgabenstellung „Wie fühlt er/sie sich?“ an.

Die Experimentdurchführung erfolgte an einem mobilen PC, wobei die Bildstimuli durch das Softwareprogramm Presentation (Version 14.9, Neurobehavioral Systems Inc., Albany CA) gezeigt wurden.

3.2 Statistische Auswertung der Verhaltensdaten

Das Programm Presentation 14.9 detektierte zu jeder Zuordnungsaufgabe die entsprechende Adjektivauswahl mitsamt der Reaktionszeit und notierte bei den supra- und subliminalen Konditionen direkt die Antwortrichtigkeit. Die weitere Auswertung erfolgte durch das Programm SPSS 20. Über einen Syntaxbefehl durch das Programm erfolgte eine zusammenfassende Gruppierung der Einzelitems in unten angegebene Sammelitems. Eine umfassende tabellarische Darstellung der deskriptiven Statistik und der Varianzanalyse ist unter XII Anhang 9 und 10 gelistet.

Insgesamt fand 16-fach die subliminale Präsentation jeder Emotionskategorie (Freude, Trauer, Wut) statt, wobei die gewählten Adjektive gezählt und in Prozentwerte umgewandelt wurden. Beispielsweise erfolgte demnach bei der Emotionskategorie ‚Freude‘ 16-fach die Wahl zwischen einem ‚fröhlichen‘ Adjektiv und einem Adjektiv aus den alternativen Kategorien (‚trauriges‘ oder ‚wütendes‘ Adjektiv). Eine ‚traurige‘ oder ‚wütende‘ Wahlalternative wurde dabei gleich häufig angeboten. Die ermittelten Prozentwerte bezogen sich jeweils auf die Häufigkeit der insgesamt dargestellten Adjektive; in diesem Beispiel folglich: Freude → 16-fach, Trauer → 8-fach, Wut → 8-fach. Die Datenerhebung der anderen Emotionskategorien folgte diesem Schema. Für eine gute Vergleichbarkeit erfolgte hinsichtlich der Kontrollbedingungen I und II abgeleitet aus den emotionalen

Kategorien die Präsentation exakt derselben Antwortkombinationen, wobei auch hier eine Umrechnung der Wahlhäufigkeiten in Prozentwerte vorgenommen wurde. Für weitere Berechnungen funktionierten die Kontrollen I und II aufgrund vergleichbarer Bewertungstendenz als zusammengefasste Kontrollbedingung.

3.3 Statistische Analyse der Verhaltensdaten

Für den direkten Vergleich der Adjektivwahlen zwischen den einzelnen Emotionen bzw. der Kontrollen, wurde eine 4 x 3-faktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung auf beiden Faktoren, d.h. Darstellungskondition (mit den Stufen Freude, Trauer, Wut, Kontrolle) und Adjektivwahl (mit den Stufen fröhlich, traurig, wütend), durchgeführt. Mittels Kolmogorov-Smirnow Test konnte für alle unabhängigen Variablen eine Normalverteilung angenommen werden. Im Falle von signifikanten Haupteffekten wurden im Anschluss an die Varianzanalyse geplante Kontraste gerechnet. Als statistisch signifikant galten Ergebnisse mit $p < 0.05$. Zusätzlich zur Signifikanz wurde für sämtliche Effekte das Effektstärkemaß η^2 berechnet. Cohen's Empfehlungen zur Folge gilt: $\eta^2 < 0.06$ = kleiner Effekt, $\eta^2 < 0.14$ = mittlerer Effekt, $\eta^2 > 0.14$ = großer Effekt (Cohen, 1988).

4 fMRT Untersuchung

4.1 Versuchsaufbau

Die Versuchspersonen befanden sich liegend im MRT mit einer leichten Fixierung des Kopfes durch eine Kopfspule. Über einen daran angebrachten Spiegel wurde der Blick der jeweiligen Versuchsperson auf eine Projektionsleinwand am Fußende der Versuchsperson möglich. Auf dieser wurden die Versuchsabbildungen per *LCD-Beamer* (MT-1050, NEC Co., Tokyo) mit einer Auflösung von 800 x 600 Pixel und einer Bildwiederholungsrate von 60Hz projiziert. Im Vorfeld der Untersuchung erfolgte eine individuelle Justierung und Fokussierung des projizierten Bildes, um eine optimierte Darstellung für die Versuchsperson zu erreichen. Des Weiteren wurden den Probanden_innen die Handhabung eines Antwortschalters mit zwei Auswahltastern erklärt. Schließlich bekamen die Versuchspersonen eine Notfallklingel an den linken Unterarm gelegt.

Das Antwortsignal der beiden Taster wurde durch eine Unterbrechung einer Lichtschranke generiert, die über Glasfaserkabel zu einer außerhalb des MRTs stehenden Umwandlungsbox führten. Dort folgte eine Transformation des Lichtsignals in ein elektrisches Signal, welches über BNC Kabel an eine 32-Kanal USB Box und eine 16 Kanal USB Box geleitet wurde. Gleichfalls sendete auch das MRT zu Beginn jeder *EPI* Sequenz ein Lichtimpuls, welcher nach einer optoelektrischen Umwandlung in dieselben USB Boxen einging. Von der 16 Kanal Box gingen die drei Signale an einen Rechner (Intel Pentium Dual Core E5500; 2,8 GHZ CPU; 2GB DDR-SDRAM; Grafik: ATI Radeon HD3450;

System: Windows XP Professional SP3), der die Bildstimuli abhängig von den eingehenden MR *Triggern* über den *Beamer* darstellte. Das dabei verwendete Präsentationsprogramm (Presentation 14.9; Neurobehavioral Systems Inc.; Albany CA) registrierte alle Tastendrücke und sendete diese als elektrische Signale an einen Aufzeichnungscomputer (Intel Core 2 Duo E6300; 1,86GHZ CPU; 1 GB DDR3-SDRAM; Grafik: Intel Q965 Express; System: Windows XP Professional SP3). Dieser verarbeitete letztendlich alle Informationspulse (die elektrischen Signale des Präsentationsprogramms, die Signale von den Tastern und das MR- Signal) mithilfe des Programms EdWin (MH GmbH, Erfstadt) und stellte sie über das Programm RTEWin (MH GmbH, Erfstadt) dar. Die zur Auswertung verwendeten Daten wurden mittels Matlab 2011b (The MathWorks Inc., Natick MA) für jeden Kanal einzeln ausgelesen. Dieser beschriebene experimentelle Aufbau ist in Abbildung 4 skizziert.

Kontrollbedingung für die Wahrnehmung und Bewertung unemotionaler Inhalte wurde den Versuchspersonen die Aufgabe gestellt, Objektabbildungen (z. B. Regal) passende Adjektive zuzuordnen (z.B. hart - spät). Eine Hälfte der Probanden_innen sah die unemotionalen Stimuli zu Beginn, die andere Hälfte im Anschluss an die emotionalen Gesichtsausdrücke.

Zur Erfassung der rein motorischen Aktivität mussten die Probanden_innen in einer letzten Kontrollbedingung am Ende des Experiments nach Aufforderung alternierend den linken oder rechten Zeigefinger am Antwortschalter betätigen.

4.3 fMRT Parameter

Die MRT Aufnahmen wurden mit einem 3 Tesla Ganzkörper MRT Trio- Tim (Siemens AG, Erlangen) in der Abteilung für Radiologie des Universitätsklinikums Düsseldorf aufgenommen. Pro Proband_in wurden 1200 T2 gewichtete EPI Sequenzen (TR= 2000ms; TE = 30ms; *flip angle* = 90°) mit 28 axialen Schichtaufnahmen parallel zur bicommissuralen Ebene (Auflösung 1,5 x 1,5 mm²; Schichtdicke = 4,0mm) angefertigt. Zusätzlich folgte nach dem Versuchsdurchlauf jeweils eine T1 gewichtete dreidimensionale anatomische Messung (TR = 2300ms; TE = 2,98ms; *flip angle* = 90°) mit 192 Schichten und einer Hochauflösung von 1 x 1 mm².

4.4 Verarbeitung und statistische Analyse der fMRT Daten

Die Auswertung der MRT Daten gelang mit dem Programm BrainVoyager QX 2.2 (Brain Innovation, Maastricht, Niederlande). Um später eine integrierte Analyse aller Probanden_innendaten zu erreichen, musste zunächst zur interindividuellen, dreidimensionalen Vergleichbarkeit eine Normierung jeder dreidimensionalen Messung gelingen. Anhand der Bestimmung folgender anatomischer Merkmale konnte dieses erreicht werden: Definierung der maximalen Ausbreitung in anteriorer, posteriorer, lateraler, kaudaler und kranialer Ebene, sowie der Commissura anterior (AC) und posterior (PC) mit der desbezüglichen AC-PC Ebene. Eine Betrachtung im standardisierten Talairach- System (Lancaster et al., 1997, Lancaster et al., 2000) wurde dadurch ermöglicht.

Aus den Daten des ED-WIN wurden Protokolle erstellt, in denen alle stattgefundenen Events mit ihren jeweiligen Zeitspannen systematisch gelistet wurden. Um später hypothesengeleitete Kontraste zu berechnen, wurden folgende Events als Prädiktoren definiert: I. *Baseline (scrambled pictures)*, II. supraliminale Gesichtsabbildung, III. subliminale Gesichtsabbildung, IV. Objektdarstellung, V. Entscheidung bzgl. der supraliminalen Gesichtsabbildung, VI. Entscheidung bzgl. der subliminalen Gesichtsabbildung, VII. motorische Kontrolle. Jedem Prädiktor wurden alle zugehörigen Zeitspannen mit den entsprechenden MRT Daten zugeordnet.

Die Vorverarbeitung der funktionellen 2D Schichtaufnahmen umfasste eine Korrektur der Schicht-Scan- Zeit (*Slice Time Scan Correction*), der Bewegungsartefakte, die räumliche Glättung (Gauss'sche räumliche Anpassung; $FWHM = 8$ mm) und zeitlich Filterung (*High Pass Filter* = 2). Eine Koregistrierung verband schließlich die funktionellen und dreidimensionalen Aufnahmen. Das konstruierte allgemeine lineare Modell (*General Linear Modell, GLM*) integrierte zusätzlich die Informationen aus dem Eventprotokoll, um letztendlich die Aktivierungsmuster der einzelnen Voxel (Aktivierungseinheiten) in Bezug zu den spezifischen Stimuli zu setzen. Mit Hilfe des *GLM* konnten somit die statistischen Unterschiede der voxelweisen Aktivierungen zwischen den verschiedenen Events verglichen werden.

Zur Erfassung der statistischen Unterschiede dieser Aktivierungen ist eine zeitgenaue Trennung zwischen dem jeweiligen Event und dem zugehörigen *BOLD* Signal, bzw. *HRF* notwendig. Durch die *Deconvolution* Technik konnte dafür ein präziseres sogenanntes *Volume* Protokoll erstellt werden, mit dem eine Betrachtung der *HRF* an unterschiedlichen Zeitpunkten möglich wurde. Jeder *HRF*, die angenommene 20 Sekunden dauert, wurde hierbei alle zwei Sekunden (aufgrund $TR = 2$ Sek.) ein errechnetes *Volume* zugeordnet, sodass letztendlich jede *HRF* mit 10 sogenannten Delta- Funktionen beschrieben werden konnte. Die Anzahl der dadurch entstandenen Prädiktoren erhöhte sich somit auf 70 (7 Prädiktoren mit je 10 Delta Funktionen); der *Baseline*-Prädiktor wurde hierbei aufgrund der längeren Stimulationszeit und der gleichmäßigen Aktivierung als konstant gesetzt. Die voxelweise Analyse beruhte auf einem Signifikanzniveau von $p < .005$ (unkorrigiert) und einer *Cluster* Größe von 10 Voxel. Eine *Random Effects Group Analysis* eliminierte zufällig Aktivierungseffekte sowohl innerhalb eines Datensets, als auch über alle Datensets, um Störeinflüsse durch individuelle Zufallsaktivierungen zu vermeiden. Der Talairach- Daemon (Lancaster et al., 1997, Lancaster et al., 2000) ordnete den berechneten Aktivierungsklustern die jeweilige neuroanatomische Topographie zu.

VIII Ergebnisse

1 Verhaltensstudie

1.1 Probanden_innen

31 Personen (23 weiblich, Alter: 23,9 Jahre \pm 2,2 Jahre; Bildung: 16 \pm 3,6 Jahre) konnten durch die oben beschriebenen Fragebögen in die Verhaltensstudie eingeschlossen werden. Post- hoc berichteten 8 Personen, dass eine ‚Ahnung‘ einer experimentellen Manipulation entwickelt wurde, was zum Ausschluss der Daten aus weiteren Analysen führte. Folglich bestand die Studienpopulation aus 23 Personen (16 weiblich, 74%), wie in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1

Einschlussmerkmale der Proband_innen in der Verhaltensstudie mit den jeweiligen statistischen Ausprägungen

Merkmal	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardfehler	Standardabweichung
Alter	18	29	23,8	0,51	2,38
Bildung	9	24	16,0	0,70	3,29
TAS20	-7	22	9,7	1,86	8,72
Edinburgh	55,6	100	80,2	3,26	15,30
BDI	0	9	3,9	0,77	3,59
SPF gesamt	36	58	43,8	1,24	5,82
Fantasiefähigkeit	10	19	13,9	0,59	2,78
Perspektivenübernahme	13	19	15,4	0,48	2,24
Empathisches Einfühlen	12	20	14,6	0,47	2,20

1.2 Ergebnisse

Supraliminale Gesichtsabbildungen wurden im Mittel mit 96.7% (SD = 3.7) richtig erkannt, wobei dem fröhlichen Gesicht 97.1% (SD = 4.8), dem traurigen Gesicht 95.7% (SD = 5.7) und dem wütendem Gesicht 97.3% (SD = 4.1) der Adjektive korrekt zugeordnet wurden (vergleiche hierzu Kapitel XII 9).

Tabelle 2

Vergleich der Kontrollbedingungen I und II, sowie der zusammengefassten Kontrolle

Kontrollbedingung	Adjektivwahl	Minimum	Maximum	M	SE	SD
I: Schwarzer Bildschirm	Freude	0,0	90,6	49,32	5,19	24,89
	Trauer	31,3	100,0	68,75	3,55	17,04
	Wut	0,0	71,9	31,93	4,19	20,10
II: Neutrales Gesicht	Freude	0,0	90,6	51,09	5,13	24,60
	Trauer	53,1	96,9	67,80	2,79	13,37
	Wut	0,0	62,5	31,11	3,66	17,56
Zusammengefasste Kontrolle	Freude	0,0	89,1	50,20	5,00	23,96
	Trauer	42,2	98,4	68,27	3,01	14,45
	Wut	0,0	67,2	31,52	3,67	17,61

Als Kontrollbedingungen dienten I: ein schwarzer Bildschirm und II: ein neutrales Gesicht für 40ms Präsentationsdauer. Aufgrund des ähnlichen Antwortverhaltens und zur Vereinfachung weiterer Berechnungen wurden die zwei Kontrollbedingungen für weitere Berechnungen als gemeinsame Kontrolle verwendet.

Wie in Tabelle 2 dargestellt, zeigte sich im deskriptiven Vergleich der Kontrollabbildungen, dass die Gesichter in absteigender Häufigkeit traurig (68,3%; SD = 14,5) > glücklich (50,2%; SD = 24,0) > wütend (31,5%, SD = 17,6) bewertet wurden. Dieses Antwortmuster variierte unter Hinzunahme der drei subliminalen, emotionalen Stimulusbedingungen, wie in Tabelle 3 beschrieben. Der Einfluss eines traurigen subliminalen Stimulus bewirkte eine Verringerung der Tendenz, das folgende Gesicht als fröhlich oder wütend zu bezeichnen.

Tabelle 3

Darstellung der Adjektivwahlen bezüglich der subliminalen Stimuli

Subliminaler Stimulus	Adjektivwahl	Minimum	Maximum	M	SE	SD
Freude	Freude	6,3	93,8	58,15	5,22	25,03
	Trauer	12,5	87,5	50,00	5,33	25,56
	Wut	0,0	100,0	33,70	6,11	29,30
Trauer	Freude	0,0	75,0	35,87	4,11	19,69
	Trauer	37,5	93,8	67,39	2,86	13,71
	Wut	0,0	75,0	29,35	4,82	23,11
Wut	Freude	0,0	100,0	53,26	5,05	24,20
	Trauer	0,0	100,0	60,87	6,15	29,51
	Wut	6,3	93,8	42,93	4,74	22,72

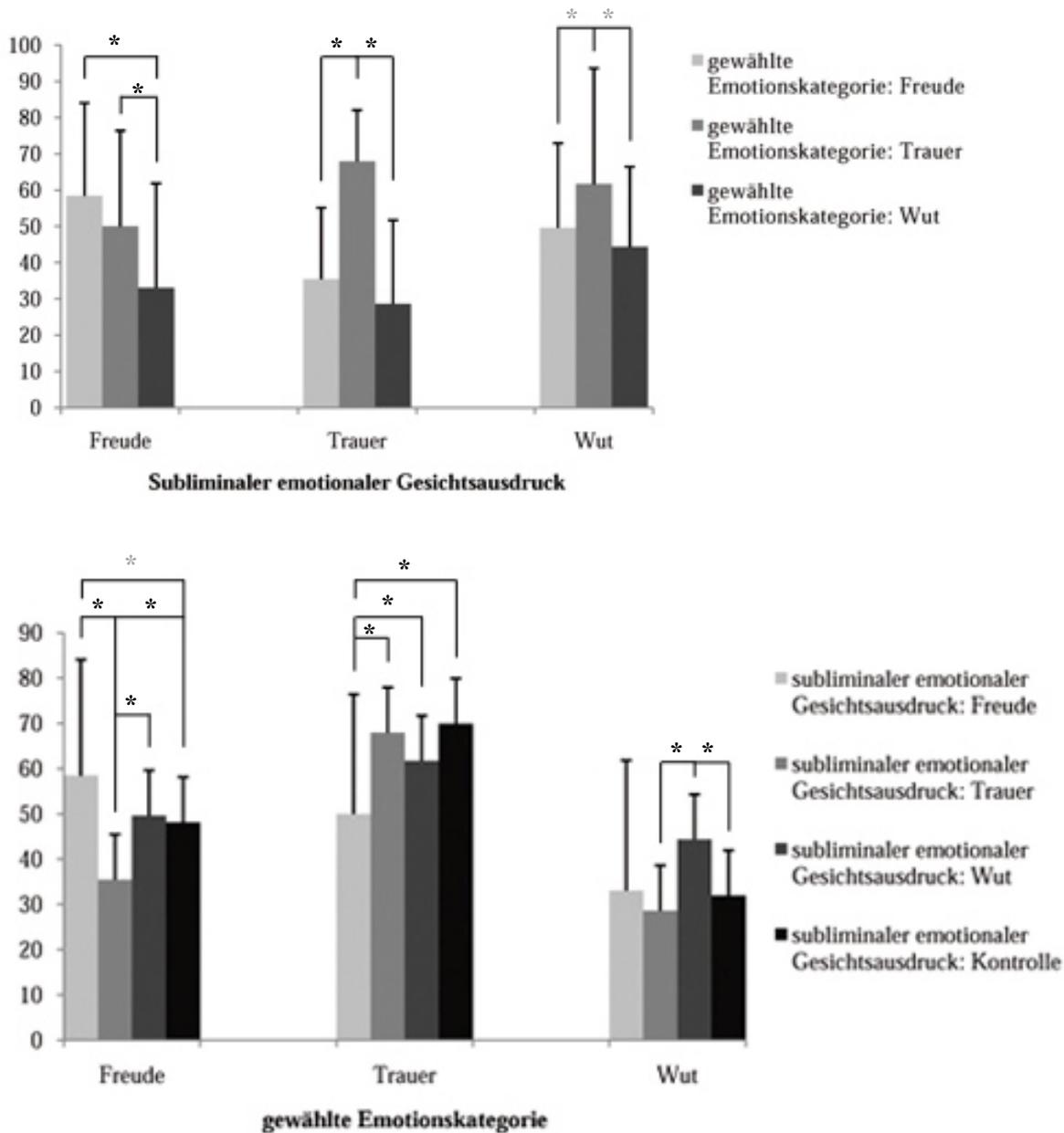
War ein fröhlicher subliminaler Stimulus involviert, änderten sich die absteigende Reihenfolge der Wahlhäufigkeiten in glücklich (58,15%; SD = 25,0) > traurig (50,00; SD = 25,6) > wütend (33,7%; SD = 29,3). Ein wütender subliminaler Stimulus schien eine Adjektivwahl in eine insgesamt balanciertere Verteilung zu bewirken (fröhlich (53,26%; SD = 24,2), traurig (60,9%; SD = 29,5), wütend (43,0%; SD = 22,7).

Die 4 x 3-faktorielle Varianzanalyse zeigte einen signifikanten Haupteffekt der Darstellungskondition, $F = 8.674, p < 0.05, \eta^2 = 0.22$, einen signifikanten Haupteffekt der Adjektivkategorien, $F = 15.083, p < 0.05, \eta^2 = 0.36$, sowie eine signifikante Interaktion zwischen den beiden Faktoren, $F = 6.288, p < 0.05, \eta^2 = 0.17$.

Im Anschluss wurden Einzelkontraste zwischen den verschiedenen Darstellungskonditionen und der jeweiligen Adjektivwahl in Bonferroni korrigierten post- hoc Tests errechnet. Hierbei konnte festgestellt werden, dass bei einem fröhlichen Stimulus signifikant häufiger ‚Freude‘ als ‚Wut‘ gewählt wurde. Ebenso zeigte sich, dass ‚Freude‘ signifikant häufiger gewählt wurde, wenn ein fröhlicher Stimulus anstelle eines traurigen Stimulus präsentiert wurde. Auch bedingte ein fröhlicher Stimulus eine signifikant geringere Tendenz das traurige Adjektiv zu wählen, als bei einem traurigen subliminalen Stimulus. Dieser Effekt erschien auch in dem Vergleich des fröhlichen Stimulus mit der Kontrollfunktion, in der ‚Trauer‘, wie oben dargestellt, die dominierende Antwortwahl war. In Bezug auf einen traurigen subliminalen Reiz wurde signifikant häufiger ‚Trauer‘ gewählt, als ‚Wut‘ oder ‚Freude‘. Unter Hinzunahme einer traurigen, subliminalen Gesichtsabbildung zeigte sich, dass bei der eher als traurig bewertete Kontrollbedingung signifikant weniger ‚Freude‘ gewählt wurde. Bezüglich der Emotionskategorie ‚Wut‘ konnte gezeigt werden, dass signifikant häufiger ‚Wut‘ gewählt wurde, wenn eine wütende subliminale Gesichtsabbildung vorgeschaltet war, als bei einem traurigen subliminalen Reiz oder der Kontrollbedingung. Die beschriebenen signifikanten Mittelwertsunterschiede sind im Diagramm 1 graphisch veranschaulicht.

