

Neuronale und psychophysiologische Korrelate der Emotionsverarbeitung von Gesunden und Patienten mit Gehirnläsionen

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades
einer Doktorin der Philosophie (Dr. phil.)

der
Erziehungswissenschaftlichen Fakultät
der Universität Erfurt

vorgelegt von

Ann-Katrin Herbold

Erfurt 2010

Gutachter/in: 1. Prof. Dr. Tilmann Betsch (Universität Erfurt)

2. Prof. Dr. Ernst Hany (Universität Erfurt)

3. Prof. Dr. Dr. Henrik Walter (Charité Berlin)

Datum der Einreichung: 12.04.2010

Datum der Promotion: 08.06.2010

urn:nbn:de:gbv:547-201000480

Zusammenfassung

Eine fehlerfreie Interpretation von Emotionen, die über den mimischen Ausdruck vermittelt werden, ist für eine effektive soziale Kommunikation von zentraler Bedeutung. Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Untersuchung des Zusammenhangs von Augenbewegungen und korrekter Erkennung von unterschiedlichen Emotionen bei der Betrachtung von Gesichtsausdrücken. Dies erfolgte in drei Studien mittels Eyetracking und funktioneller Magnetresonanztomographie an Gesunden und Patienten vor und nach unilateraler Amygdala-Exstirpation. Als Hauptergebnis können die durchgeführten Studien ein direktes Zusammenspiel von Augenbewegungen und zerebraler Emotionsverarbeitung bei der Betrachtung emotionaler Gesichtsausdrücke im Vergleich mit neutralen nachweisen. Dieses beinhaltet zum einen eine stärkere Aktivierung von emotionsassoziierten Gehirnregionen bei der visuellen Exploration und umgekehrt, einen durch unilaterale Amygdalaläsion hervorgerufenen signifikanten Einfluss auf Augenbewegungen. Die vorliegenden Ergebnisse beschreiben zeitstabile emotionsspezifische Betrachtungsmuster von Gesichtsausdrücken bei Gesunden und weisen zum anderen auf die Möglichkeit einer therapeutischen Behandlung des Emotionserkennungs-Defizits für Patienten mit Amygdalaläsion hin. Die sich daraus eröffnenden Fragestellungen werden im Hinblick auf zukünftige Forschungen erörtert.

Schlagwörter:

Emotionserkennung

Amygdala-Läsion

fMRT

Eyetracking

Abstract

Accurate interpretation of emotion articulated by facial expression is of central importance in effective social communication. The present work investigates the relation of eye movements and precise facial emotion recognition of basic emotions. This was carried out in three studies using eye tracking and functional magnetic resonance imaging in healthy subjects and patients before and after neurosurgical amygdala extirpation. As major contribution, the present work states a direct coincidence of eye movements and cerebral emotion processing concerning the visual perception of facial emotions. This includes both, a higher activation of emotion-related cerebral regions according to visual exploration, and — reversely — a significant impact on eye movements caused by amygdala lesion.

These results reveal time stable scanpatterns for facial expressions auf basic emotions. Moreover, the findings indicate a need for developing methods of therapeutic treatment of the just described emotion recognition impairment in patients with amygdala lesions. As a concluding outlook, emerging questions are discussed with regard to possible future scientific work.

Keywords:

emotion recognition

amygdala lesion

fMRI

eye tracking

Danksagung

Diese Arbeit entstand im Rahmen des EU-Projekts „Percept – Measuring the Impossible“, das zum Ziel hatte, die subjektive Bewertung visuellen Materials einer Person erklären zu können. Aufgabe der Bonner-Gruppe war es dabei, den konkreten Beitrag von Emotionen auf die visuelle Wahrnehmung zu untersuchen. An dieser Stelle möchte ich mich für die interessanten Diskussionen mit allen Projektpartnern in den verschiedensten europäischen Städten aufrichtig bedanken.

Mein herzlichster Dank geht außerdem an ...