Diagramm 1

Statistischer Vergleich der Adjektivwahlen in der Verhaltensstudie



* =signifikanter Unterschied, $p < .05$; * =Unterschied tendenziell vorhanden, $p < .059$

Dargestellt sind zum einen die gewählten Emotionskategorien in Abhängigkeit des jeweilig präsentierten subliminalen Gesichtsausdrucks, zum Anderen die subliminalen Gesichtsausdrücke in Bezug auf die Adjektivwahlen. Gerechnet wurde mit kumulierten Prozentwerten.

2 fMRT Studie

2.1 Proband_innen

Für die fMRT Studie wurden 39 potentielle Probanden_innen getestet von denen achtzehn die erforderlichen Einschlusskriterien erfüllten und nach einer Einweisung, inklusive eventueller Risiken bei fMRT Messungen, den Versuch im MRT durchführten. Nach der Experimentdurchführung wurden 6 Personen durch den post- hoc Fragebogen oder aufgrund von Bewegungsartefakten während der Untersuchung ausgeschlossen, sodass in weiteren Analysen die Daten von 12 Proband_innen (7 weiblich; 58,3%) integriert werden konnten. Dadurch ergab sich eine Studienpopulation wie in Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 4

Einschlussmerkmale der Proband_innen der fMRT Studie

Merkmal	Minimum	Maximum	M	SE	SD
Alter	21	30	23,8	0,87	3,01
Bildung	9	18	15,9	0,70	2,41
TAS20_total	-6	20	5,3	2,39	8,27
Edingburh	85,7	100	90,5	2,03	7,04
BDI	0	8	2,3	0,84	2,90
SPF Empathie gesamt	36	54	44,3	1,63	5,63
SPF Fantasiefähigkeit	11	20	15,1	0,71	2,47
SPF Perpektivenübernahme	13	20	14,8	0,63	2,17
SPF Empathischen Einfühlen	12	20	14,5	0,70	2,43
SPF Distress	5	13	7,6	0,77	2,68

N = 12, 58,3% weiblich, Auswahl aus 39 potentiellen Bewerber_innen

2.2 Verhaltensdaten

Im Verlauf der MRT-Testung wurden Verhaltensdaten detektiert, um eine aktive Bearbeitung der gestellten Aufgaben durch die Probanden_innen nachvollziehbar zu machen und somit einen tatsächlichen inhaltlichen Zusammenhang der Gehirnaktivitäten mit dem jeweiligen Event zu gewährleisten. Eine Analyse des Antwortverhaltens erfolgte aufgrund der im Vorfeld durchgeführten differenzierten Verhaltensstudie nicht.

2.3 Allgemeine fMRT Analyse der Hirndaten

Die folgende hypothesengeleitete Auswertung fokussierte die Perzeption und Verarbeitung der supra- und subliminal dargestellten emotionalen Gesichtsabbildungen. Die Berechnungen umfassten den Kontrast der supra- und subliminalen Kondition gegen *scrambled pictures*, sowie den direkten Vergleich der supra- und subliminalen Kondition miteinander.

Für eine anatomische Übersicht der aktiven Areale sind folgend die Hirnaktivierungen zum Zeitpunkt der subliminalen und supraliminalen Wahrnehmung dargestellt.

2.4 Ergebnisse

2.4.1 Voxel- basierte Ergebnisse

In Abbildungen 5 und 6 sind diejenigen aktivierten Hirnareale veranschaulicht, die zum Zeitpunkt der Perzeption der subliminalen, emotionalen Gesichtsabbildungen detektiert werden konnten. Ermittelt wurden diese durch den Kontrast der subliminalen Kondition gegen den visuellen, „unemotionalen“ Verarbeitungsprozess (*Baseline*). Die Schwelle der Voxelgröße lag bei 15. Die aktivierten Areale sind jeweils rot markiert und nummeriert. Dargestellt in Abbildung 5 sind die transversalen Schichtaufnahmen der aktivierten Areale von apikal nach basal, nummeriert entsprechend der z-Koordination nach dem Talairach- System. Abbildung 6 veranschaulicht die detektierten Areale projiziert auf jeweils die linke und rechte Hirnhemisphäre, betrachtet von medial und lateral.

Im Einzelnen waren während der subliminalen Darstellung auf der rechten Hemisphäre das premotorische Areal (Nr. 1+ 2), der inferiore, frontale Gyrus mit der anterioren Insula (Nr. 3), sowie der Gyrus fusiformis (Nr. 12) aktiv. Auf der linken Hemisphäre fanden sich weitere Aktivierungen in der prä-supplementärmotorischen Area (Nr. 4), dem anterioren, präfrontalem Kortex (Nr. 5), dem premotorischen Areal (Nr. 6), dem dorsolateralen, frontalen Kortex (Nr. 7), dem inferioren, parietalen Lobulus (Nr. 8), dem Gyrus postcentralis (Nr. 10 + 11), dem Gyrus fusiformis (Nr. 12), dem superioren temporalen Gyrus (Nr. 13), dem anterioren cingulären Kortex (Nr. 14), sowie auch im Cerebellum (Nr. 15).

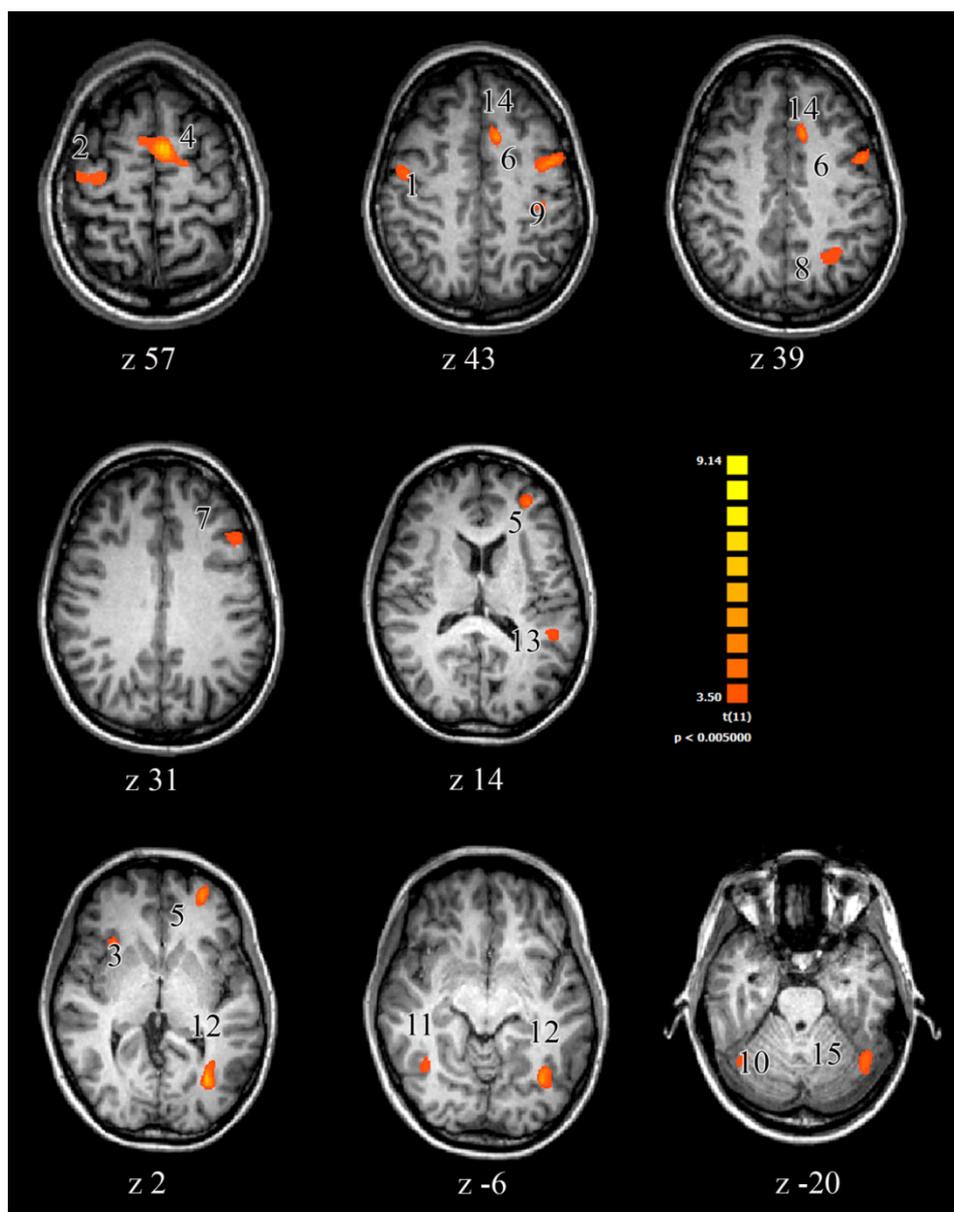


Abbildung 5: Neuronale Aktivierungen während der Präsentation subliminaler emotionaler Gesichtsausdrücke in axialen Schnittbildern, z gibt die Lage relativ zur Intercommissuralebene an (Voxelgröße 15, $p < 0.005$).

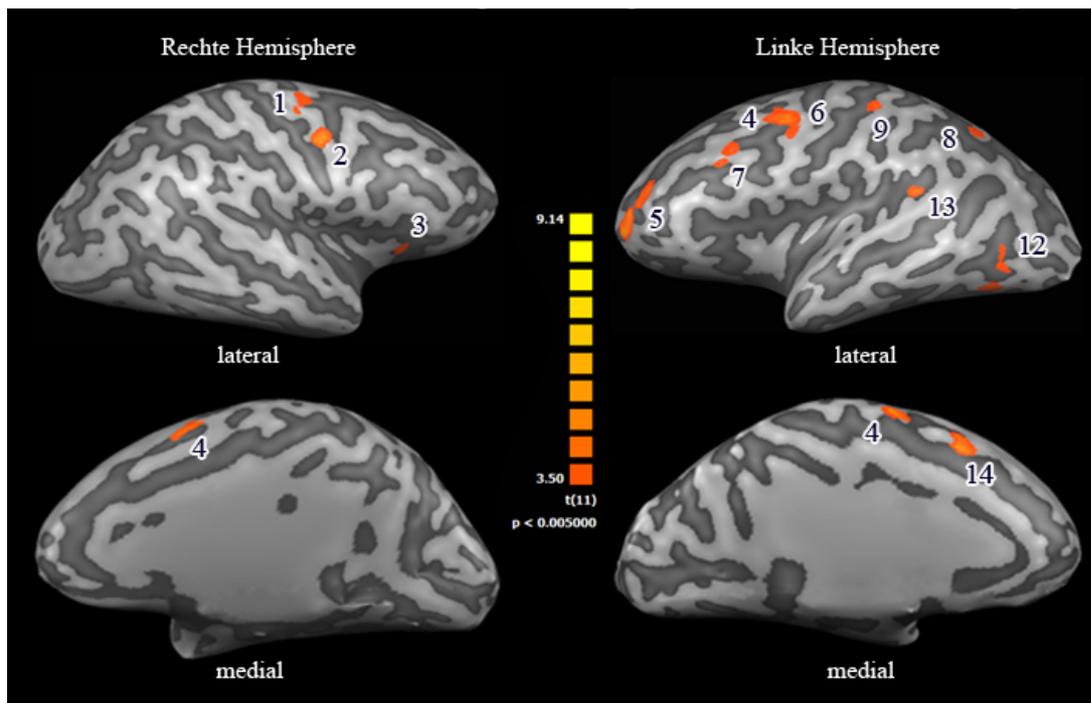


Abbildung 6: Neuronale Aktivierungen zum Zeitpunkt subliminaler Wahrnehmung, Projektion der Aktivierungsareale auf die Hirnoberfläche (Voxelgröße 15, $p < 0.005$)

Entsprechend dem oben beschriebenen Schema erfolgte hinsichtlich der supraliminalen Kondition die Kontrastberechnung erneut gegen den visuellen, „unemotionalen“ Verarbeitungsprozess (*Baseline*). Abbildungen 7 und 8 stellen die detektierten Hirnareale nach oben genanntem Schema dar.

Während der supraliminalen Darstellung emotionaler Gesichtsausdrücke fanden sich rechtshirnige neuronale Korrelate im inferioren, frontalen Gyrus und der anterioren Insula (Nr. 1) und im superioren temporalen Gyrus (Nr. 3). Linkshemisphärisch konnten Aktivierungen im inferioren parietalen Lobulus (Nr. 2), sowie im Gyrus fusiformis (Nr. 4).

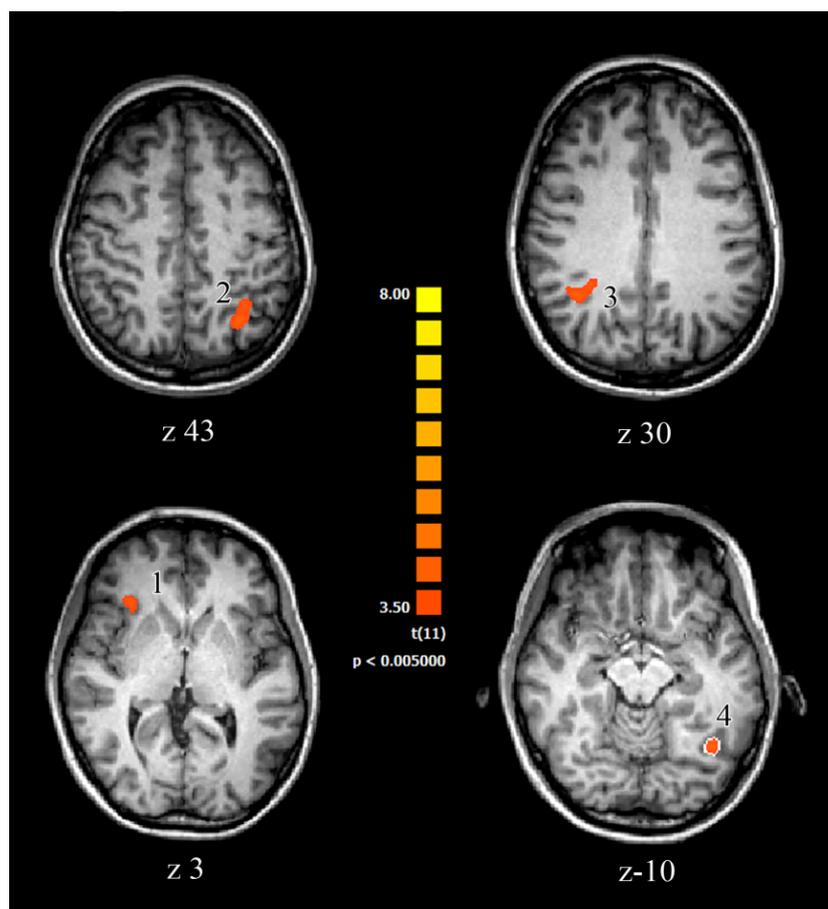


Abbildung 7: Neuronale Aktivierungen während der Präsentation supraliminaler emotionaler Gesichtsausdrücke in axialen Schnittbildern, z gibt die Lage relativ zur Intercommissuralebene an (Voxelgröße 15, $p < 0,005$).

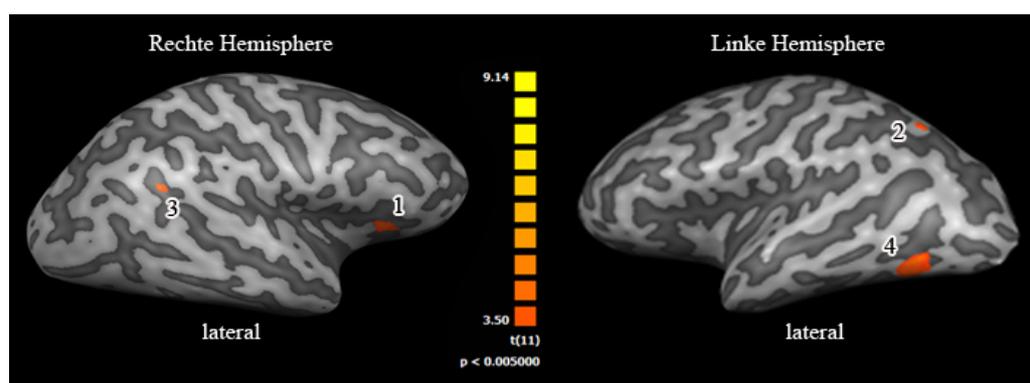


Abbildung 8: Neuronale Aktivierungen zum Zeitpunkt supraliminaler Wahrnehmung, Projektion der Aktivierungsareale auf die Hirnoberfläche (Voxelgröße 15, $p < 0,005$).

Zusammenfassend fanden sich Aktivierungen, die insbesondere occipitale, frontale und frontotemporale Areale umfassten. Genauer ergaben die *whole brain* Analysen in beiden Konditionen aktive Gebiete im fusiformen Kortex und hier auch in der so genannten *fusiform face area*, im inferior

frontalen Gyrus und im superioren temporalen Gyrus. Darüber hinaus zeigte die subliminale Kondition grundsätzlich größere, mehrortige (und stärker bilaterale) Aktivierungen zum Zeitpunkt der Wahrnehmung, als die supraliminale Kondition. Diese schlossen auch prämotorische und presupplementär- motorische, sowie anterior- prefrontale und anterior- cinguläre Rindengebiete ein. Wie in Abbildung 9 verdeutlicht erschien im direkten Kontrast der supra- und subliminalen Kondition ein aktives anterior- präfrontales Areal auf der linken Hemisphere welches in der subliminalen Kondition, nicht aber in der supraliminalen Kondition, aktiv war.

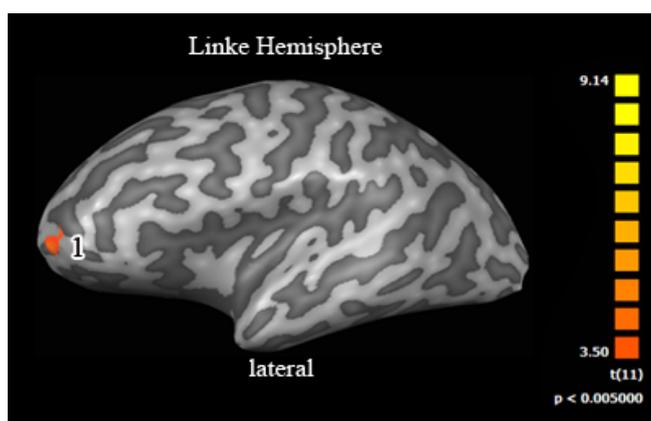


Abbildung 9: Vergleich der sub- und supraliminalen Kondition: Der direkte Vergleich der beiden Konditionen zum Wahrnehmungszeitpunkt der emotionalen Gesichtsausdrücke ergab lediglich einen signifikanten Unterschied im 1: aPFC. Hierbei überwog der Aktivierungsgrad in der subliminalen Kondition signifikant, Projektion der Aktivierungsareale auf die Hirnoberfläche ($p < 0,05$)

Tabelle 5 gibt in einer detaillierten Übersicht alle oben beschriebenen und graphisch veranschaulichten Kontrastberechnungen wieder. Aufgelistet sind die rechts- und linkshemispherischen Hirnregionen mit dem entsprechenden Brodmann Areal (BA), den Peak Koordinaten entsprechend dem Talairach System, sowie auch der Voxelgröße. Zunächst sind die aktiven Hirnregionen der subliminalen Kondition und dann die der supraliminalen Kondition gelistet. Zuletzt ist der direkte Kontrast zwischen der sub- und supraliminalen Kondition notiert.

Tabelle 5

Neuronale Aktivierungen während der sub- und supraliminal dargestellten emotionalen Mimik

Hirnregion	BA	Peak			t	Größe (Voxel)
		Koordinaten				
		x	y	z		
Subliminal präsentierte Emotion vs. scrambled pictures ¹						
R Prämotorische Area	6	47	-5	48	6,080	1211
R Prämotorische Area	4	41	-17	54	4,562	579
R Inferiorer frontaler Gyrus/ anteriore Insula	13	30	21	1	5,116	285
L Presupplementäre motorische Area	6	-4	1	54	7,288	2977
L Anterior präfrontaler Cortex	10	-28	52	3	6,679	1861
L Prezentraler Gyrus	6	-40	-2	42	5,558	1221
L Dorsolateraler frontaler Cortex	9	-43	19	30	4,682	400
L Inferiorer parietaler Lobulus	7	-22	-59	36	5,042	1423
L Postzentraler Gyrus	3	-34	-29	45	5,208	300
R Fusiformer Gyrus	37	38	-56	-18	4,403	327
R Fusiformer Gyrus/ Inferiorer temporaler Gyrus	37	38	-56	-3	4,990	371
L Fusiformer Gyrus	37	-31	-68	3	8,140	2353
L Superiorer temporaler Gyrus	41	-46	-41	9	5,709	516
L Anteriorer cingulärer Cortex	32	-10	13	42	7,310	481
Supraliminal präsentierte Emotion vs scrambled pictures ¹						
R Inferiorer frontaler Gyrus/ Anteriore Insula	13	29	25	6	4,829	515
L Inferiorer parietaler Lobulus	19	-28	-65	42	5,146	938
R Superiorer temporaler Gyrus	39	38	-53	30	5,207	772
L Fusiformer Gyrus	37	-40	-59	-9	5,174	1534
Subliminal präsentierte Emotion vs. Supraliminal präsentierte Emotion ¹						
L Anteriorer präfrontaler Cortex	10	-25	52	3	-5,2881	736

¹statistisch signifikant bei $p < 0.005$, BA = Brodmann Areal, R = Rechts, L = Links

2.4.2 Regionale Analyse und Vergleich der Parameterschätzer (beta)

Bezugnehmend auf die einleitend beschriebenen Hypothesen lag ein Analysefokus auf den, bei der Verarbeitung subliminaler emotionaler Gesichtsabbildungen beteiligten, Empathie assoziierten Hirnarealen. Eine diesbezügliche post- hoc Berechnung stellte die Parameterschätzer beta spezifischer Regionen im direkten Vergleich zwischen der subliminalen und supraliminalen Kondition dar. Im Allgemeinen beschreibt der Parameterschätzer beta das Aktivitätsausmaß in einer spezifischen Region, gemittelt über alle integrierten Datensets und Voxelaktivierungen. Um einen direkten Vergleich zu gewährleisten, wurde das oben beschriebene Aktivitätscluster der subliminalen Konditionen auf die supraliminale Kondition übertragen. Ein solches *Cluster* wurde als *Region of Interest (ROI)* bezeichnet. Unsere Vergleichsberechnungen basierten auf den Peak- Voxel- Werten des entsprechenden Volumes der subliminalen Kondition.

Eingeschlossen in die *ROI* Analyse wurden fünf Empathie assoziierte Areale, die in der subliminalen Kondition aktiviert waren: der inferiore frontale Gyrus, der anteriore cinguläre Cortex, der inferiore parietale Lobulus, die prä-SMA und der anteriore präfrontale Cortex. Aus diesen Arealen ergaben sich die in Tabelle 6 gelisteten *Peak-Voxel*-Koordinaten, welche auf die supraliminale Kondition übertragen wurden. Das Auslesen der entsprechenden Aktivitätsparameter erfolgte mittels *BrainVoyager*. Die deskriptive Statistik der Parameterschätzer beta befindet sich in der Tabelle 9 (s. XII Anhang 11 ROI Analyse der Parameterschätzer beta).

Tabelle 6

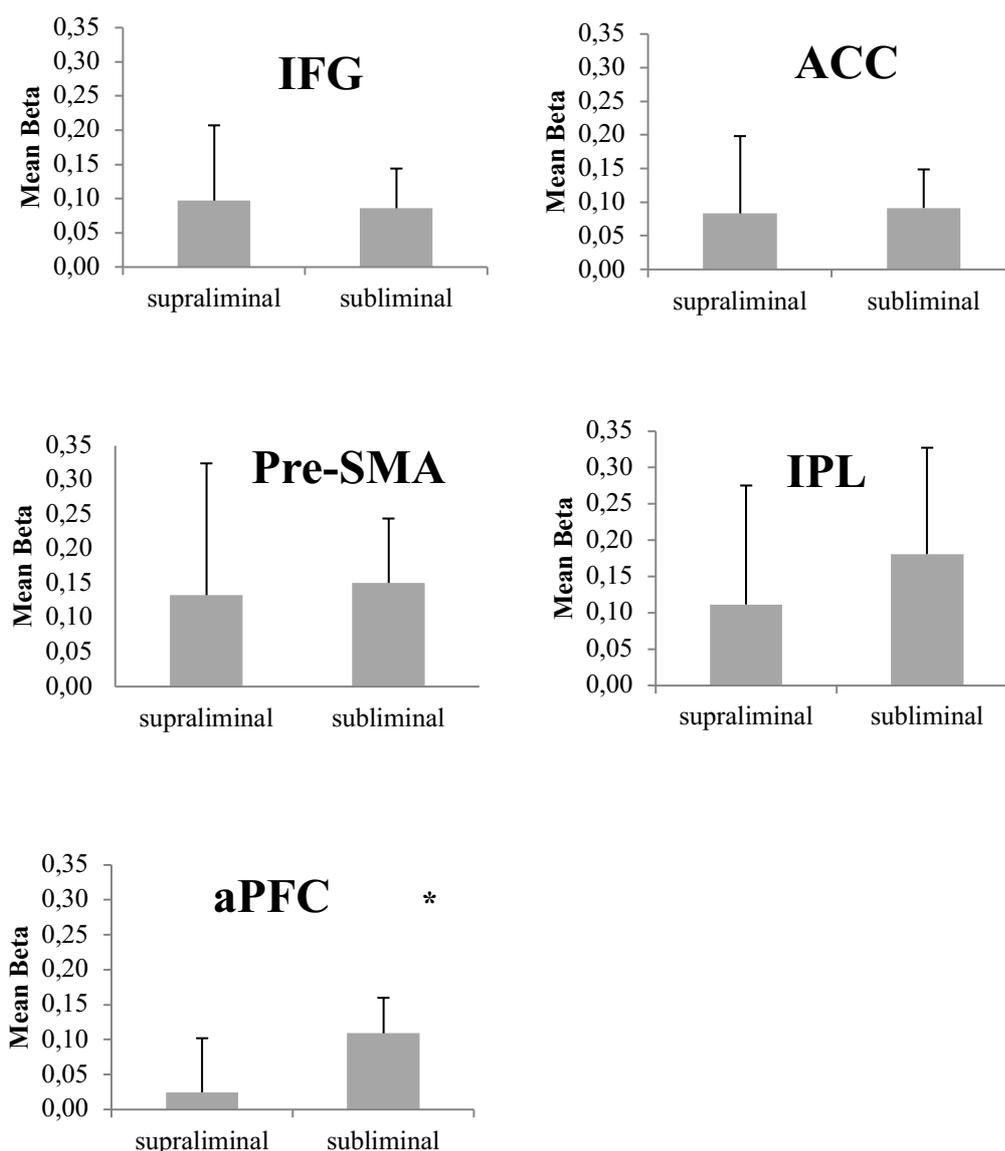
Definierte Peak- Voxel- Koordinaten der jeweiligen *ROI*

<i>Region of Interest (ROI)</i>	Peak- Voxel- Koordinaten		
	x	y	z
Presupplementäre motorische Area, links	-4	1	54
Anteriorer cingulärer Cortex, links	-10	13	42
Inferiorer parietaler Lobulus, links	-22	-59	36
Anterior präfrontaler Cortex, links	-28	52	3
Inferiorer frontaler Gyrus/ anteriore Insula, rechts	30	21	1

Im direkten Vergleich der Aktivitätsausprägung zeigten die Berechnungen fünf einzelner T- Tests hinsichtlich des IFG, des ACC, des IPL und der Pre-SMA keinen signifikanten Unterschied zwischen der supra- und der subliminalen Kondition, wie in Tabelle 10 dargestellt (s. XII Anhang 11 ROI Analyse der Parameterschätzer beta). Allein in Bezug auf den aPFC konnte ein signifikanter Unterschied nachgewiesen werden (p korrigiert $< .01$). In Abbildung 10 sind diese t-Tests graphisch dargestellt.

Abbildung 10

Vergleich der ROI Aktivierungen zwischen der supraliminalen und subliminalen Kondition



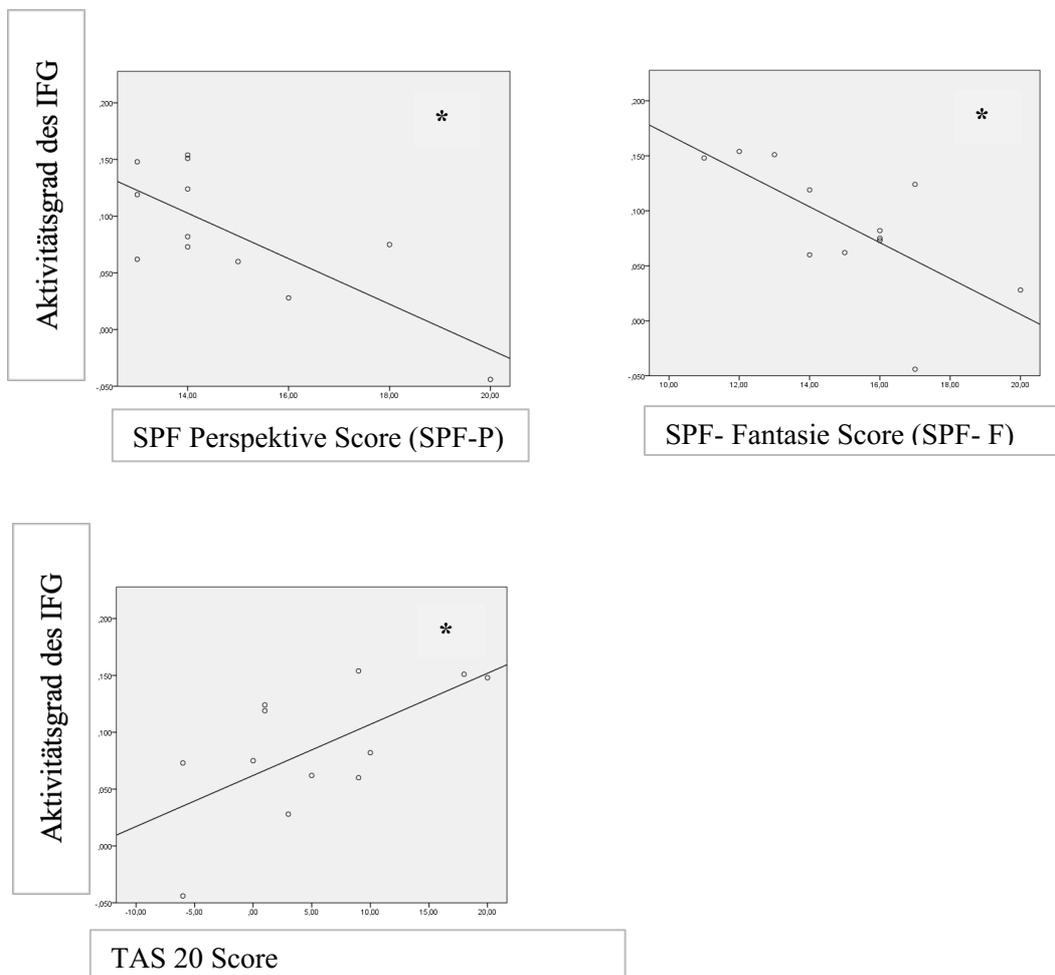
*statistisch signifikant bei $p < .01$

Abbildung 10: Dargestellt sind die t- Tests zu den geplanten Kontrastberechnungen der fünf Empathie assoziierten Areale. Dabei ist für jede Region die Aktivität entsprechend dem Parameterschätzer β (mean beta) der supraliminalen und subliminalen Kondition aufgetragen. Die Testung auf signifikante Unterschiede in konnte in dem aPFC einen solchen feststellen.

Auch fanden sich keine Korrelationen zwischen den betrachteten Aktivierungsklustern der supra- und subliminalen Konditionen in den fünf Regionen, wie in Tabelle 11 (XII Anhang, 11 ROI Analyse der Parameterschätzer beta) notiert. Darüber hinaus durchgeführte Korrelationsanalysen zwischen den Aktivierungsgraden der Hirnregionen und den Testfragebögen zur Empathieerfassung der Proband_innen ergaben signifikante negative Korrelationen des IFG-Aktivierungsgrades der subliminalen Kondition mit dem SPF-*Fantasy*- und *-Perspektive-Score*, sowie eine positive Korrelation mit dem *TAS 20 Score* (tabellarische Auflistung aller Korrelationsanalysen unter XII Anhang 12 Korrelationsanalysen zwischen den ROI und den Fragebogenscores), diese signifikanten Korrelationen sind in Abbildung 11 dargestellt. Die Diagramme präsentieren negative Korrelationen des IFG mit dem SPF- F und -P, sowie eine positive Korrelation mit dem TAS 20. Folglich ging ein höherer Aktivierungsgrad im IFG mit einer geringeren Ausprägung des Merkmales „Fantasiefähigkeit“ und „Perspektivenübernahme“ einher. Je stärker die Probandinnen mit diesen Merkmalen ausgestattet waren, desto geringer war der Aktivierungsgrad im IFG. Hinsichtlich des Merkmales „Alexithymie“ verhielt es sich anders: bei Proband_innen mit geringerer Ausprägung an Alexithymie bestand ein eher niedriger Aktivierungsgrad im IFG, mit Zunahme der Alexithymie stieg auch die gemessene Aktivität in dieser Region.

Abbildung 11

Signifikante Korrelationsanalysen zwischen den *ROI* und den Fragebogenscores



*statistisch signifikant bei $p < .05$

Abbildung 11: Graphisch dargestellt sind die signifikanten Korrelationsanalysen zwischen dem IFG und den Testfragebögen SPF-Fantasiefähigkeit (F) und –Perspektivenübernahme (P), sowie dem TAS 20.

IX Diskussion

Das empathische Kommunizieren auf der Basis emotionaler Gesichtsausdrücke ist als wesentlicher Aspekt nonverbaler Kommunikationsstrategien zu betrachten. Es verlangt eine subjektive Bewertung des beobachteten Gesichtes, sowie die darauf folgende Resonanz auf die betrachtete Emotion (Nomi et al., 2008). Während viele Studien das bewusste Wahrnehmen, Verarbeiten und Empathisieren von emotionalen Gesichtsausdrücken untersuchten, stellten wir die Strategien und Auswirkungen unbewusster Verarbeitungsprozesse in den Fokus dieser Studie. Da zwischenmenschliche Begegnungen häufig durch schnelle Wechsel von Mimik und daher emotionalen Ausdruck gekennzeichnet sind, war anzunehmen, dass diese kurzfrequenten, unbewussten Stimuli von wesentlicher Wichtigkeit für zwischenmenschliche, nonverbale Kommunikation waren. Auf der Basis vorausgehender Studien bestand Grund zur Annahme, dass subliminal dargebotene Impulse emotionalen Inhalts ähnlich den bewussten verarbeitet werden und eine Rolle bei Bewertungsprozessen spielen können (Murphy & Zajonc, 1993; Nomura et al., 2004; Winkielmann et al., 2005; Yamada & Decety, 2009; Duan et al., 2010; Rohr et al., 2012).

Zur Analyse dieser unbewussten Verarbeitungsprozesse präsentierten wir gesunden Proband_innen für eine sehr kurze Zeitspanne emotionale Gesichtsabbildungen der Kategorien Freude, Trauer und Wut gefolgt von einem bewusst wahrnehmbaren neutralen Gesichtsausdruck derselben Person. Danach wurde zum einen die Bewertungsveränderung des neutralen Gesichtsausdruckes in Bezug auf die unbewusst wahrgenommenen emotionalen Stimuli erfasst und zum anderen die bei der Wahrnehmung beteiligten Hirnareale detektiert.

Die erhobenen Verhaltensdaten zeigten Bewertungsveränderungen des neutralen Gesichtsausdrucks unter dem subliminalen Einfluss aller drei Emotionskategorien (Freude, Trauer und Wut). Tendenziell führte die subliminale Präsentation eines emotionalen Gesichtsausdruckes zu einer Bewertung im Sinne der jeweiligen Emotion. Ein ‚trauriger‘ Stimulus verringerte eine ‚fröhliche‘ oder ‚wütende‘ Bewertung, ein ‚fröhlicher‘ Stimulus bedingte eher die Wahl eines ‚fröhlichen‘ Adjektivs und ein ‚wütender‘ Stimulus schwenkte eine Adjektivwahl in eine eher balancierte Verteilung. Die 4 x 3-faktorielle Varianzanalyse konnte in einigen signifikanten Einzelkontrasten den Einfluss aller subliminalen Emotionskategorien darstellen. In der fMRT Studie wurden die bei der Wahrnehmung subliminaler Emotionsabbildungen beteiligten Hirnareale detektiert, dabei konnten sowohl in der sub- als auch in der supraliminalen Kondition Aktivitäten in fusiformen, inferior- frontalen, superior-temporalen und inferior- parietalen Arealen beobachtet werden. Weitere aktive Areale in der subliminalen Kondition fanden sich unter anderem in der pre- supplementären Area, in anterior-präfrontalen und anterior cingulären Gebieten, sowie im dorsolateralen frontalen Cortex. Im direkten Vergleich der sub- und supraliminalen Kondition bestand lediglich eine signifikant höhere Aktivität im anterior präfrontalen Cortex in der subliminalen Kondition, was auch in der ROI-Analyse der Parameterschätzer beta nachvollziehbar war.

1 Bewertung der Verhaltensuntersuchung

Anhand der erhobenen Verhaltensdaten wurde der Einfluss subliminal präsentierter, emotionaler Gesichtsabbildungen auf die Wahrnehmung und Bewertung eines direkt folgenden neutralen Gesichtsausdruckes ermittelt. Zunächst konnte aus der hohen Zuordnungsrichtigkeit in allen Emotionskategorien der supraliminalen Kondition abgeleitet werden, dass die Aufgabenstellung von den Probanden_innen verstanden und gemäß der Instruktion umgesetzt wurde. Gleichzeitig ließ dies sicherstellen, dass die gewählten emotionalen Gesichtsausdrücke im Sinne des Experimentdesigns wahrgenommen und bewertet wurden.

Bereits auf Basis der deskriptiven Statistik konnte ein Einfluss subliminaler Abbildungen auf die jeweilige Bewertung des direkt folgenden neutralen Gesichtsbildes formuliert werden.

Um eine präzisere Betrachtung der Unterschiede zwischen den Adjektivwahlen bezüglich der subliminalen Stimuli und der Kontrollfunktion zu erfassen, wurde eine 4 x 3 faktorielle Varianzanalyse durchgeführt. Auf der Basis der oben erläuterten Modulationsmöglichkeiten hinsichtlich der Emotionskategorie ‚Freude‘ konnte angenommen werden, dass subliminal dargestellte fröhliche Gesichtsabbildungen zum einen die Tendenz, ein neutrales Gesicht fröhlicher zu bewerten förderten und zum anderen verringerten sie den Effekt, das neutrale Gesicht in einer *forced choice* Aufgabe als traurig zu bewerten.

In Bezug auf einen traurigen subliminalen Reiz fiel auf, dass hierbei signifikant häufiger ‚Trauer‘ gewählt wurde, als ‚Wut‘ oder ‚Freude‘, was zunächst durch den Einfluss des neutralen Bildes wie oben beschrieben erklärbar war. Allerdings schien auch das traurige subliminale Gesichtsbild selbst einen Einfluss zu haben, denn im Vergleich zu der eher als traurig bewerteten Kontrollbedingung wurde bei Hinzunahme einer traurigen subliminalen Gesichtsabbildung, signifikant weniger ‚Freude‘ gewählt. Der Wirkungseffekt des neutralen Bildes wurde folglich moduliert. Dies erlaubte letztendlich die Annahme, dass die Tendenz ein trauriges Adjektiv zu wählen nicht lediglich aufgrund des neutralen Gesichts geschah, sondern auch durch die subliminale traurige Gesichtsabbildung beeinflusst (und verstärkt) wurde. Diese Annahme wird womöglich durch den oben bereits erwähnten Vergleich gestützt, in dem ‚Trauer‘ bei einem vorgeschalteten subliminalen traurigen Gesichtsbild signifikant häufiger gewählt wurde als bei einem vorgeschalteten subliminalen fröhlichen Gesichtsbild. Es bleibt letztendlich jedoch unklar, ob der Einfluss des traurigen oder fröhlichen emotionalen Gesichtsausdrucks diese Adjektivwahl verändert und dadurch zu dem signifikanten Unterschied geführt hat. Auch hinsichtlich der Emotionskategorie ‚Wut‘ konnte ein Einfluss auf das Wirkungsverhalten zugesprochen werden. Entsprechend der oben beschriebenen Vergleichsberechnungen überlagerte der wütende subliminale Reiz sowohl den traurigen subliminalen Reiz, als auch die vorhandene Tendenz, das neutrale Gesicht traurig zu bewerten.

Es gelang zusammenfassend also die Annahme, dass die Verarbeitung subliminal dargestellter Emotionen nicht nur auf einer allgemeinen bipolaren Wertigkeit stattfand (negative Emotion – positive

Emotion), sondern darüber hinaus das Potential besaß, zwischen zwei negativen Emotionen (Trauer und Wut) zu differenzieren. Zu ähnlichen Ansichten gelangten Rohr et al., die zeigten, dass emotionale Ausdrücke, die unterhalb der Bewusstseinsschwelle blieben, eine Differenzierung zwischen Wut und Angst zuließen, nicht aber zwischen Angst und Trauer. Die Autor_innen zogen hieraus den Schluss, dass die Verarbeitung subliminal dargestellter, spezifischer Emotionen abhängig von der jeweiligen Relevanz dieser Emotion für die beobachtende Person zu sein schien (Rohr et al., 2012).

Die oben geführte Diskussion selektiver spezifischer Kontraste legte allerdings nahe, dass eine allgemeingültige Aussage über den Einfluss subliminaler Gesichtsabbildungen nicht gelang. Viel eher erlaubte diese Studie einen Einblick in die differenzierten Möglichkeiten und Auswirkungen subliminaler Impulse mit der daraus übertragbaren Annahme, dass alltägliche soziale Begegnungen durchaus von sehr kurz gezeigten oder schwach ausgeprägten Emotionen beeinflusst und gelenkt werden. Zu diesem Schluss kamen auch Winkielmann et al., die feststellten, dass Reaktionen auf subliminale fröhliche und wütende Affektstimuli einflussnehmend auf reale, biologische Verhaltensmuster waren und schlussfolgernd mit dem Motivationsverhalten der Proband_innen interagieren konnten. Gleichzeitig gelangten sie zu der Erkenntnis, dass darüber hinaus keine bewusste Bewertung oder Reflexion auf das geänderte Verhaltensmuster berichtet wurde (Winkielmann et al., 2005). Somit zeigte sich übereinstimmend mit der vorliegenden Studie, dass subliminale emotionale Stimuli sowohl perzeptiv (und empathisch) verarbeitet werden, als auch unbewusste Reaktionen bedingen können.

Beachtenswert ist dabei, dass in der durch uns durchgeführten Studie der subliminale Reiz und der Entscheidungsprozess über einen semantischen Kontext verbunden waren, während die von Winkielmann et al. beschriebenen Reaktionen eher eine reflexartige und evolutive Verknüpfung aufzeigten und somit beispielsweise mit dem Erscheinen potentiell lebensbedrohlicher Stimuli zusammenhängen könnten (vgl. dazu: LeDoux, 1995, 2000; Liddel, 2004; Kiss & Eimer, 2008). Subliminale Reize erreichen also mit ihrem Einfluss Verarbeitungsprozesse und Verhaltensreaktionen unterschiedlicher kognitiver Niveaus. Mit dieser Studie konnten neuronale Verarbeitungsprozesse mit subliminalen emotionalen Stimuli in Verbindung gebracht werden, die durchaus auf einer abstrakteren, zerebralen Leistungsebene stattfanden und in das komplexe Interaktionssystem aus Empathie, Semantik und Sprache eingebunden waren. Eine präzise Analyse dieser neuronalen Netzwerke erfolgte schließlich über die fMRT Daten.

2 fMRT Untersuchung – Analyse neuronaler Netzwerke

Die durchgeführte fMRT Studie zeigte in beiden, der supra- und subliminalen Kondition, die Aktivierung eines Netzwerkes, welches occipitale, temporale, parietale und frontale Kortextareale einschloss. Unsere Ergebnisse belegten, dass die Verarbeitung bewusst wahrgenommener emotionaler Gesichtsausdrücke mit Aktivierungen im rechten inferioren frontalen Gyrus (IFG), linken inferioren parietalen Lobulus (IPL), rechten superioren temporalen Gyrus (STG) und linken fusiformen Gyrus verbunden war.

In Bezug auf subliminal dargestellte emotionale Gesichtsausdrücke zeigten sich prämotorische und prezentrale Aktivierungen, sowie aktive Areale im IFG, in der prä- supplementärmotorischen Area (pre- SMA), dem anterioren präfrontalen Kortex (aPFC), fusiformen Gyrus, anterioren cingulären Kortex, STG, IPL und dorsolateralen frontalen Cortex (DLFC). Die rein visuelle Verarbeitung in den primär- und sekundär- visuellen Rindengebieten fand hier keine Repräsentation, da die beschriebenen Kontraste durch Subtraktionsprozesse mit rein visuellen Prozessen (*Baseline*) entstanden sind.

Unter dem Aspekt visueller Gesichtserkennung und -verarbeitung konnten über das verwendete Studiendesign Hirnaktivitäten im fusiformen Gyrus (und im angrenzenden Gyrus lingualis), im Precuneus und in postzentralen Arealen detektiert werden. Insbesondere dem fusiformen Gyrus wurde bislang vielfach eine Rolle bei der Gesichtswiedererkennung (Kanwisher et al., 1998), sowie Emotions- (Dolan et al., 1996) und Identitätserkennung (Winston et al., 2004; Rotschein et al., 2005) aus Gesichtern zugeschrieben. Zudem erklärten Nomi et al. (2008), dass die anatomische Nähe des fusiformen Gyrus (und hier vor allem der sogenannten *fusiform face area*) zu dem Gyrus lingualis ein gemeinsames Netzwerk zur Gesichtserkennung und Verarbeitung emotionaler Gesichtsausdrücke ermöglicht. Da die erwähnten Areale sowohl durch supra-, als auch durch subliminal dargestellte Gesichtsabbildungen aktiviert wurden, konnte also auf der Basis aktueller Datenlage für beide Konditionen eine stattfindene Perzeption und Verarbeitung der visuellen (emotionalen) Gesichtsinformationen formuliert werden. Weiterhin fanden sich Aktivierungen im Bereich des superioren temporalen Gyrus. Diese Region wurde vielfach als integratives Areal für visuelle, sensorische und akustische Impulse bezeichnet (Bruce et al., 1981; Karnath, 2001), welches eine abstrakte Objektbeschreibung und –repräsentation ermöglichen kann (Milner und Goodale, 1995). Der Einschluss netzwerkartig verteilter neuronaler Areale bei der Verarbeitung supra- und subliminaler Gesichtsabbildungen unterstützte die Annahme von Nomi et al., dass hier eher die Beschreibung eines *face network* oder *facepath*, als einer *face region* zutreffend war (Nomi et al., 2008). Auf der Grundlage einer adäquaten Verarbeitung der wahrgenommenen mimischen Bildimpulse kann darauf sekundär eine Bewertung und Perspektivenübernahme im Sinne empathischer Prozesse stattfinden.

Hypothesengeleitet erfolgte auf Basis der oben beschriebenen aktuellen Datenlage insbesondere die Analyse und Diskussion von beteiligten, empathischen Prozessen während des unbewussten Wahrnehmens emotionaler Mimik. Die hierbei festgestellten neuronalen Aktivierungen verschiedener cerebraler Funktionsareale sollen im Folgenden erörtert werden:

2.1 Inferior frontale Areale

In unserer Studie konnten bei der subliminalen Kondition Aktivierungscluster im rechten IFG und der angrenzenden anterioren Insula detektiert werden. Diesem Areal wurde bereits vielfach in der Vergangenheit eine Funktion bei der Betrachtung und Imitation emotionaler Gesichtsausdrücke zugesprochen (Dapretto et al., 2006; Schulte Rüter et al., 2007, Seitz et al., 2008) was somit auf eine empathische Verarbeitung durch das sogenannte Spiegelneuronsystem hinwies. Die Internalisation und damit Erkennung emotionaler Inhalte (Gallese et al., 2004; Shamay-Tsoory et al., 2009) kann im Sinne einer *low level* Empathie ein Einfühlen und Verstehen des Gegenübers ermöglichen. Zudem berichteten andere Studien eine Beteiligung des IFG bei der Betrachtung sozialer Handlungen, bei kommunikativen Absichten (Walter et al., 2004) und bei der passiven Betrachtung emotionaler Gesichtsausdrücke (Carr et al., 2003) und Gesten (Lindenberg et al., 2008; Prochnow et al., 2013). Schulte-Rüter et al. (2007) postulierten, dass eine Einbettung der emotionalen Gesichtserkennung in einen sozialen Kontext notwendig war, um eine Aktivierung der Spiegelneurone im IFG zu erreichen. Durch die von uns gewählte direkte Aufgabenstellung, sich vorzustellen der abgebildeten Person zu begegnen, um dann zu entscheiden, wie er/sie sich fühlt, schien demnach der intersoziale Kontext gegeben. Auch unterstützten unsere Ergebnisse die Annahme, dass Spiegelneurone ohne explizite motorische Aufgabenstellung empathische Prozesse bedingen können (Gallese et al., 2004; Schulte Rüter et al., 2007).

Interessanter Weise korrelierte die Aktivierung des IFGs negativ mit dem Grad an Fantasie- und Perspektivenfähigkeit, erhoben durch den Saarbrücker Persönlichkeitsfragebogen (SPF). Positiv hingegen korrelierte die Aktivierung im IFG mit dem Grad an Alexithymie, gemessen an der Toronto Alexithymia Scale TAS (20). Weniger fantasievolle und stärker alexithyme Probanden_innen schienen mit einer vermehrten neuronalen Aktivierung des IFG bei der Bearbeitung der Versuchsaufgabe zu reagieren. Also benötigten diese Personen anscheinend eine höhere kognitive Leistungsbereitschaft, um die emotionalen Stimuli adäquat zu verarbeiten. Dieser Zusammenhang widersprach der von uns gestellten Hypothese, nach der die korrelierenden Abhängigkeiten eben genau gegensätzlich formuliert wurden. Mit Blick auf andere Studien, die den Zusammenhang von neuronaler Aktivität und empathischen Kompetenzen und Defiziten untersuchten, zeigte sich mitunter eine vergleichbare Datenlage, die dieses Phänomen bereits in Bezug auf andere Hirnregionen beobachtete und deutete. Demnach reagierten stärker alexithyme Menschen beispielsweise mit erhöhter Aktivität im ACC bei emotionalen und kognitiven Prozessen, um quasi mit erhöhter neuronaler Aktivität die ‚empathischen Defizite‘ auszugleichen (vgl. Etkin et al., 2011). Somit spiegelt die erhöhte Aktivität eine größere Anstrengung zur Aufgabenlösung wieder. Man kann sich leicht vorstellen, dass diese zusätzliche Mobilisierung notwendiger Ressourcen limitiert sein muss, so dass Aufgaben, die womöglich ein sehr hohes Maß an emotionaler Aufmerksamkeit und Kompetenz verlangen, zu komplex für stark alexithyme Personen werden. Die Literatur unterstützte dieses Annahme im Wesentlichen und

beschrieb den graphischen Verlauf der neuronalen Aktivierung bei zunehmend schwereren Aufgaben als umgekehrte U- Kurve (vgl. van der Velde et al., 2013).

In Bezug auf das vorliegende Studiendesign sollte allerdings bedacht werden, dass auffällig alexithyme, sowie fantasie- und perspektivarme Probanden_innen bereits im Vorfeld der Studie ausgeschlossen wurden. Damit erklärt sich womöglich auch die Tatsache, dass keine Allgemeingültigkeit der beschriebenen Korrelationen feststellbar war, sondern lediglich einzelne Aktivierungen mit empathischen Kompetenzen in eben dieser Beziehung standen. Dass trotz der strengen Einschlusskriterien die beschriebenen Korrelationen auftraten, unterstrich zudem erneut die Annahme, dass Alexithymie nicht als Krankheit gelten sollte, sondern als Persönlichkeitsmerkmal in verschiedenster Ausprägung vorliegt und damit individuelle Unterschiede emotionaler Charakterausprägungen fließend verlaufen. Ergänzend bestanden keine entsprechenden Zusammenhänge in Bezug auf die supraliminale Kondition. Die ‚einfachere‘ Struktur dieses Aufgabenteils führte anscheinend zu einer Unabhängigkeit zwischen der individuellen empathischen und emotionalen Unterschiedlichkeit unserer Proband_innen und den cerebralen Aktivitäten.

2.2 Der inferior parietale Lobulus (IPL)

Weiterhin konnten Aktivierungen in dem IPL detektiert werden. Dieses somatosensorische Areal im Parietallappen steht insbesondere in Verbindung mit Formerkennung, räumlicher Sicht und taktiler Erfahrung (Trepel, 2008). Darüber hinaus wurde dem IPL eine Beteiligung bei der Perzeption emotionaler Gesichtsabbildungen zugesprochen (Radua et al., 2010). Nach der aktuellen Datenlage fanden sich anscheinend auch hier Elemente des *Mirror Neuron System* wieder. Diesbezüglich konnten (emotionale) Imitationsprozesse (Iacoboni et al., 1999, Jackson et al., 2006, Shamay-Tsoory, 2011) und emotionale Ansteckung (Nummenmaa et al., 2008) mit dieser Region assoziiert werden, was im Einklang mit unserer erhobenen Datenlage steht. Nach Nummenmaa et al. scheint der IPL zudem bei Prozessen beteiligt zu sein, die eher dem Aspekt der emotionalen Empathie zugehörig sind. Mutmaßlich ist dies den integrierenden sensorischen Fähigkeiten dieser Region zuzusprechen, die ein Wahrnehmen von Gefühlen und damit ‚Spiegeln‘ emotionaler Abläufe erlauben (vgl. Nummenmaa et al., 2008). Weiterhin wurde in der Vergangenheit die These formuliert, dass der IPL als mögliche Schnittstelle zwischen emotionaler Empathie und dem Mentalizing agiert, was durch die anatomische Nähe zu der temporoparietalen Verbindung, einer Region des *ToM* Netzwerkes, signalisiert wird.

Zusammenfassend kann formuliert werden, dass mit der Aktivierung des IPLs und des IFGs sowohl in der bewussten, als auch in der unbewussten Kondition bekannte Regionen des *Mirror Neuron System* und der emotionalen Empathie angesprochen wurden, was eine vergleichbare, empathische Verarbeitung beider Konditionen in diesem Konzept signalisierte. Entsprechend vorangehender

Überlegungen konnte auch die negative Korrelation zwischen dem Aktivierungsgrad im IPL und der Fähigkeit zur Perspektivenübernahme durch die oben beschriebenen Erörterungen erklärt werden.

2.3 Anterior cinguläre Areale

Nach dem oben beschriebenen Empathiesystem signalisierte der Einschluss anterior cingulärer Areale, und hier speziell einer eher anterioren Region des ACC, eine affektive *ToM* Komponente in der Verarbeitung unseres Experimentdesigns (Bush et al., 1999). Diese Region erreicht über multiple Konnektivitäten ein breites neuronales Netzwerk, bestehend aus der Amygdala, dem paraaquäduktalen Grau, dem Ncl. accumbens, dem Hypothalamus, der anterioren Insula und dem angrenzenden orbitofrontalen Kortex (Devinsky et al., 2005). Studien schrieben dem ACC eine wichtige Rolle bei Aufmerksamkeits- und Emotionsnetzwerken hinsichtlich der Verarbeitung angstauslösender Abbildungen zu (Mathews et al., 2004; siehe auch Bush et al., 2000). Mit Mériaux et al. (2006) gesprochen nahm der ACC eine zentrale Stellung bei der Reflexion und Beschreibung des eigenen emotionalen Zustands ein. Es besteht also die Vermutung, dass der ACC auf Basis der Internalisierung emotionaler Inhalte durch das *MNS* eine darauf aufbauende Verarbeitung dieser Information ermöglicht, um Emotionsausdrücke anderer Menschen, beispielsweise aus Gesichtern, tiefergehend relativieren zu können (Mériaux et al., 2006). Ein Teil dieser Verarbeitung beinhaltet die kognitive Trennung von dem ‚Selbst‘ und dem ‚Anderen‘. Für eine höhere, kognitive Verarbeitung emotionaler Inhalte ist die Relation zwischen ‚eigener‘ und beobachteter Emotion von großer Wichtigkeit. Dieses zeigt sich bei autistischen Personen, die eine Einschränkung unter anderem in der Funktionalität dieser Region aufweisen (vgl. Lombardo et al., 2006).

Das Verarbeitungsprinzip im ACC lässt sich nach unseren Daten auf die bewusste Verarbeitung emotionaler Mimik beziehen, darüber hinaus aber ebenso auf die empathische Verarbeitung subliminaler, emotionaler Gesichtsausdrücke. Weiterhin konnte der ACC mit Reaktionen auf neue, unbekannte Situationen, sowie mit Fehler- und Konfliktprozessen in Verbindung gebracht werden (Bush et al., 2000), was womöglich in unserem Fall den kognitiven Leistungsanspruch widerspiegelte, welcher bei der Bearbeitung der Aufgaben verlangt wurde. Im Hinblick auf die subliminale Kondition signalisierte eventuell die relativ stärkere Aktivierung des ACC innerhalb der jeweiligen *whole brain* Analysen und auch die absolute, (leichtgradig) stärkere Aktivierung im direkten Vergleich der Parameterschätzer β den insgesamt höheren Schwierigkeitsgrad in diesem Aufgabenteil.

2.4 Die präsupplementär motorische Area (*prä-SMA*)

Unsere Studie zeigte weiterhin Aktivierungen in der *prä-SMA*, einer Area im medialen frontalen Kortex. Durch vorhergehende Studien war bekannt, dass diese Region eine generelle, höhere

Kontrollfunktion vielfältiger mentaler Prozesse einnimmt (Seitz et al., 2006, Schulte Rütter et al., 2007), insbesondere wenn diese eine selbst- bezogene Komponente aufweisen (Seitz et al., 2006). Dabei konnte die prä- SMA in der Vergangenheit ebenso auch mit der empathischen Betrachtung von Emotionen und emotionalen Gesichtsausdrücken (Oliveri et al., 2003; Seitz et al., 2006) und der Beobachtung und Imitation von Bewegungen (Grezes & Decety, 2001) in Verbindung gebracht werden, also eher basalen empathischen Prozessen. Dieses ließ eine Zunahme höherer kognitiver Kontrollniveaus bei eher ‚einfachen‘ empathischen Prozessen im Sinne regulativer Prozesse vermuten. Schulte- Rütter et al., (2007) formulierten diesbezüglich, dass prä- SMA Aktivierungen insbesondere bei empathischen Aufgaben notwendig wurden, die über das Spiegelneuronsystem hinaus höhere kognitive Funktionen, wie die *ToM* ansprachen. Da die vorliegende Studie nicht nur affektive Reaktionen auf subliminale Gesichtsabbildungen fokussierte (vgl. hierzu Dimberg et al., 2000), sondern durch die gewählte Instruktion unmittelbar auch höhere kognitive Prozesse wie Sprachverständnis, Kategorisierung und bewusstes Entscheiden ansprach, konnten wir diese Annahme nicht nur bestätigen, sondern darüber hinaus auch aufzeigen, dass eben diese *ToM* Prozesse zudem bei unbewussten empathischen Emotionsverarbeitungen aus Gesichtsausdrücken stattfanden.

Letztendlich repräsentierte die Aktivität in der prä- SMA eine Verarbeitung subliminaler emotionaler Gesichtsabbildungen innerhalb des medial- frontalen Netzwerkes, welches die Verknüpfung zwischen Perzeption, Bewertung und Reaktion herstellt (Seitz et al., 2009) und somit essentiell für intersoziale Kommunikation und Empathie ist.

2.5 Aktivierungen im anterior präfrontalen Kortex (aPFC)

Wie viele andere Regionen im prefrontalen Kortex steht auch der aPFC in Zusammenhang mit visuellen, räumlichen, verbalen Verarbeitungsstrategien des Gedächtnisses (Cohen et al., 1997; Courtney et al., 1997; Petrides, 2000; Rowe et al., 2000). Beispielweise konnte bereits eine Beteiligung beim Abfrage- und Arbeitsgedächtnis (MacLeod et al., 1998; Braver & Bongiolatti, 2002; Stöckel et al., 2003) detektiert werden, welches neben dem aPFC auch ein größeres Netzwerk inklusive dem ACC, DLFC und IFG einschloss (LePage et al., 2000). Die Kongruenz dieses Aktivierungsmusters mit unserer Studie ließ darauf rückschließen, dass bei der Verarbeitung subliminaler emotionaler Gesichtsabbildungen eben jene Formen des Gedächtnisses eine Rolle gespielt haben können. Eine Aktivierung des linken aPFC bei einem Paradigma wie unserem, welches eine intersoziale Begegnungssituation mit semantischer Aufgabenkomponente einschloss, steht zudem im Einklang mit vorangehenden Studien, die erhöhte Aktivitäten insbesondere bei kontextuellen Gedächtnisfunktionen (und weniger bei Item- Erinnerungen), sowie in Bezug auf semantische Aufgaben (MacLeod et al., 1998; Ramnani & Owen, 2004; Stöckel et al., 2003) aufzeigten. Weiterhin wurde dem aPFC eine Bewertungs- und Entscheidungsfunktion bei internal hergestellten Informationen zugesprochen (Ramnani & Owen, 2004; Ranganath et al., 2000), die auch interne

Befindlichkeitszustände wie Gedanken und Gefühle umfasste (Christoff & Gabrieli, 2000), sowie eine verknüpfende Funktion von aufeinander bezogenem Wissen, beispielsweise von neuen sensorischen Informationen und diesbezüglichen Gedanken (Kroger et al., 2002, Christoff et al., 2001). Dieses steht am Ehesten mit den oben beschriebenen Bewertungs- und Entscheidungsprozesse in Zusammenhang. Interessanter Weise zeigten unsere Analysen lediglich eine Aktivierung des aPFC in der subliminalen Kondition. Es steht somit zur Diskussion, dass die unbewusst wahrgenommenen Gesichtsausdrücke besonderen Bewertungsprozessen unterlagen, was eventuell den höheren Schwierigkeitsgrad dieser Kondition widerspiegelt. Es konnte angenommen werden, dass ein größeres Maß neuronaler Ressourcen aktiviert werden musste, um die subliminalen Bildimpulse adäquat zu verarbeiten. Dadurch konnten dann mittels des aPFC verschiedene Gedanken- und Gefühlsprozesse der Probanden_innen erreicht werden und - mit Hinzunahme der Ergebnisse unserer Verhaltensdaten - darüber hinaus moduliert werden.

2.6 Beurteilung der *Region of Interest (ROI)* Analyse

Die fünf diskutierten Hirnregionen, die bei der Verarbeitung von Emotionen und emotionalen Gesichtsausdrücken aktiviert waren, deuteten entsprechend der Hypothesen auf involvierte empathische Vorgänge während des Versuchsablaufs hin. Um die Aktivierungsunterschiede zwischen der supraliminalen und subliminalen Kondition zu bestimmen, wurden die Aktivierungsgrade in den jeweiligen Regionen (IFG, prä-SMA, IPL, aPFC und ACC) anhand deren Parameterschätzer β in fünf einzelnen T- Tests verglichen (s. a. Tabelle 8 im Anhang 11). Dabei zeigte lediglich der Aktivierungsgrad im aPFC einen signifikanten Unterschied, wobei dieser in der subliminalen Kondition signifikant höher war, als in der supraliminalen Kondition.

Im Vergleich mit der bewussten Kondition verlangte eine subliminal dargestellte Emotion vermutlich die Integration weiterer Prozesse zur Verarbeitung dieser Stimuli, die über die oben beschriebenen spezifischen Funktionen des aPFC verknüpft sein könnten, während die ‚leichter‘ zu lösende supraliminale Kondition diese nicht erforderlich machte (Ramnani & Owen, 2004). Für diese wahrscheinliche Mobilisierung neuronaler Ressourcen sprach auch das grundsätzlich ausgeprägtere Netzwerk neuronaler Aktivität in der *whole brain* Analyse zum Zeitpunkt der subliminalen Wahrnehmung im deskriptiven Vergleich mit der supraliminalen Kondition.

Ein weiterer interessanter Punkt der *ROI* Analyse waren die nicht signifikant unterschiedlichen Aktivierungsgrade der übrigen vier Regionen. Das sprach für eine empathische Verarbeitung unbewusst wahrgenommener, emotionaler Gesichtsausdrücke, die den bewussten Verarbeitungsstrategien durchaus ähnelte, was schließlich auch in unseren Hypothesen eingangs formuliert wurde.

Dieses neuronale Potential verdeutlichte die Notwendigkeit, bei sozialen Begegnungen auch die flüchtigen und nicht eindeutig wahrnehmbaren Gesichtsausdrücke empathisch zu verarbeiten. Diese Notwendigkeit spiegelt die alltägliche Relevanz unbewusster Kommunikation und gibt Grund zur Annahme, dass eine adäquate empathische Funktionalität dieser Prozesse eine unbedingte Voraussetzung für einen einfühlsamen Umgang miteinander ist.

Zusammenfassend deuteten die erhobenen fMRT- und Verhaltensdaten auf eine Verarbeitung unbewusst wahrgenommener emotionaler Gesichtsausdrücke hin, die der Physiologie bewusst wahrgenommener Gesichtsausdrücke ähnelte. Subliminale Gesichtsabbildungen intiierten darüber hinaus ein größeres Netzwerk aktiver Regionen. Entsprechend der Haupthypothese zeigte sich, dass unbewusst verarbeitete emotionale Gesichtsausdrücke, ähnlich den bewusst wahrgenommenen, in empathischen Prozessen verarbeitet wurden, was durch die Einbindung des ACC, IFG, IPL und der prä-SMA angenommen werden konnte. Die Aktivierung dieses Netzwerkes signalisierte ebenso eine Verarbeitung auf einem empathischen Niveau, welches über das sogenannte *Mirror Neuron System* hinausgehend auch Aspekte einer affektiv- kognitiven Komponente einschloss. Das beobachtete Verhalten der Probanden_innen verdeutlichte die Auswirkung dieser empathischen Verarbeitung durch eine veränderte Bewertung des neutralen Gesichtsausdruckes. Die fMRT-Daten in Zusammenschau mit den Verhaltensdaten konnten folglich die Bedeutung subliminaler emotionaler Gesichtsausdrücke veranschaulichen und einen Einblick in deren Einflussmöglichkeiten auf soziale Begegnungen gewähren.

Über die beschriebene Methodik wurde eine möglichst präzise und ungestellte Untersuchung komplexer sozialer Phänomene vorzunehmen. Dennoch musste bei der Analyse beachtet werden, dass es sich um einen wissenschaftlichen Versuchsaufbau mit entsprechenden Einschränkungen handelte. Nachvollziehbarer Weise konnte durch die verwendete Technik prinzipiell eher eine Annäherung an eine alltägliche, soziale Interaktion versucht werden, als eine wirkliche Nachbildung dieser. Dennoch zeigten die erhobenen Daten, wie zuvor erläutert, dass eine empathische Verarbeitung im Sinne nonverbaler, zwischenmenschlicher Kommunikation stattgefunden hat.

In Bezug auf die Methodik ist die Frage berechtigt, ob der Dateneinschluss von 12 Proband_innen ausreichend für die Analyse war. Diese relativ kleine Studienpopulation war den strengen Einschlusskriterien der oben erläuterten Fragebögen geschuldet. Diese sorgfältige Selektion verdeutlicht jedoch gleichzeitig eine qualitativ hochwertige Einschlusskohorte mit entsprechender Datenqualität. Es konnte weiterhin argumentiert werden, dass durch die hohe Anzahl an Einzelwiederholungen aller Konditionen genügend viele MRT- Schichten aufgenommen wurden, um aussagekräftige Hirnaktivierungsmuster darzustellen.

Die Datenerhebung im MRT musste zeitlich limitiert werden, da mit fortschreitender Zeit die Belastung durch z. B. die Geräuschkulisse und das anspruchsvolle Studiendesign zunahm.

Entsprechend konnte angenommen werden, dass im zeitlichen Ablauf die Konzentrationsfähigkeit der Proband_innen abnahm. Kein_e Proband_in gab allerdings an, dass der zeitliche Rahmen als zu lang und belastend empfunden wurde.

Um den zeitlichen Umfang einzuschränken, musste auf eine Kontrollbedingung mit einer rein neutralen Gesichtsabbildung verzichtet werden, so dass ein direkter Vergleich von emotionaler zu neutraler Mimik nicht möglich wurde. Dadurch gelang entsprechend keine Vergleichsmöglichkeit zwischen supraliminaler- emotionaler und neutraler, bzw. subliminal- emotionaler und neutraler Gesichtsabbildung. Die Aktivitätsanalyse bei der Betrachtung neutraler Mimik stand allerdings auch nicht im Fokus der Analyse. Über die gewählten Prädiktoren und Kontraste war eine umfassende Betrachtung der Hypothesen möglich und durchführbar.

2.7 Ausblick

Die vorliegende Arbeit konnte durch die Ergebnisse einen speziellen Einblick in nonverbale Kommunikationstechniken geben und hierbei grundlegende Aspekte subliminaler, empathischer Emotionsverarbeitung darstellen. An diesem Punkt sind die Phänomene zwischenmenschlicher Kommunikation und Empathie längst nicht umfassend erläutert; Es ergeben sich vielmehr weiterführende Fragen aus diesem Themenbereich. Beispielsweise stellt sich nun die Frage, in wiefern die analysierten Prozesse bereits im Säuglingsalter relevant sind. Hinsichtlich der Bindung neugeborener Kinder an die Mutter kann vermutet werden, dass sich der Säugling dieser unbewussten Prozesse bedient, um in ‚spiegelnder‘ Kommunikation mit ihr eine Resonanz auf seine Affekte zu erfahren (vgl. Chugani et al., 2001, Jonsson et al., 2001, Slade et al., 2005). Hinsichtlich der Entwicklung komplexerer Emotionskategorien kann untersucht werden, in wiefern Emotionen wie Liebe oder Scham auch in unbewussten Abläufen verarbeitet werden. Gleichzeitig ist unklar, ob sich *gender*- spezifische Unterschiede feststellen lassen, die mit der anscheinend landläufigen Meinung einhergehen, Frauen seien empathischer als Männer. Dieses führt direkt zu der Fragestellung, welche Einflussfaktoren darüber hinaus auf die Empathiefähigkeit wirken, womöglich modulierbar sind und dadurch eine Optimierung empathischer Prozesse erlauben.

Weiterhin sollte auf der Basis unserer Ergebnisse eine klinische Anwendung erfolgen, um hinsichtlich verschiedener Krankheitsbilder im Sinne bio-psycho-sozialer Pathologiekonzepte umfassendere Betrachtungsweisen der jeweiligen Erkrankung zu erreichen. Dieses ist notwendig, da viele Erkrankungen mit Einschränkungen im intersozialen und vor allem empathischen Bereich einhergehen und diese bislang häufig nicht ausreichend beachtet werden. Beispielsweise gibt es Hinweise auf eine herabgesetzte emotionale Verarbeitung bei der Multiplen Sklerose (Beatty et al., 1989; Henry et al., 2009; Prochnow et al., 2011). Derzeit orientiert sich die gängigste Skalierung zur Beeinträchtigung bei der Multiplen Sklerose (Expanded Disability Status Scale, EDSS, nach Kurtzke, 1983) überwiegend

an senso-motorischen Fähigkeiten und vernachlässigt andere relevante Bereiche, wie etwa die empathische Kompetenz. Diese Betrachtung wird einer vielschichtigen Erkrankung wie der Multiplen Sklerose unseres Erachtens nicht gerecht und könnte angemessen erweitert werden. Auch Erkrankungen aus dem neurodegenerativen Formenkreis, die einem neuronalen *spreading* unterliegen und frontale Areale erreichen, sollten aus oben genannten Gründen hinsichtlich der empathischen Funktionalität untersucht werden. Im Speziellen sind hier beispielhaft der Morbus Parkinson, die frontotemporale Demenz oder die amyotrophe Lateralsklerose zu nennen.

X Tabellen-, Diagramm- und Abbildungsverzeichnis

1 Tabellen

Tabelle 1: Einschlussmerkmale der Proband_innen in der Verhaltensstudie.....	32
Tabelle 2: Vergleich der Kontrollbedingungen I und II, sowie der zusammengefassten Kontrolle.....	33
Tabelle 3: Darstellung der Adjektivwahlen bezüglich der subliminalen Stimuli.....	33
Tabelle 4: Einschlussmerkmale der Proband_innen der fMRT Studie.....	36
Tabelle 5: Neuronale Aktivierungen während der sub- und supraliminal dargestellten emotionalen Mimik.....	42
Tabelle 6: Definierte <i>Peak- Voxel</i> - Koordinaten der jeweiligen <i>ROI</i>	43
Tabelle 7: Deskriptive Darstellung der Adjektivwahlen bezüglich der subliminalen und supraliminalen Stimuli und der zusammengefassten Kontrolle.....	88
Tabelle 8: Geplante Kontrastberechnungen der Verhaltensstudie	89
Tabelle 9: Deskriptive Statistik der Parameterschätzer β in der supra- und subliminalen Kondition.....	91
Tabelle 10: Vergleich der neuronalen Aktivierungen in den <i>ROI</i>	91
Tabelle 11: Korrelationen der <i>ROI</i> Aktivierungen in der sub- und supraliminalen Kondition.....	92
Tabelle 10: Korrelationsanalysen nach Pearson zwischen den Testfragebögen scores und den empathie- assoziierten Arealen.....	93

2 Diagramme

Diagramm 1: Statistischer Vergleich der Adjektivwahlen in der Verhaltensstudie.....	35
---	----

3 Abbildungen

Abbildung 1: Schematischer Aufbau empathischer Netzwerke.....	12
Abbildung 2: Emotionale Gesichtsausdrücke, dargestellt durch ein weibliches und ein männliches Modell aus <i>Ekman & Friesen Picture Set</i> , Ekman und Friesen, 1978.....	23
Abbildung 3: Darstellung des prinzipiellen Paradigmaablaufs.....	24
Abbildung 4: Experimentelle Aufbau mit den Komponenten im Kontrollraum, sowie im MRT Bereich.....	29
Abbildung 5: Neuronale Aktivierungen während der Präsentation subliminaler emotionaler Gesichtsausdrücke.....	38
Abbildung 6: Neuronale Aktivierung zum Zeitpunkt subliminaler Wahrnehmung.....	39

Abbildung 7: Neuronale Aktivierungen während der Präsentation supraliminaler emotionaler Gesichtsausdrücke.....	40
Abbildung 8: Neuronale Aktivierungen zum Zeitpunkt supraliminaler Wahrnehmung.....	40
Abbildung 9: Vergleich der sub- und supraliminalen Kondition.....	41
Abbildung 10: Vergleich der <i>ROI</i> Aktivierungen zwischen der supraliminalen und subliminalen Kondition.....	44
Abbildung 11: Signifikante Korrelationsanalysen zwischen den <i>ROI</i> und den Fragebögenscores.....	45

XI Literaturverzeichnis

- Adolphs, R. "Neural systems for recognizing emotion." *Current Opinion in Neurobiology*, 2002: 12:169-177.
- Adolphs, R. "Recognizing emotion from facial expressions: psychological and neurological mechanisms." *Behav. Cogn. Neurosci. Rev.*, 2002: (1):21-62.
- Adolphs, R., Baron-Cohen, S., Tranel, D. "Impaired recognition of social emotions following amygdala damage." *J. Cogn. Neurosci.*, 2002: 14(8):1264-1274.
- Adolphs, R., Tranel, D., Damasio, H., Damasio, A. "Impaired recognition of emotion in facial expressions following bilateral damage to the human amygdala." *Nature*, 1994: Vol 372, 669-673.
- Armony, J.L., Servan- Schreiber, D., Romanski, L.M., Cohen, J.D., LeDoux, J.E. "Stimulus generalization of fear responses: Effects of auditory cortex lesions in a computational model and in rats." *Cerebral Cortex*, 1997: 7:157-165.
- Azari, N.P., Nickel, J., Wunderlich, G., Niedeggen, M., Hefter, H., Tellmann, L. "Neural correlates of religious experience." *Eur J Neuroscience*, 2001: 13: 1649- 1652.
- Bagby, R.M., Parker, J.D., Taylor, G.J. "The twenty- item Toronto Alexithymia Scale. Item selection and cross- validation of the factor structure." *J Psychosom Res*, 1994: 38,23-32.
- Bar, M., Neta, M., Linz, H. "Very first impressions." *Emotion*, 2006: 6:269-278.
- Baron- Cohen, S., Jolliffe, T., Mortimore, C., Robertson, M. "Another advanced test of theory of mind: Evidence from very high functioning adults with autism or Asperger syndrome." *British Journal of Psychiatry*, 1997: 165,640- 649.
- Baron-Cohen, S., Ring, H., Moriarty, J., Schmitz, B., Costa, D., Ell, P. "Recognition of mental state terms. Clinical findings in children with autism and a functional neuroimaging study of normal adults." *Br. J. Psychiatry*, 1994: 165(5):640-649.
- Beatty, W.W., Goodkin, D.E., Weir, W.S., Staton, R.D., Monson, N., Beatty, P.A. "Affective Judgements by Patients with Parkinson- Disease or Chronic Progressive Multiple- Sclerosis." *Bulletin of the Psychonomic Society*, 1989: 27, 361- 364.
- Beck, A. T. *Depression: clinical, experimental, and theoretical aspects*. New York: Harper, 1967.
- Beck, A.T., Hautzinger, M., Steer, R.A. *Beck-Depressions-Inventar(BDI): Testhandbuch*. 2005.
- Bermond, B., Vorst, H. C., Moormann, P. P. "Cognitive neuropsychology of alexithymia: implications for personality typology." *Cognitive Neuropsychiatry*, 2006: 332- 360.
- Blair, R.J. "Responding to the emotions of others: dissociating forms of empathy through the study of typical and psychiatric populations." *Conscious Cogn.*, 2005: 14(4):698-718.
- Blanchard, C., Blanchard, R., Fellous, J.- M., Guimaraes, F. S., Irwin, W., LeDoux, J. E., McGaugh, J. L., Rosen, J. B., Schenberg, I. C., Volchan, E. Da Cunha, C. "The brain decate in debare: III. Neurobiology of emotion." *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 2001: 34: 283-293.

-
- Bradley, M.M., Lang, P.J. "Measuring emotion: the Self- Assessment Manikin and the Semantic Differential." *J. Behav Ther Exp Psychiatry*, 1994: 25,49-59.
- Braver, T.S., Bongiolatti, S.R. "The role of frontopolar cortex in subgoal processing during working memory." *Neuroimage*, 2002: 15:523- 536.
- Breitmeyer, B.G., Ogmen, H. "Recent models and findings in visual backward masking: a comparison, review and update." *Percept Psychophys*, 2000: 62, 1572–1595.
- Britton, J.C., Taylor, S.F., Sudheimer, K.D., Liberzon, I. "Facial expressions and complex IAPS pictures: common and differential networks." *Neuroimage*, 2006: 31(2):906-919.
- Bruce, C., Desimone, R., Gross, G.C. "Visual properties of neurons in a polysensory area in the superior temporal sulcus of the macaque." *Journal of Neurophysiology*, 1981: 369- 384.
- Bush, G., Frazier, J.A., Rauch, S.L., Seidman, L.J., Whalen, P.J., Jenike, M.A., Rosen, B.R., Biederman J. "Anterior cingulate cortex dysfunction in attention deficit/ hyperactivity disorder revealed by fMRI and the counting Stroop." *Biological Psychiatry*, 1999: 45:1542- 1552.
- Bush, G., Luu, P., Posner, M.I. "Cognitive and emotional influences in anterior cingulate cortex." *Trends in Cognitive Science*, 2000: 4:215- 222.
- Buxton, R. B. *Introduction to Functional Magnetic Resonance Imaging – Principles and Techniques*. Cambridge: Cambridge University Press,, 2009, zweite Auflage.
- Carr, L., Iacoboni, M., Dubeau, M.C., Mazziotta, J.C., Lenzi, G.L. "Neural mechanisms of empathy in humans: a relay from neural systems for imitation to limbic areas." *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 2003: 100(9):5497-5502.
- Chakrabarti, B., Baron-Cohen, S. "Empathizing: neurocognitive developmental mechanisms and individual differences." *Prog. Brain Res.*, 2006: 156:403-417.
- Chakrabarti, B., Bullmore, E., Baron-Cohen, S. "Empathizing with basic emotions: common and discrete neural substrates." *Soc. Neurosci.*, 2006: 1(3-4):364-384.
- Christoff K., Prabhakaran, V., Dorfman, J., Zhao, Z., Kroger, J.K., Holyoak, K.J., Gabrieli, J.D. "Rostrolateral prefrontal cortex involvement in relational integration during reasoning." *Neuroimage*, 2001: 14:1136- 1149.
- Christoff, K., Gabrieli, J.D.E. "The frontopolar cortex and human cognition: evidence for a rostrocaudal hierarchical organisation within the prefrontal cortex." *Psychobiology*, 2000: 28:168- 186.
- Chugani, H.T., Behen, M.E., Muzik, O., Juhász, C., Nagy, F., Chugani, D.C. "Local brain functional activity following early deprivation: a study of postinstitutionalized Romanian orphans." *Neuroimage*, 2001: 1290-1301.
- Cohen, J. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Science*. Hove: Lawrence Erlbaum, 1988.
- Cohen, J.D., Perlstein, W.M., Braver, T.S., Nystrom, L.E., Noll, D.C., Jonides, J., Smith, E.E. "Temporal dynamics of brain activation during working memory task." *Nature*, 1997: 386:604-608.

-
- Courtney, S.M., Ungerleider, L.G., Keil, K., Haxby, J.V. "Transient and sustained activity in a distributed neural system for human working." *Nature*, 1997: 386:608-611.
- Damasio, A. *The Feeling of What Happens: Body and Emotion in the Making of Consciousness*. New York: Harcourt Brace, 1999.
- Damasio, A. "The person within." *Nature*, 2003: 423 (6937):227.
- Dapretto M, Davies, M.S., Pfeifer, J.H., Scott, A.A., Sigman, M., Bookheimer, S.Y., Iacoboni, M. "Understanding emotions in others: mirror neuron dysfunction in children with autism spectrum disorders." *Nat. Neurosci.*, 2006: 9(1):28-30.
- Darwin, C. *The Expression of the Emotions in Man and Animals*. London: John Murray, 1872.
- Davis, M. " Measuring individual differences in empathy: Evidence for a multidimensional approach ." *Journal of Personality and Social Psychology*,, 1983: 44, 113- 126.
- Davis, M. & Franzoi, S. L. "Stability and chance in adolescent self- conciouness end empathy." *Journal of Research in Personality*,, 1991: 25, 70- 87.
- de Waal, F.B. "Putting the altruism back into altruism: the evolution of empathy." *Annu. Rev. Psychol.*, 2008: 59:279-300.
- DeGelder, B., Vroomen, J., Pourtois, G., Weiskrantz, L. "Non-conscious recognition of affect in the absence of striate cortex." *NeuroReport*, 1999: 10, 3759-3763.
- DeLancey, C. *Passionate Engines: What Emotions Reveal About the Mind and Artificial Intelligence*. New York: Oxford University Press, 2001.
- Devinsky, O., Morrell, M.J., Vogt, B.A. "Contributions of anterior cingulate cortex to behaviour." *Brain*, 1995: 118:279- 306.
- Dimberg, U., Thunberg, M., Elmehed, K. "Unconscious facial reactions to emotional facial expressions." *Psychol. Sci.*, 2000: 11(1):86-89.
- Dobson, K.S., Breiter, H.J. "Cognitive assessment of depression: reliability and validity of three measures." *J Abnorm Psychol*, 1983: Feb; 92(1):107-9.
- Dolan, R.J., Fletcher, P., Morris, J., Kapur, N., Deakin, J.F.,Frith, C.D. "Neural activation during covert processing of positive emotional facial expressions." *Neuroimage*, 1996: 4:194- 200.
- Duan, X., Dai, Q., Gong, Q., Chen, H. "Neural mechanism of unconscious perception of surprised facial expression." *Neuroimage*, 2010: 52(1):401-407.
- Eger, E., Jedynek, A., Iwaki, T., Skrandies, W. "Rapid extraction of emotional expression: evidence from evoked potential fields during brief presentation of face stimuli." *Neuropsychologia*, 2003: 41:808- 817.
- Ekman, P., Friesen, W.V. "Constants across cultures in the face and emotion." *J. Pers. Soc. Psychol.*, 1971: 17(2):124-129.
- . *Pictures of Facial Affect*. Palo Alto: CA: Consulting Psychologists Press, 1976.
-

-
- Etkin, A., Egner, T., Kalisch, R. "Emotional processing in anterior cingulate and medial prefrontal cortex." *Trends Cogn Sci.*, 2011: Feb;15(2):85-93.
- Eugène, F., Lévesque, J., Mensour, B., Leroux, J.M., Beaudoin, P., Beaugregard, M. "The impact of individual differences on the neural circuitry underlying sadness." *Neuroimage*, 2003: 19(2Pt1):354-364.
- Förstl, H. *Theory of Mind - Neurobiologie und Psychologie sozialen Verhaltens*. Heidelberg: Springer Medizin Verlag, 2007.
- Franz, M., Popp, K., Schaefer, R., Sitte, W., Schneider, C., Hardt, J., Decker, O., Braehler, E. "Alexithymia in the German general population." *Soc Psychiatry Psychiatr Epidemiol.* , 2008 : Jan;43(1):54-62. Epub 2007 Oct 12.
- Frith, U., Frith, C.D. "Development and neurophysiology of mentalizing." *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.* , 2003: 358(1431):459-473.
- Gallese, V. "Before and below 'theory of mind': embodied simulation and the neural correlates of social cognition." *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.*, 2007: 362(1480):659-669.
- Gallese, V., Keysers, C., Rizzolatti, G. "A unifying view of the basis of social cognition." *Trends Cogn. Sci.*, 2004: 8(9):396-403.
- Gobbini, M.I., Haxby, J.V. "Neural systems for recognition of familiar faces." *Neuropsychologia*, 2007: 45(1):32-41.
- Golan, O., Baron-Cohen, S., Hill, J. "The Cambridge Mindreading (CAM) Face-Voice Battery: Testing complex emotion recognition in adults with and without Asperger syndrome." *J. Autism. Dev. Disord.*, 2006: 36(2):169-183.
- Grezes, J., Decety, J. "Functional anatomy of execution mental situation, observation, and verb generation of actions: A meta- analysis." *Human Brain Mapping*, 2001: 12:1-19.
- Grosbras, M.H., Paus, T. "Brain networks involved in viewing angry hands or faces." *Cereb. Cortex*, 2006: 16(8):1087-1096.
- Grynberg, D., Chang, B., Corneille, O., Maurage, P., Vermeulen, N., Berthoz, S., Luminet, O. "Alexithymia and the processing of emotional facial expressions (EFEs): systematic review, unanswered questions and further perspectives." *PloS ONE* 7 e42429, 2012.
- Hautzinger, M., Bailer, M., Worall, H., Keller, F. *Beck Depressions- Inventar (BDI) Testhandbuch*. Bern: Huber, 1995.
- Haxby J.V., Hoffman, E.A., Gobbini, M.I. "The distributed human neural system for face perception." *Trends Cogn. Sci.*, 2000: 4(6):223-233.
- Haxby, J.V., Petit, L., Ungerleider, L.G., Courtney, S.M. "Distinguishing the functional roles of multiple regions in distributed neural systems for visual working memory." *Neuroimage*, 2000: 11:380- 391.
- Heberlein, A.S., Saxe, R.R. "Dissociation between emotion and personality judgments: convergent evidence from functional neuroimaging." *Neuroimage*, 2005: 28(4):770-777.
-

-
- Henry, J.D., Phillips, L.H., Beatty, W.W., McDonald, S., Longley, W.A., Joscelyne, A., Rendell, P.G. "Evidence for deficits in facial affect recognition and theory of mind in multiple sclerosis." *J Int Neuropsychol Soc*, 2009: 15, 277- 285.
- Hermans, D., DeHouwer, J., Eelen, P. "A time course analysis of the affective priming effect." *Cognition and Emotion*, 2001: 15 (2), 143- 165.
- Hodsoll, S., Viding, E., Lavie, N. "Attentional capture by irrelevant emotional distractor faces." *Emotion*, 2011: 346- 353.
- Hooker, C.I., Verosky, S.C., Germine, L.T., Knight, R.T., D'Esposito, M. "Mentalizing about emotion and its relationship to empathy." *Soc. Cogn. Affect Neurosci.*, 2008: 3(3):204-217.
- Hynes, C.A., Baird, A.A., Grafton, S.T. "Differential role of the orbital frontal lobe in emotional versus cognitive perspective-taking." *Neuropsychologia*, 2006: 44(3):374-383.
- Iacoboni, M., Koski, L.M., Brass, M., Bekkering, H., Woods, R.P., Dubeau, M.C., Mazziotta, J.C., Rizzolatti, G. "Reafferent copies of imitated actions in the right superior temporal cortex." *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.*, 2001: 98(24):13995-13999.
- Iacoboni, M., Molnar-Szakacs, I., Gallese, V., Buccino, G., Mazziotta, J.C., Rizzolatti, G. "Grasping the intentions of others with one's own mirror neuron system." *PLoS. Biol.*, 2005: 3(3):e79.
- Iacoboni, M., Woods, R.P., Brass, M., Bekkering, H., Mazziotta, J.C., Rizzolatti, G. "Cortical mechanisms of human imitation." *Science*, 1999: 286(5449):2526-2528.
- Ibáñez, A., Hurtado, E., Lobos, A., Escobar, J., Trujillo, N., Baez, S., Huepe, D., Manes, F., Decety, J. "Subliminal presentation of other faces (but not own face) primes behavioral and evoked cortical processing of empathy for pain." *Brain Res.*, 2011: 1398:72-85.
- Izard, C.E. "Emotion Theory and Research: Highlights, Unanswered Questions, and Emerging Issues." *Annu. Rev. Psychol.*, 2009: 1- 25.
- J.E., LeDoux. "Emotion: clues from the brain." *Annu Rev Psychol.* , 1995: 46:209-35.
- Jackson, P. L., Meltzoff, A. N., Decety, J. "Neural circuits involved in imitation and perspective taking." *Neuroimage*, 2006: 429- 439.
- Jackson, P.L., Meltzoff, A.N., Decety, J. "How do we perceive the pain of others? A window into the neural processes involved in empathy." *Neuroimage*, 2005: 24(3):771-779.
- Jackson, S. A. and Thomas, R. M., *Cross- Sectional Imaging Made Easy*. München: Elsevier GmbH, S.57-63, 2009.
- Jaśkowski, P., Przekoracka-Krawczyk, A. "On the role of mask structure in subliminal priming." *Acta Neurobiol Exp*, 2005: 65(4):409- 417.
- Jonsson C.O., Clinton D.N., Fahrman M., Mazzaglia G., Novak S., Sörhus K. "How do mothers signal shared feeling-states to their infants? An investigation of affect attunement and imitation during the first year of life." *Scand J Psychol*, 2001: 377-381.
- Kanwisher, N., Tong, F., Nakayama, K. "The effect of face inversion on the human fusiform face area." *Cognition*, 1998: 68:1-11.
-

-
- Karnath, H.-O. "New insights into the functions of the superior temporal cortex." *Nat. Rev. Neuroscience*, 2001: 568- 576.
- Kesler-West, M.L., Andersen, A.H., Smith, C.D., Avison, M.J., Davis, C.E., Kryscio, R.J., Blonder, L.X. "Neural substrates of facial emotion processing using fMRI." *Brain Res. Cogn. Brain Res.*, 2001: 11(2):213-226.
- Kiss, M., Eimer, M. "ERPs reveal subliminal processing of fearful faces." *Psychophysiology*, , 2008: 45, 318–326.
- Kroger, J.K., Sabb, F.W., Fales, C.L., Bookheimer, S.Y., Cohen, M.S., Holyoak, K.J. "Recruitment of anterior dorsolateral prefrontal cortex in human reasoning: a parametric study of relational complexity." *Cerebral Cortex*, 2002: 12:477- 485.
- Krohne, H.W. , Egloff, B., Kohlmann, C.W. "Untersuchungen mit einer deutschen Version der" Positive and Negative Affect Schedule"(PANAS)." *Diagnostica*, 1996: 42, Heft 2, 139 - 156 .
- Kurtzke, J.F. "Rating neurologic impairment in multiple sclerosis: an expanded disability status scale (EDSS)." *Neurology*, 1983: 33,1444-1452.
- Lancaster, J.L., Rainey, L.H., Summerlin, J.L., Freitas, C.S., Fox, P.T., Evans, A.C., Toga, A.W., Mazziota, J.C. "Automated labeling of human brain: a preliminary report on the development and evaluation of a forward- transform method." *Hum Brain Mapp*, 1997: 5,238-242.
- Lancaster, J.L., Woldorff, M.G., Parsons, L.M., Liotti, M., Freitas, C.S., Rainey, L., Kochunov, P.V., Nickerson, D., Mikiten, S.A., Fox, P.T. "Automated Talairach atlas labels for functional brain mapping." *Hum Brain Mapp*, 2000: 10,120-131.
- Lane, R. D., Ahern, G. L., Schwartz, G. E., Kaszniak, A. W. "Is alexithymia the emotional equivalent of blindsight?" *Biological Psychiatry*, 1997: 834- 844.
- Lawrence, A.D., Chakrabati, B. "Looking at happy and sad faces: an fMRI study." *Annual meeting of the Cognitive Neuroscience Society*, 2004.
- Lazarus, R.S. "Cognition and motivation in emotion." *Am Psychol*, 1991: 46(4):352-67.
- LeDoux, J.E. "Emotion Circuits in the Brain." *Annual Review of Neuroscience*, 2000: VOI.23,155-184.
- . *The emotional brain: The mysterious underpinnings of emotional life*. New York: Touchstone, 1998.
- Lepage, M., Ghaffar, O., Nyberg, L., Tulving, E. "Prefrontal cortex and episodic memory retrieval mode." *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2000: 97:506- 511.
- Lewicki P., Hill, T., Czyzewska, M. "Nonconscious acquisition of information." *Am Psychol.* , 1992 : Jun;47(6):796-801.
- Lewicki, P., Hill, T., Czyzewska, M. "Hidden covariation detection: a fundamental and ubiquitous phenomenon." *J Exp Psychol Learn Mem Cogn.* , 1997: Jan;23(1):221-8.

-
- Liddel, B.J., Williams, L. M., Rathjen, J., Shevrin, H., Gordon, E. "A Temporal Dissociation of Subliminal versus Supraliminal Fear Perception: An Event-related Potential Study." *Journal of Cognitive Neuroscience*, 2004: 16:3, pp. 479–486.
- Lindenberg, R., Uhlig, M., Scherfeld, D., Schlaug, G., Seitz, R.J. "Communication with emblematic gestures: shared and distinct neural correlates of expression and reception." *Hum. Brain Mapp.*, 2008: 33(4):812-823.
- Liotti, M., Mayberg, H.S., Brannan, S.K., McGinnis, S., Jerabek, P., Fox, P.T. "Differential limbic--cortical correlates of sadness and anxiety in healthy subjects: implications for affective disorders." *Biol. Psychiatry*, 2000: 48(1):30-42.
- Loftus, E.F., Klinger, M.R. "Is the unconscious smart or dumb?" *Am Psychol.* , 1992 : Jun;47(6):761-5.
- Logothetis, N. K., Pauls, J., Augath, M., Trinath, T., Oeltermann, A. " Neurophysiological investigation of the basis of the fMRI signa." *Nature*, 2001: 412:150-157.
- Lombardo, M.V., Chakrabarti, B., Bullmore, E.T., Sadek, S.A., Pasco, G., Wheelwright, S.J. "Atypical neural self- representation in autism." *Brain*, 2006: 611-624.
- Lukesch, H. "Testkriterien des Depressionsinventars von A. T. Beck." *Psychologische Praxis*, 1974: 18, 60– 78.
- MacLeod, A.K., Buckner, R.L., Miezin, F.M., Petersen, S.E., Raichle, M.E. "Right anterior prefronta cortexl activation during semantic monitoring and working memory." *Neuroimage*, 1998: 7:41-48.
- Macrae, C.N., Bodenhausen, G.V. "Social cognition: Thinking categorically about others." *Annual Review of Psychology*, 2000: 51,93-120.
- Malhi, G.S., Lagopoulos, J., Ward, P.B., Kumari, V., Mitchell P.B., Parker, G.B., Ivanovski, B., Sachdev, P. "Cognitive generation of affect in bipolar depression: an fMRI study." *Eur. J. Neurosci.*, 2004: 19(3):741-754.
- Mathews, A., Yiend, J., Lawrence, A.D. "Individual differences in the modulation of fear- related brain activation by attentional control." *Journal of Cognitive Neuroscience*, 2004: 16:1683- 1694.
- Mattila, A. K., Keefer, K. V., Taylor, G. J., Joukamaa, M., Jula, A., Parker, J. D. A., Bagby, R. M. "Taxometric analysis of alexithymia in a general population sample from Finland." *Personality and Individual Differences*, 2010: 216- 221.
- Mayer, B., Merckelbach, H. "Unconscious processes, subliminal stimulation, and anxiety." *Clin. Psychol. Rev.*, 1999: 19(5):571-579.
- Mériaux, K., Wartenburger, I., Kazzner, P., Prehn, K., Lammers, C.H., van der Meer, E., Villringer, A., Heekeren, H.R. "A neural network reflecting individual differences in cognitive processing of emotions during perceptual decision making." *Neuroimage*, 2006: 33:1016- 1027.
- Milner, A.D., Goodale, M.A. *The Visual Brain in Action*. Oxford: University Press, 1995.
- Mitchell, J.P., Banaji, M.R., Macrae, C.N. "The link between social cognition and self-referential thought in the medial prefrontal cortex." *J. Cogn. Neurosci.*, 2005: 17(8):1306-1315.
-

-
- Moran, P.W. & Lambert, M.J. *A review of current assessment tools for monitoring changes in depression. In: The assessment of psychotherapy outcome.* New York: Wiley, 1983.
- Morris, J.S., Ohman, A., Dolan, R.J. "A subcortical pathway to the right amygdala mediating "unseen" fear." *PNAS*, 1999: 96,1680- 1685.
- Murphy, S.T., Zajonc, R.B.. "Affect, cognition, and awareness: affective priming with optimal and suboptimal stimulus exposures." *J. Pers. Soc. Psychol.*, 1993: 64(5):723-739.
- Nomi, J.S., Scherfeld, D., Friedrichs, S., Schaefer, R., Franz, M., Wittsack, H.J., Azari, N.P., Missimer, J., Seitz, R.J. "On the neural network of empathy: A principal component analysis of an fMRI study." *Behavioral and Brain Functions*, 2008: 4:41.
- Nomura, M., Ohira, H., Haneda, K., Iidaka, T., Sadato, N., Okada, T., Yonekurac, Y. "Functional association of the amygdala and ventral prefrontal cortex during cognitive evaluation of facial expressions primed by masked angry faces: an event-related fMRI study." *NeuroImage*, 2004: 21, 352– 363.
- Nummenmaa, L., Hirvonen, J., Parkkola, R., Hietanen, J. K. "Is emotional contagion special? An fMRI study on neural systems for affective and cognitive empathy." *Neuroimage*, 2008: 571- 580.
- Ogawa, S., Lee, T. M., Kay, A. R. & Tank, D. W. "Brain magnetic resonance imaging with contrast dependent on blood oxygenation." *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.*, 1990: 87, 9868-9872.
- Ohman, A. "The orienting response, attention and learning: an information- processing perspective." In *The orienting reflex in humans*, by H., Van Olst, E.H., Orlebeke, J.F. Kimmel, 443-471. Hillsdale: Erlbaum, 1979.
- Oldfield, R.C. "The assessment and analysis of handedness: The Edinburgh inventory." *Neuropsychologia*, 1971: 9,97-113.
- Oliver, J.M. & Simmons, M. E. "Depression as measured by the DSM-III and the Beck Depression Inventory in an unselected adult population. ." *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 1984: 52(5), 892-898.
- Oliveri, M., Babiloni, C., Filippi, M.M., Caltagirone, C., Babiloni, F, Cicinelli, P. "Influence of the supplementary motor area on primary motor cortex excitability during movements triggered by neutral or emotionally unpleasant visual cues." *Experimental Brain Research*, 2003: 149:214- 221.
- Panksepp, J. "At the interface of the affective, behavioral, and cognitive neurosciences: decoding the emotional feelings of the brain." *Brain Cogn.*, 2003: 52:4-14.
- Panksepp, J. "Damasio's error?" *Conscious. Emot.*, 2003: 4:111-134.
- Paulus, C. "Saarbrücker Persönlichkeitsfragebogen SPF (IRI) zur Messung von Empathie: Psychometrische Evaluation der deutschen Version des Interpersonal." *Saarbrücken Universitäts- und Landesbibliothek*. 2009. http://bildungswissenschaften.uni-saarland.de/personal/paulus/homepage/files/SPF-IRI-_V6.2.pdf.
- Petrides, M. "Dissociable roles of mid- dorsolateral prefrontal and anterior inferotemporal cortex in visual working memory." *Journal of Neuroscience*, 2000: 20:7496- 7503.
-

-
- Premack, D., Woodruff, G. "Does the chimpanzee have a theory of mind?" *Behavioral & Brain Sciences*, 1978: 1, 515-526.
- Preston, S.D., de Waal, F.B. "Empathy: Its ultimate and proximate bases." *Behav. Brain. Sci.*, 2002: 25(1):1-20.
- Price, D.D. "Classical and current theories of pain mechanisms." In *Psychological and neural mechanisms of pain.*, by D.D. Price, 212- 231. New York: Raven Press, 1988.
- Prochnow, D., Donell, J., Schafer, R., Jorgens, S., Hartung, H.P., Franz, M., Seitz, R.J. "Alexithymia and impaired facial affect recognition in multiple sclerosis." *Journal of Neurology*, 2011: 258, 1683-1688.
- Prochnow, D., Höing, B., Kleiser, R., Lindenberg, R., Wittsack, H. J., Schäfer, R., Franz, M., Seitz, R. J. "The neural correlates of affect reading: an fMRI study on faces and gestures." *Behavioral Brain Research*, 2013: 270- 277.
- Prochnow, D., Höing, B., Kleiser, R., Lindenberg, R., Wittsack, H.J., Schäfer, R., Franz, M., Seitz, R.J. "The neural correlates of affect reading: An fMRI study on faces and gestures." *Behav. Brain Res.*, 2012.
- Radua, J., Phillips, M.L., Russell, T., Lawrence, N., Marshall, N., Kalindindi, S., El-Hage, W., McDonald, C. "Neural response to specific components of fearful faces in healthy and schizophrenic adults." *Neuroimage*, 2010: 49: 939- 946.
- Ramnani, N., Owen, A.M. "Anterior prefrontal cortex: insights into function from anatomy and neuroimaging." *Nature Reviews Neuroscience*, 2004: 5:184-194.
- Ranganath, C., Paller, K.A. "Neural correlates of memory retrieval and evaluation." *Cognitive Brain Research*, 2000: 9:209- 222.
- Reed, C.L., Caselli, R.J., Farah, M.J. "Tactile agnosia. Underlying impairment and implications for normal tactile object recognition." *Brain.* , 1996: Jun;119 (Pt 3):875-88.
- Rizzolatti, G. "The mirror neuron system and its function in humans." *Anat. Embryol. (Berl.)*, 2005: 210(5-6):419-21.
- Rizzolatti, G., Craighero, L. "The mirror-neuron system." *Annu. Rev. Neurosci.*, 2004: 27:169-192.
- Roberts, R.C. *Emotions: An essay in Aid of Moral Psychology*. Cambridge: S. 14- 56, 2003.
- Robles, R., Smith, R., Carver, C.S., Wellens, A.R. "Influence of subliminal visual images on the experience of anxiety." *Pers. Soc. Psychol. Bull.*, 1987: 13;399-410.
- Rohr, M., Degner, J., Wentura, D. "Masked emotional priming beyond global valence activations." *Cogn. Emot.*, 2012: 26; 224- 244.
- Rosen, B.R., Bruckner, R.L. & Dale, A.M. "Event- related functional MRI: past, present, and future." *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.*, 1998: 95:773-780.
- Rotshein, P., Henson, R.N.A., Treves, A., Driver, J., Dolan, R.J. "Morphing Marilyn into Maggie dissociates physical and identity face representation in the brain." *Nat. Neuroscience*, 2005: 8:107-113.
-

-
- Rowe, J.B., Toni, I., Josephs, O., Frackowiak, R.S.J., Passingham, R.E. "The prefrontal cortex: response selection or maintenance within working memory." *Science*, 2000: 288:1656- 1660.
- Ruys, K.I., Aarts, H. "I didn't mean to hurt you! Unconscious origins of experienced self-agency over others' emotions." *Emotion*, 2012: 12(1):132-141.
- Schachter, S. *Emotion, Obesity and Crime*. New York: Academic, 1971.
- Schäfer, R., Popp, K., Jörgens, S., Lindenberg, R., Franz, M., Seitz, R.J. "Alexithymia-like disorder in right anterior cingulate infarction." *Neurocase*, 2007: 13(3):201-8.
- Schmitt, M. "Empathie: Konzepte, Entwicklung, Quantifizierung. ." *Bericht aus der Arbeitsgruppe „Verantwortung, Gerechtigkeit, Moral“ Forschungsprojekt: Entwicklung interpersonaler Verantwortlichkeit und interpersonaler Schuld (P.I.V.)*, 1982.
- Schulte-Rüther, M., Markowitsch, H.J., Fink, G.R., Piefke, M. "Mirror neuron and theory of mind mechanisms involved in face-to-face interactions: a functional magnetic resonance imaging approach to empathy." *J. Cogn. Neurosci.*, 2007: 19(8):1354-1372.
- Seeck, M., Michel, C.M., Mainwaring, N., Cosgrove, R., Blume, H., Ives, J., Landis, T., Schomer, D.L. "Evidence for a rapid face recognition from human scalp and intracranial electrodes." *Neuroreport*, 1997: 8,2749-2754.
- Seitz, R.J., Franz, M., Azari, N.P. "Value judgements and self- control of action: The role of the medial frontal cortex." *Brain Research Reviews*, 2009: 60: 368- 378.
- Seitz, R.J., Nicker, J., Azari, N.P. "Functional modularity of the medial prefrontal cortex: involvement in human empathy." *Neuropsychology*, 2006: 20:743-751.
- Seitz, R.J., Schäfer, R., Scherfeld, D., Friederichs, S., Popp, K., Wittsack, H.-J., Azari, N.P., Franz, M. "Valuating other people's emotional face expression: a combined functional magnetic resonance imaging and electroencephalography study." *Neuroscience*, 2008: 713-722.
- Shamay-Tsoory, S.G., Aharon-Peretz, J. "Dissociable prefrontal networks for cognitive and affective theory of mind: a lesion study." *Neuropsychologia*, 2007: 45(13):3054-3067.
- Shamay-Tsoory, S.G., Aharon-Peretz, J., Perry, D. "Two systems for empathy: a double dissociation between emotional and cognitive empathy in inferior frontal gyrus versus ventromedial prefrontal lesions." *Brain*, 2009: 132(Pt 3):617-627.
- Shamay-Tsoory, S.G., Tomer, R., Berger, B.D., Aharon-Peretz, J. "Characterization of empathy deficits following prefrontal brain damage: the role of the right ventromedial prefrontal cortex." *J. Cogn. Neurosci.*, 2003: 15(3):324-337.
- Sifneos, P. E. "The prevalence of 'alexithymic' characteristics in psychomatic patients." *Psychotherapy and Psychosomatics*, 1973: 255- 262.
- Silbereisen, R. K. & Schulz, W. "Prüfung der Testgüte einer „Empathie- Skala“." *Diagnostica*, 1977: 23, 179- 187.
- Singer, T. "The neuronal basis and ontogeny of empathy and mind reading: review of literature and implications for future research." *Neurosci. Biobehav. Rev.*, 2006: 30(6):855-863.

-
- Slade, A., Grienberger, J., Bernbach, E., Levy, D., Locker, A. "Maternal reflective functioning, attachment, and the transmission gap: a preliminary study." *Attach Hum Dev*, 2005: 283-298.
- Spruyt, A., Hermans, D., DeHouwer, J., Vandromme, H., Eelen, P. "On the nature of the affective priming effect: Effects of stimulus onset asynchrony and congruency porportion in naming and evaluative categorization." *Memory and Cognition*, 2007: 35 (1), 95-106.
- Stehling, M. K., Turner, R., Mansfield, P. " Echo- planar imaging: Magnetic resonance imaging in a fraction of a second." *Sciencne*, 1991: 254(5028)43-50.
- Stern, D. N. *Die Lebenserfahrung des Säuglings*. Stuttgart: Klett-Cotta /J. G. Cotta'sche Buchhandlung, 2003.
- Stoeckel, M.C., Weder, B., Binkofski, F., Buccino, G., Shah, N. J., Seitz, R. J. "A fronto- parietal circuit for tactile object discrimination: an event related fMRT study." *Neuromimage*, 2003: 1103-1114.
- Stuss, D.T., Gallup, G.G. Jr, Alexander, M.P. "The frontal lobes are necessary for 'theory of mind'." *Brain*, 2001: 124(Pt 2):279-286.
- Taylor, G.J., Bagby, R.M., Parker, J.D. "The 20-Item Toronto Alexithymia Scale. IV. Reliability and factorial validity in different languages and cultures." *J Psychosom Res.* , 2003: Sep;55(3):277-83.
- Tomkins, S.S. *Affect Imagery Consciousness: The Complete Edition*. New York: Springer Publishing Company, 2008.
- Tranel, D., Damasio, A.R., Damasio, H. "Intact recognition of facial expression, gender, and age in patients with impaired recognition of face identity." *Neurology*, 1988: 38(5):690-696.
- Trepel, M. *Neuroanatomie- Struktur und Funktion*. München: Elsevier, 2008.
- van der Velde, J., Servaas, M. N., Goerlich, K. S., Bruggeman, R., Horton, P., Costafreda, S. G., Aleman, A. "Neural correlates of alexithymia: a meta-analysis of emotion processing studies." *Neuroscience and Behavioral Reviews*, 2013: 1774- 1785.
- Van Rullen, R., Thorpe, S.J. "The time course of visual processing: From early perception to decision making." *Journal of Cognitive Neuroscience*, 2001: 13, 454-461.
- van't Wout, M., Aleman, A., Bermond, B., Kahn, R. "No words for feeling: alexithymia in schizophrenia patients and first- degree relatives." *Comprehensive Psychiatry*, 2007: 27- 33.
- Vogele, K., Bussfeld, P., Newen, A., Herrmann, S., Happe, F., Falkai, P., Maier, W., Shah, N.J., Fink, G.R., Zilles, K. "Mind reading: neural mechanisms of theory of mind and self- perspective." *Neuroimage*, 2001: 14:170- 181.
- Völlm, B.A., Taylor, A.N., Richardson, P., Corcoran, R., Stirling, J., McKie, S., Deakin, J.F., Elliott, R. "Neuronal correlates of theory of mind and empathy: a functional magnetic resonance imaging study in a nonverbal task." *Neuroimage*, 2006: 29(1):90-98.
- Vorst, H. C. M., Bermond, B. "Validity and reliability of the Bermond- Vorst Alexithymia Questionnaire." *Personality and Individual Differences*, 2001: 413- 434.

-
- Vuilleumier P., Pourtois G. "Distributed and interactive brain mechanisms during emotion face perception: evidence from functional neuroimaging." *Neuropsychologia*, 2007: 45(1):174-194.
- Vuilleumier, P. "How brains beware: neural mechanisms of emotional attention." *Trends in cognitive science*, 2005: 585- 594.
- Walter, H., Adenzato, M., Ciaramidaro, A., Enrici, I., Pia, L., Bara, B. G. "Understanding intentions in social interaction: the role of the anterior paracingulate cortex." *Journal of Cognitive Neuroscience*, 2004: 1854-1863.
- Williams, A.C. "Facial expression of pain: an evolutionary account." *Behav. Brain. Sci.*, 2002: 25(4):439-455.
- Wingbermhle, E., Theunissen, H., Verhoeven, W. M. A., Kessels, R. P. C., Egger, J. I. M. "The neurocognition of alexithymia: evidence from neuropsychological and neuroimaging studies." *Acta Neuropsychiatrica*, 2012: 76- 80.
- Winkielman, P., Berridge, K.C., Wilbarger, J.L. "Unconscious affective reactions to masked happy versus angry influence consumption behaviour of value." *Pers. Soc. Psychol. Bull.*, 2005: 31;121-135.
- Winston, J.S., Henson, R.N.A., Fine-Goulden, M.R., Dolan, R.J. "fMRI- adaptation reveals dissociable neural representations of identity and expression in face perception." *J Neurophysiol*, 2004: 92: 1830- 1839.
- Yamada, M., Decety, J. "Unconscious affective processing and empathy: an investigation of subliminal priming on the detection of painful facial expressions." *Pain*, 2009: 143(1-2):71-75.
- Zajonc, R.B. "Feeling and thinking: Preferences need no inferences." *American Psychologist*, 1980: 35;151-175.
- Zimbardo, P.G., Gerrig, R.J. *Psychologie*. München: Pearson Studium, 2004.

XII Anhang

1 Saarbrücker Persönlichkeitsfragebogen (SPF) basierend auf dem *Interpersonal Reactivity Index (IRI)*

Bitte geben Sie an, inwieweit die folgenden 16 Aussagen auf Sie zutreffen.
Sie können den Grad Ihrer Zustimmung anhand einer 5 Punkte Skala einschätzen und die Zahl in die entsprechende Spalte eingeben

1 = trifft überhaupt nicht zu

2 = trifft selten zu

3 = trifft teilweise zu, teilweise auch nicht

4 = trifft oft zu

5 = trifft immer zu

1. Ich empfinde warmherzige Gefühle für Leute, denen es weniger gut geht als mir.

2. Die Gefühle einer Person in einem Roman kann ich mir sehr gut vorstellen.

3. In Notfallsituationen fühle ich mich ängstlich und unbehaglich.

4. Ich versuche, bei einem Streit zuerst beide Seiten zu verstehen,
bevor ich eine Entscheidung treffe.

5. Wenn ich sehe, wie jemand ausgenutzt wird, glaube ich, ihn schützen zu müssen.

6. Ich fühle mich hilflos, wenn ich inmitten einer sehr emotionsgeladenen Situation bin.

7. Nachdem ich einen Film gesehen habe, fühle ich mich so,
als ob ich eine der Personen aus diesem Film sei.

8. In einer gespannten emotionalen Situation zu sein, beängstigt mich.

9. Mich berühren Dinge sehr, auch wenn ich sie nur beobachte.

10. Ich glaube, jedes Problem hat zwei Seiten und versuche deshalb beide zu berücksichtigen.

11. Ich würde mich selbst als eine ziemlich weichherzige Person bezeichnen.

12. Wenn ich einen guten Film sehe, kann ich mich sehr leicht in die Hauptperson hineinversetzen.

13. In heiklen Situationen neige ich dazu, die Kontrolle über mich zu verlieren.

14. Wenn mir das Verhalten eines anderen komisch vorkommt,
versuche ich mich für eine Weile in seine Lage zu versetzen.

15. Wenn ich eine interessante Geschichte oder ein gutes Buch lese, versuche ich mir
vorzustellen, wie ich mich fühlen würde, wenn mir die Ereignisse passieren würden.

16. Bevor ich jemanden kritisiere, versuche ich mir vorzustellen,
wie die Sache aus seiner Sicht aussieht.

3 Beck Depression Inventory (BDI)

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.

- 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,
- 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.
- 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.
- 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,
0. Ich habe keine Schuldgefühle,
 1 Ich habe häufig Schuldgefühle
 2 Ich habe fast Immer Schuldgefühle.
 3 Ich habe immer Schuldgefühle,
- 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 gehören,
- 0 Ich bin nicht von mir enttäuscht.
 1 Ich bin von mir enttäuscht.
 2 Ich finde mich fürchterlich.
 3 Ich hasse mich,
- 0 Ich habe nicht das Gefühl schlechter zu sein als die 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.
- 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 es könnte.
- 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.

- 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.

- 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,

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

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

- 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.

- 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.

- 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.

- 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.

- 0 ich habe in letzter Zeit kaum abgenommen.
 1 Ich hebe 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

- 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.

- 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,

4 PANAS(Krohne et al. 1996)

Diese Aufgabe beinhaltet eine Reihe von Adjektiven, die verschiedene Gefühle beschreiben. Lesen Sie jedes der Worte und schreiben Sie die passende Antwort auf die Linie neben dem jeweiligen Wort. Schätzen Sie ein, zu welchem Grad der jeweilige Gefühlszustand *im Moment* auf Sie zutrifft. Benutzen Sie folgende Skala von 1 bis 5, um Ihre Antwort zu quantifizieren.

1	2	3	4	5	
gar nicht	ein bisschen	einigermaßen	erheblich	äußerst	
_____	interessiert			_____	gereizt
_____	bekümmert			_____	wach
_____	freudig erregt			_____	beschämt
_____	verärgert			_____	angeregt
_____	stark			_____	nervös
_____	schuldig			_____	entschlossen
_____	erschrocken			_____	aufmerksam
_____	feindselig			_____	durcheinander
_____	begeistert			_____	aktiv
_____	stolz			_____	ängstlich

Diese Aufgabe beinhaltet eine Reihe von Adjektiven, die verschiedene Gefühle beschreiben. Lesen Sie jedes der Worte und schreiben Sie die passende Antwort auf die Linie neben dem jeweiligen Wort. Schätzen Sie ein, zu welchem Grad der jeweilige Gefühlszustand *heute* auf Sie zutrifft. Benutzen Sie folgende Skala von 1 bis 5, um Ihre Antwort zu quantifizieren.

1	2	3	4	5	
gar nicht	ein bisschen	einigermaßen	erheblich	äußerst	
_____	interessiert			_____	gereizt
_____	bekümmert			_____	wach
_____	freudig erregt			_____	beschämt
_____	verärgert			_____	angeregt
_____	stark			_____	nervös
_____	schuldig			_____	entschlossen
_____	erschrocken			_____	aufmerksam
_____	feindselig			_____	durcheinander
_____	begeistert			_____	aktiv
_____	stolz			_____	ängstlich

Diese Aufgabe beinhaltet eine Reihe von Adjektiven, die verschiedene Gefühle beschreiben. Lesen Sie jedes der Worte und schreiben Sie die passende Antwort auf die Linie neben dem jeweiligen Wort. Schätzen Sie ein, zu welchem Grad der jeweilige Gefühlszustand *im allgemeinen* auf Sie zutrifft. Benutzen Sie folgende Skala von 1 bis 5, um Ihre Antwort zu quantifizieren.

1	2	3	4	5
gar nicht	ein bisschen	einigermaßen	erheblich	äußerst

_____	interessiert	_____	gereizt
_____	bekümmert	_____	wach
_____	freudig erregt	_____	beschämt
_____	verärgert	_____	angeregt
_____	stark	_____	nervös
_____	schuldig	_____	entschlossen
_____	erschrocken	_____	aufmerksam
_____	feindselig	_____	durcheinander
_____	begeistert	_____	aktiv
_____	stolz	_____	ängstlich

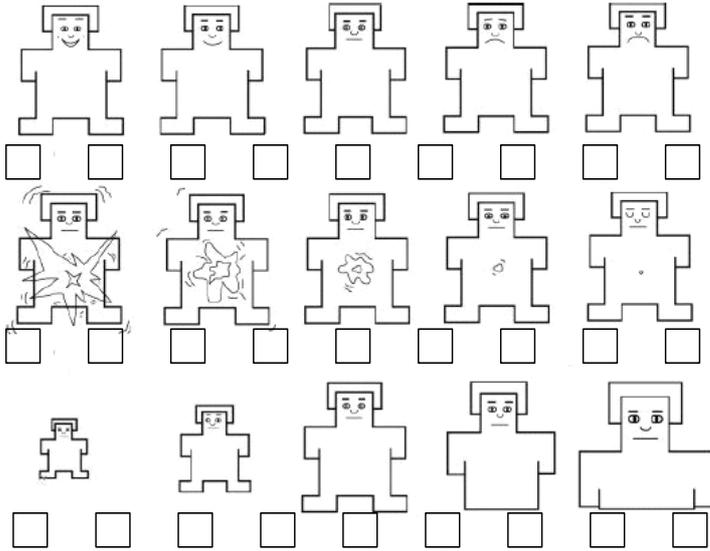
5 Edinburgh Fragebogen zur Erfassung der Händigkeit (Oldfield, 1971)

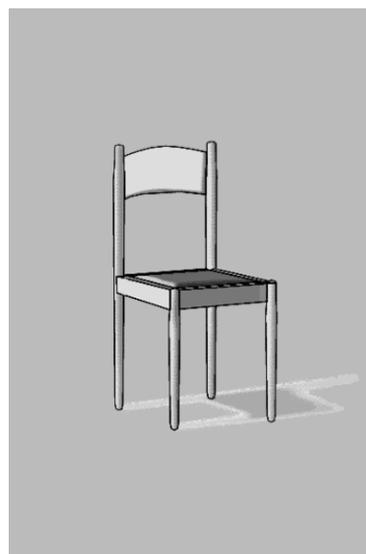
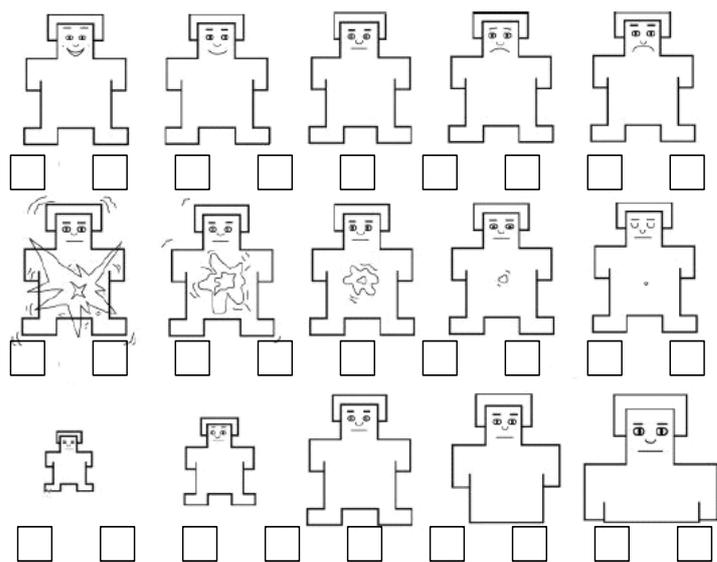
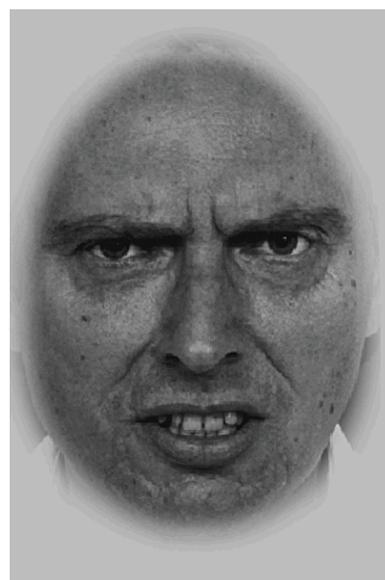
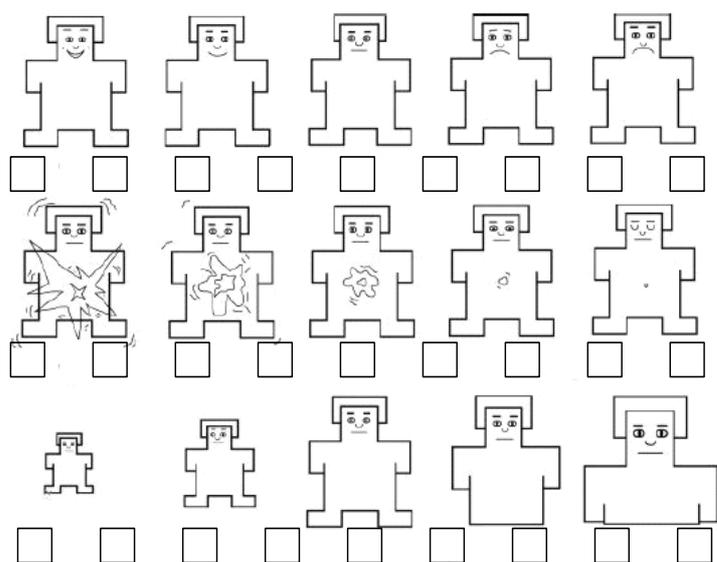
Es werden Ihnen im Folgenden einige Tätigkeiten genannt -
 geben Sie bitte jeweils an, ob Sie dazu Ihre rechte oder linke Hand benutzen
 Wenn Sie sich absolut nicht entscheiden können, welche Hand Sie bevorzugen,
 kreuzen Sie beide Spalten an. Wenn Sie die Tätigkeit überhaupt nie ausführen bzw.
 ausgeführt haben, lassen Sie beide Spalten frei

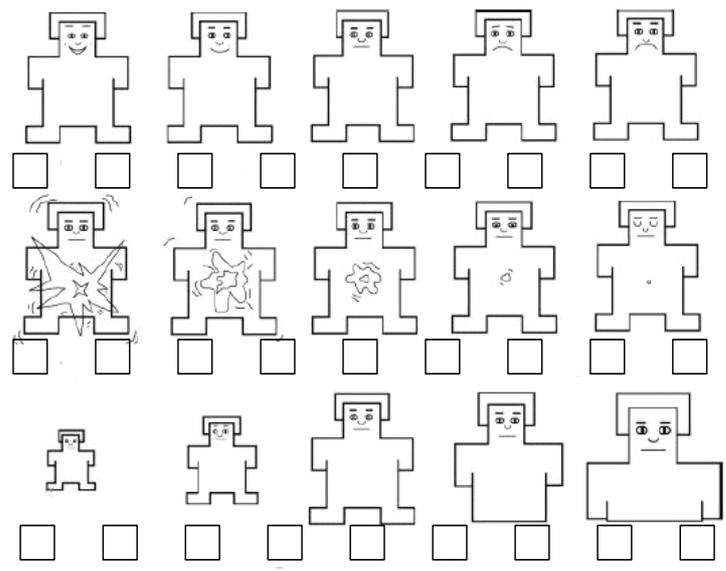
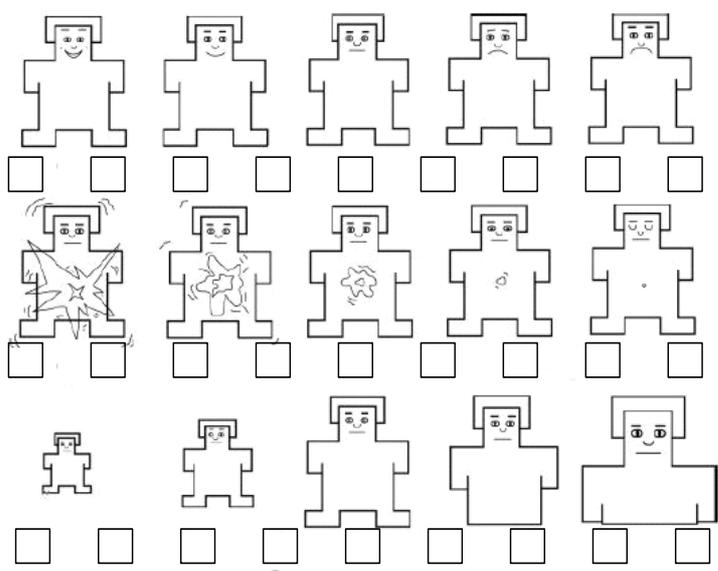
	R	L
Mit welcher Hand schreiben Sie?		
Mit welcher Hand zeichnen Sie?		
Mit welcher Hand werfen Sie einen Ball?		
In welcher Hand halten Sie eine Schere beim Schneiden?		
In welcher Hand halten Sie die Zahnbürste beim Zähneputzen?		
In welcher Hand halten Sie das Messer beim Essen?		
In welcher Hand halten Sie den Löffel beim Essen?		
Welche Hand halten Sie oben am Besen wenn Sie fegen?		
In welcher Hand halten Sie das Streichholz beim Anzünden?		
Mit welcher Hand schrauben Sie von einer Dose den Deckel ab?		
In welcher Hand halten Sie einen Schraubenzieher?		
In welcher Hand halten Sie einen Hammer, wenn Sie einen Nagel in die Wand schlagen?		
Welche Hand haben Sie an der Schaufel, wenn Sie Schnee schippen?		
Mit welcher Hand teilen Sie beim Spielen die Karten aus?		
Summe		

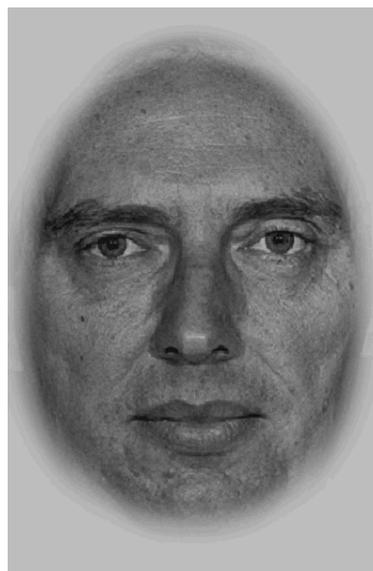
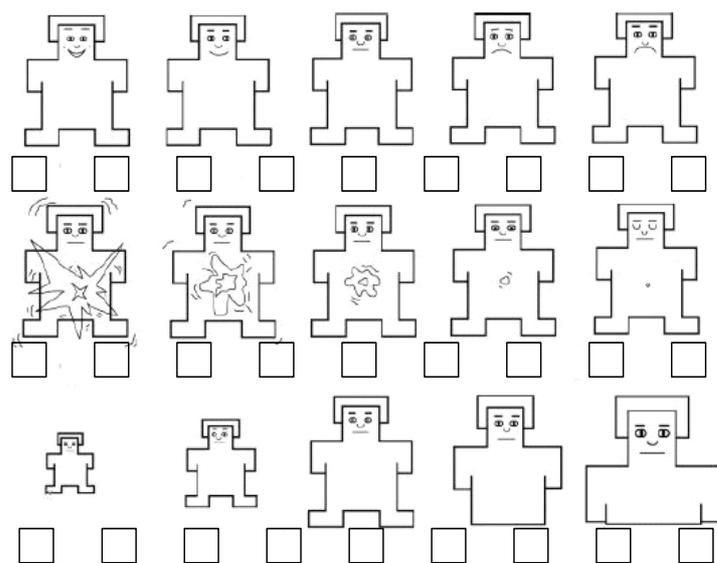
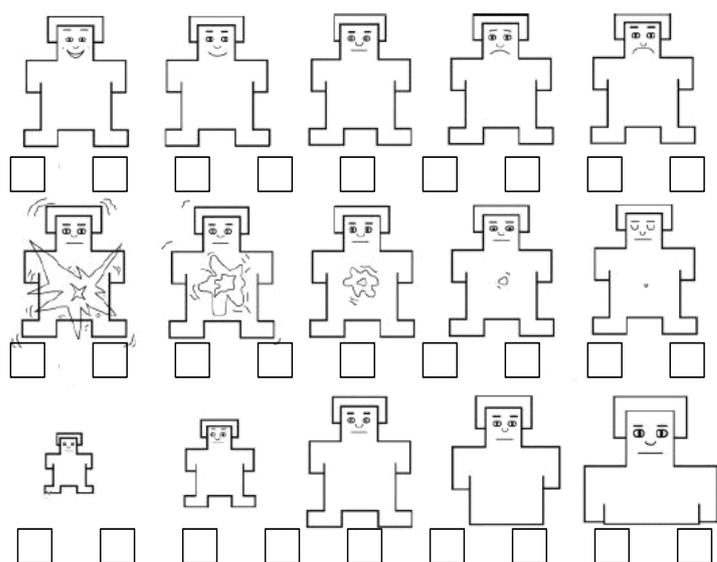
$$HQ = \frac{\text{SummeR} - \text{SummeL}}{\text{SummeR} + \text{SummeL}} * 100$$

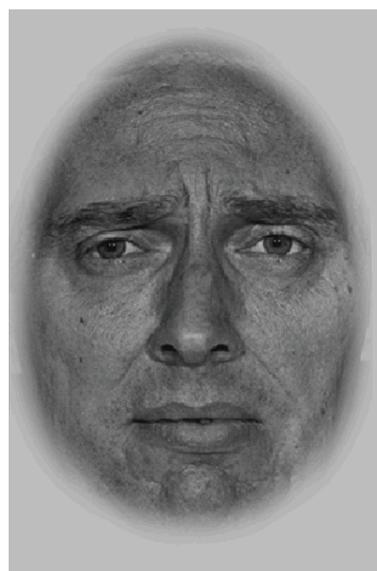
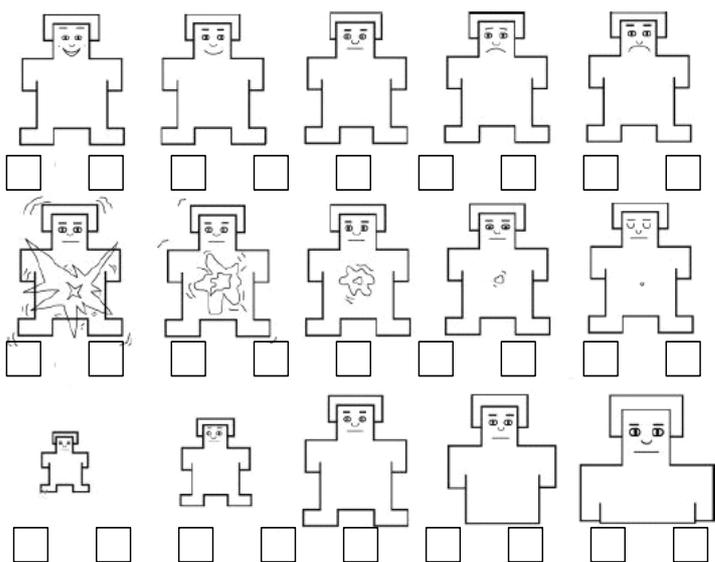
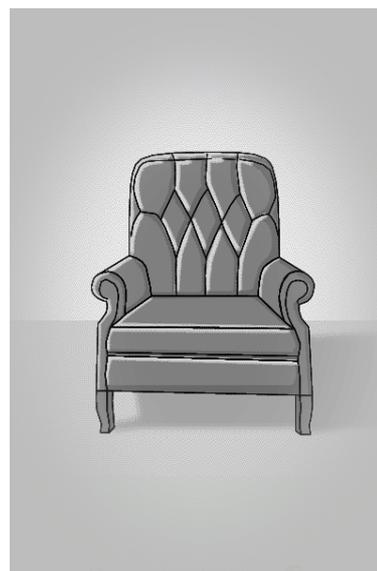
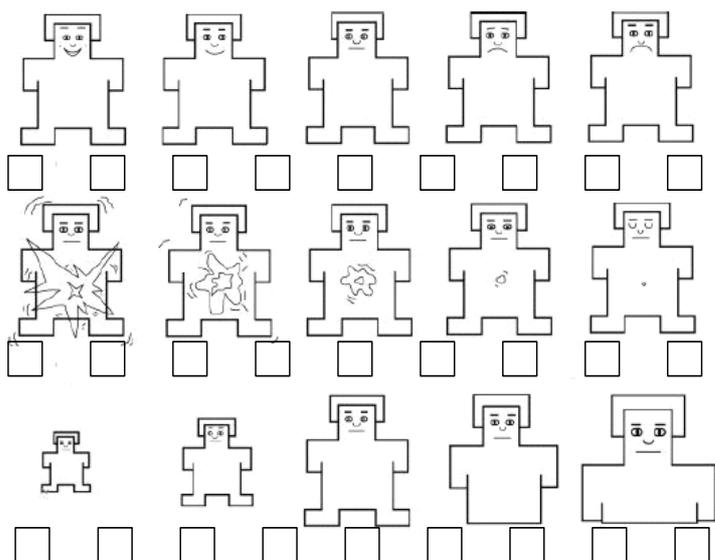
6 Self Assessment Manikin(SAM), Bradley and Lang, 1994

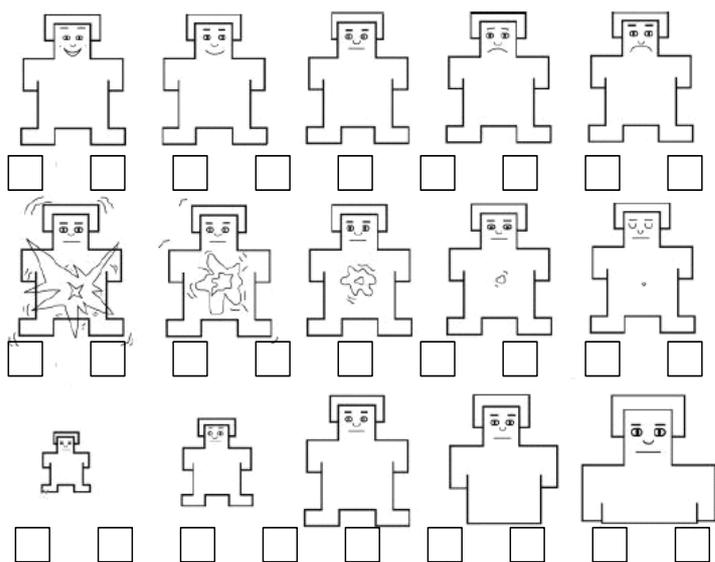
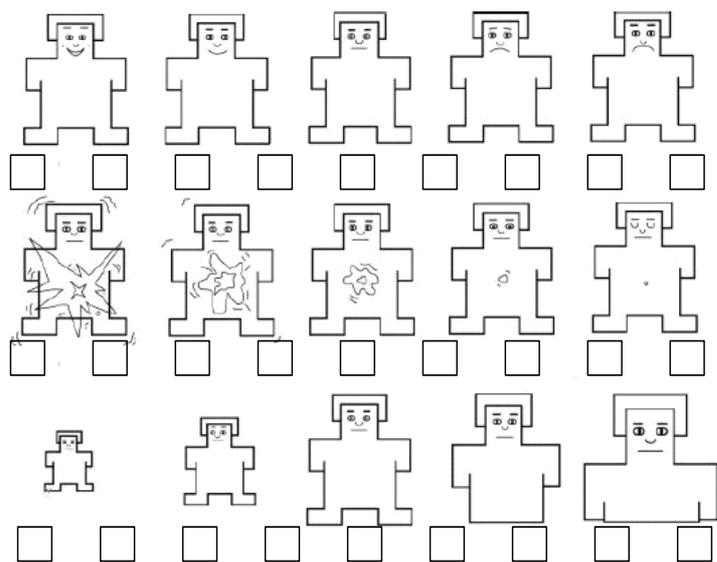


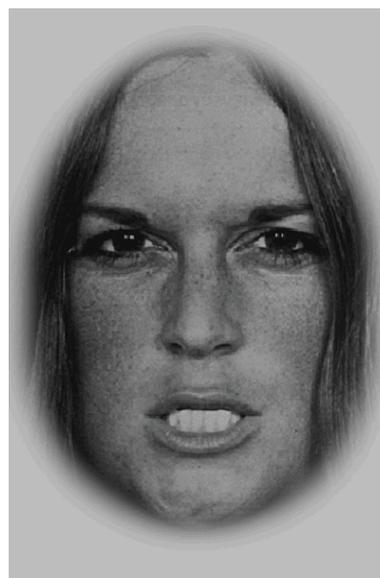
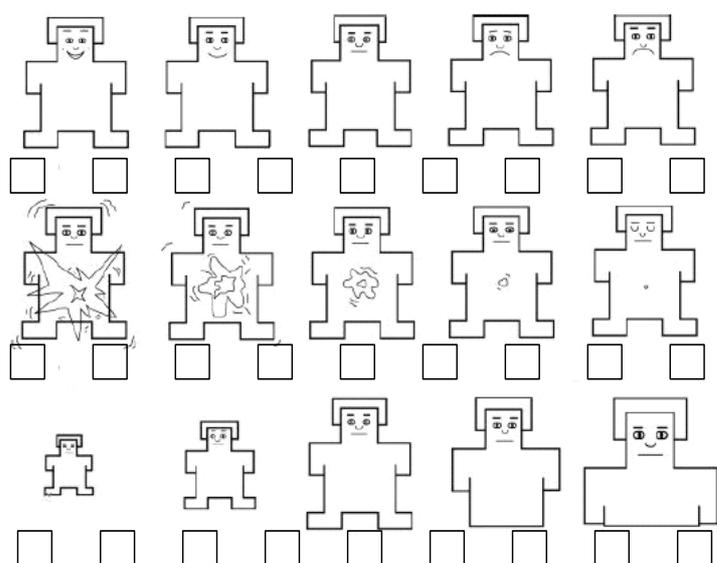












7 VOP Fragebogen

Nachfolgend stellen wir Ihnen einige Fragen zu unserem Experiment. Bitte beantworten Sie die Fragen ehrlich und nacheinander und lassen Sie keine Frage aus.

Konnten Sie alle Anweisungen während des Experiments befolgen oder gab es Unklarheiten?

Wie würden Sie die Länge des Experiments beurteilen?

zu kurz genau richtig zu lang

Haben Sie Ermüdungserscheinungen im Verlauf des Experiments bemerkt, die möglicherweise Ihre Konzentration gegen Ende beeinträchtigt haben?

nein ja

Hatten Sie Schwierigkeiten die emotionalen Gesichtsausdrücke zu erkennen?

nein ja

An welche emotionalen Gesichtsausdrücke erinnern Sie sich?

Freude Überraschung Angst Wut Ekel Trauer

Was denken Sie, war Sinn und Zweck dieser Studie?

Kam Ihnen an der Studie irgendetwas seltsam oder verdächtig vor?

Haben Sie zwischendurch ein Blitzen/ Ruckeln/... bemerkt?

nein ja

Falls ja, was denken Sie war der Grund für das Blitzen/ Ruckeln/ ...?

8 Abbildungen der Kontrollbedingungen

Abbildung 12

Objekt- und Nonsense- Abbildungen

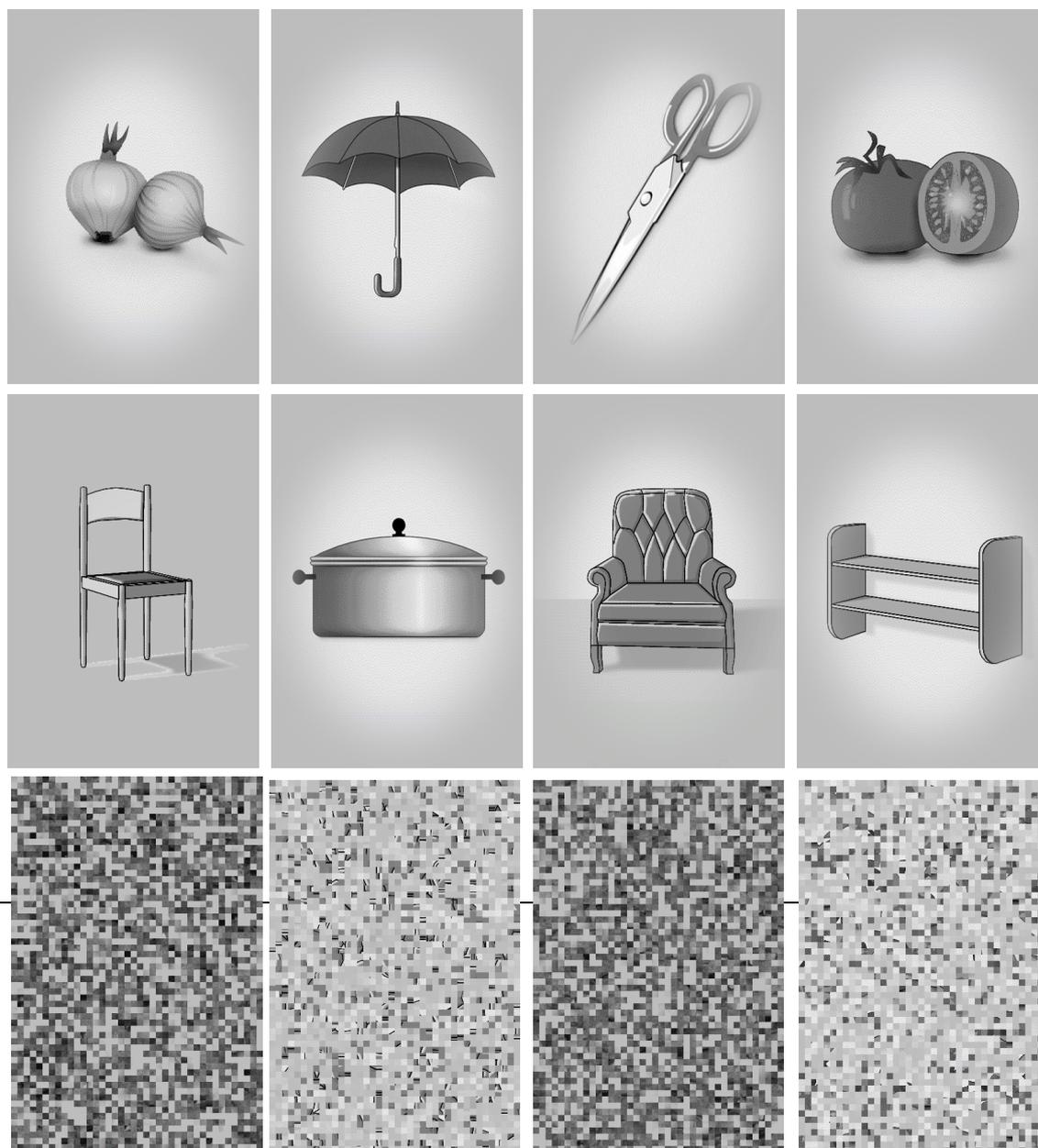


Abbildung 12: Dargestellt sind die zur Kontrollbedingung verwendeten Objekte, so wie vier nonsense Abbildungen (exemplarisch)

9 Deskriptive Statistik der Verhaltensstudie

Tabelle 7

Deskriptive Darstellung der Adjektivwahlen bezüglich der subliminalen und supraliminalen Stimuli und der zusammengefassten Kontrolle

Subliminaler Stimulus	Adjektivwahl	Minimum	Maximum	M	SE	SD
Freude	Freude	6,3	93,8	58,15	5,22	25,03
	Trauer	12,5	87,5	50,00	5,33	25,56
	Wut	0,0	100,0	33,70	6,11	29,30
Trauer	Freude	0,0	75,0	35,87	4,11	19,69
	Trauer	37,5	93,8	67,39	2,86	13,71
	Wut	0,0	75,0	29,35	4,82	23,11
Wut	Freude	0,0	100,0	53,26	5,05	24,20
	Trauer	0,0	100,0	60,87	6,15	29,51
	Wut	6,3	93,8	42,93	4,74	22,72

Supraliminaler Stimulus	Adjektivwahl	Minimum	Maximum	M	SE	SD
Freude	Freude	80,0	100,0	97,13	1,00	4,79
	Trauer	0,0	17,0	1,96	0,84	4,02
	Wut	0,0	5,0	0,39	0,27	1,31
Trauer	Freude	0,0	8,0	0,87	0,40	1,94
	Trauer	81,0	100,0	95,65	1,18	5,68
	Wut	0,0	15,0	3,22	0,87	4,16
Wut	Freude	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00
	Trauer	0,0	17,0	2,13	0,83	3,98
	Wut	83,0	100,0	97,26	0,86	4,11

Kontrolle I + II	Adjektivwahl	Minimum	Maximum	M	SE	SD
Kontrolle	Freude	0,0	89,1	50,20	5,00	23,96
	Trauer	42,2	98,4	68,27	3,01	14,45
	Wut	0,0	67,2	31,52	3,67	17,61

10 Geplante post hoc Berechnungen in der Verhaltensstudie

Tabelle 8

Geplante Kontrastberechnungen der Verhaltensstudie

Stimulus	Adjektivwahl	F	Sig.	Partielles Eta-Quadrat
Freude	Freude - Trauer	,856	,362	0,03
	Freude - Wut	6,997	,013	0,19
	Trauer - Wut	20,543	,000	0,41
Trauer	Freude - Trauer	35,793	,000	0,54
	Freude - Wut	1,401	,246	0,04
	Trauer - Wut	39,722	,000	0,57
Wut	Freude - Trauer	3,837	,059	0,11
	Freude - Wut	,480	,494	0,02
	Trauer - Wut	3,426	,074	0,10

Stimulus	Adjektivwahl - Kontrolle	F	Sig.	Partielles Eta-Quadrat
Freude	Freude - Kontrolle Freude	4,117	,051	0,12
	Trauer - Kontrolle Trauer	17,371	,000	0,37
	Wut - Kontrolle Wut	,053	,820	0,00
Trauer	Freude - Kontrolle Freude	11,040	,002	0,27
	Trauer - Kontrolle Trauer	,468	,499	0,02
	Wut - Kontrolle Wut	,974	,332	0,03
Wut	Freude - Kontrolle Freude	,121	,731	0,00
	Trauer - Kontrolle Trauer	2,013	,166	0,06
	Wut - Kontrolle Wut	12,151	,002	0,29

Adjektivwahl	Stimulus	F	Sig.	Partielles Eta-Quadrat
Freude	Freude - Trauer	33,029	,000	0,52
	Freude - Wut	3,385	,076	0,10
	Trauer - Wut	9,299	,005	0,24
Trauer	Freude - Trauer	25,768	,000	0,46
	Freude - Wut	5,990	,020	0,17
	Trauer - Wut	1,755	,195	0,06

Wut	Freude - Trauer	,417	,524	0,01
	Freude - Wut	2,967	,095	0,09
	Trauer - Wut	14,878	,001	0,33

statistisch signifikant bei $p < .05$

11 ROI Analyse der Parameterschätzer β

Tabelle 9

Deskriptive Statistik der Parameterschätzer β in der supra- und subliminalen Kondition

Hirnregion	Kondition	M	N	SD	SE
Präsupplementäre motorische Area	supraliminal	0,13	12	0,191	0,055
	subliminal	0,15	12	0,094	0,027
Anteriorer cingulärer Cortex	supraliminal	0,08	12	0,115	0,033
	subliminal	0,09	12	0,057	0,017
Inferiorer parietaler Lobulus	supraliminal	0,11	12	0,164	0,047
	subliminal	0,18	12	0,146	0,042
Anteriorer präfrontaler Cortex	supraliminal	0,02	12	0,078	0,022
	subliminal	0,11	12	0,051	0,015
Inferiorer frontaler Gyrus	supraliminal	0,10	12	0,110	0,032
	subliminal	0,09	12	0,058	0,017

Tabelle 10

Vergleich der neuronalen Aktivierungen in den ROI

Hirnregionen	95%		T	df	Sig. (2-seitig)
	Konfidenzintervall der Differenz				
Prä-SMA supraliminal - Prä-SMA subliminal	-,135848	,100348	-,331	11	,747
ACC supraliminal - ACC subliminal	-,069392	,052892	-,297	11	,772
IPL supraliminal - IPL subliminal	-,172246	,033579	-1,483	11	,166
aPFC supraliminal - aPFC subliminal*	-,139184	-,029816	-3,401	11	,006
IFG supraliminal - IFG subliminal	-,056424	,078591	,361	11	,725

*statistisch signifikant bei p korrigiert < .01

Tabelle 11Korrelationen der *ROI* Aktivierungen zwischen der sub- und supraliminalen Kondition

Hirnregionen	N	Korrelation	Signifikanz
Prä-SMA supraliminal & Prä- SMA subliminal	12	,303	,338
ACC supraliminal & ACC subliminal	12	,550	,064
IPL supraliminal & IPL subliminal	12	,460	,133
aPFC supraliminal & aPFC subliminal	12	,151	,640
IFG supraliminal & IFG subliminal	12	,329	,296

12 Korrelationsanalysen zwischen den ROI und den Fragebogenscores

Tabelle 12

Korrelationsanalysen nach Pearson zwischen den Testfragebogenscores und den empathieassoziierten Arealen

ROI	TAS 20		SPF Fantasie		SPF Perspektive		SPF Empathie	
	korrel. ¹	sig. ²						
Supraliminal präsentierte emotionale Gesichtsausdrücke								
Pre SMA	-0,231	0,657	0,127	0,695	-0,236	0,460	0,152	0,637
ACC	-0,484	0,111	0,246	0,441	-0,078	0,809	0,154	0,634
IPL	0,320	0,311	-0,446	0,147	-0,520	0,083	-0,125	0,698
aPFC	-0,112	0,730	-0,225	0,483	0,071	0,827	-0,031	0,925
IFG	0,027	0,933	-0,331	0,294	-0,159	0,062	0,174	0,589
Subliminal präsentierte emotionale Gesichtsausdrücke								
Pre SMA	-0,07	0,829	0,184	0,566	-0,323	0,306	0,377	0,227
ACC	-0,322	0,308	0,254	0,427	-0,247	0,439	0,177	0,582
IPL	0,34	0,279	-0,094	0,772	-0,709	0,01*	-0,037	0,908
aPFC	0,347	0,269	-0,11	0,734	-0,533	0,074	-0,167	0,605
IFG	0,641	0,025*	-0,704	0,011*	-0,814	0,001*	-0,172	0,593

¹dargestellt sind Korrelationen nach Pearson, ²Sigifikanz zweiseitig, *Signifikanz angenommen bei $p < .05$

XIII Danksagung

Meiner Meinung nach braucht eine gute wissenschaftliche Arbeit ein harmonisches, kreatives und kritisches Team. Ich bin sehr glücklich darüber, dass ich in einem solchen Team arbeiten durfte. Ohne das gemeinschaftliche Vorgehen und ohne die vielen kollegialen Überlegungen und Ideen hätte diese Arbeit nicht entstehen können. Ich danke dafür insbesondere Herrn Prof. Dr. Rüdiger Seitz und Frau Dr. Denise Prochnow.

Vor allem Ihnen, Herr Seitz, möchte ich für die einladende Aufnahme in die Arbeitsgruppe danken. Ich hatte stets das Gefühl ein willkommenes Mitglied zu sein. Ihre ständige Erreichbarkeit und Ihr Grundoptimismus zogen sich durch die gesamte Arbeitszeit. Ihre wissenschaftliche Leidenschaft und Freude an der Thematik waren sehr ansteckend und bestärkten mich in meiner Motivation. Ich wusste, dass ich bei meiner Promotion immer auf Ihre Unterstützung zurückgreifen konnte. Durch Ihre Hilfe durfte ich außerdem zwei sehr interessante Kongresse als Stipendiat besuchen und konnte viel Wissenswertes für meine weitere Zukunft lernen.

Denise, aus einem effektiv arbeitenden Team wurde über die Zeit eine wirklich gute Freundschaft und Nachbarschaft. Wenn ich deine Hilfe gebraucht habe, war Zeit für dich immer eine Nebensache. Du warst grundsätzlich erreichbar und hast dich mühevoll meiner Probleme angenommen. Die Art, wie du dich um meine Interessen gesorgt hast, überstieg bei weitem dem ‚normalen‘ Engagement einer Promotionsbetreuerin. Vielen Dank dafür!

Ein weiterer wichtiger Dank gilt Erika Rädisch, ohne die vermutlich keine einzige ordentliche MRT-Aufnahme entstanden wäre. Ihre technische Hilfe war unerlässlich!