Prof. Dr. Dr. Henrik Walter für die engagierte Betreuung dieser Arbeit und die Förderung meiner wissenschaftlichen und klinischen Interessen in seiner Arbeitsgruppe und darüber hinaus.

Prof. Dr. Tilmann Betsch, der mich als Studentin mit seiner Begeisterung für wissenschaftliches Arbeiten angesteckt hat.

Prof. Dr. Ernst Hany für seine langjährige Unterstützung und Betreuung meiner wissenschaftlichen Arbeiten und aktive Begleitung meiner beruflichen Entwicklung.

Für wertvolle fachliche Diskussionen und noch wertvollere Zerstreuung in stressigen Zeiten möchte ich **Susanne, Dina, Lioba, Corinna** und **Katharina** danken.

Hilfe bei Probanden-Rekrutierung und Datenerhebung etc. wären um einiges langwieriger gewesen, ohne euch: **Conrad, Pia** und **David**. Vielen Dank!

Ein weiteres großes Dankeschön möchte ich an **alle Teilnehmer** richten, die an den Studien geduldig teilgenommen haben.

Meiner Familie, besonders Christine, Stephan, Marie und Jakob möchte ich für die uneingeschränkte Unterstützung und liebevolle Rückendeckung in den letzten Jahren danken.

Vor allem aber gilt mein größter Dank Dir, liebster **Jonas**. Danke – für alles!

Inhaltsverzeichnis

ZUSAMMENFASSUNG	3
ABSTRACT	5
DANKSAGUNG	7
INHALTSVERZEICHNIS	9
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	14
TABELLENVERZEICHNIS	18
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	21
1 EINLEITUNG	23
2 THEORIE	26
2.1 Methoden-Exkurs	26
2.1.1 Funktionelle Magnetresonanztomographie	26
2.1.2 Eyetracking	28
2.2 Begriffserläuterungen zum Thema „Erkennen mimisch kodierter Emotionen“ ...	30
2.2.1 Wahrnehmung und Erkennen von emotionalen Gesichtsausdrücken	30
2.2.2 Kategorien und Konzepte bei der emotionalen Gesichtserkennung	31
2.3 Emotionale Gesichtsausdrücke	32
2.3.1 Emotionstheorien und Basisemotionen	37
2.4 Modelle der Gesichtsverarbeitung	39
2.5 Mechanismen der fazialen Emotionserkennung	44
2.6 Neuronale Strukturen der Emotionsverarbeitung	47
2.6.1 Die Aufgaben der Amygdala und ihre besondere Rolle bei der emotionalen Gesichtsverarbeitung	50
2.6.2 Auswirkungen von Amygdalaläsion auf die faziale Emotionserkennung	52
2.7 Augenbewegungen bei der Emotionserkennung	56

2.7.1	Augenbewegungen bei wiederholter Betrachtung emotionaler Gesichtsausdrücke	60
2.7.2	Einfluss von Amygdaläläsion auf Augenbewegungen bei der Betrachtung emotionaler Gesichter	61
2.8	Zusammenfassung der Befunde	66
3	EIGENE EMPIRISCHE STUDIEN	69
3.1	Studie eins: Neuronale und psychophysiologische Korrelate der impliziten Emotionserkennung bei Gesunden	69
3.1.1	Herleitung der Fragestellung und Hypothesen	69
3.1.2	Methode	71
3.1.2.1	Rekrutierung	71
3.1.2.2	Stichprobe	73
3.1.2.3	Stimulusmaterial und Apparate	73
3.1.2.4	Versuchsablauf	74
3.1.2.5	Paradigma	76
3.1.2.6	MRT-Messung	82
3.1.2.7	Fragebögen	82
3.1.2.7.1	Beck–Depressions-Inventar (BDI)	83
3.1.2.7.2	State-Trait-Angst-Inventar (STAI)	84
3.1.2.7.3	Emotion Regulation Questionnaire (ERQ)	85
3.1.2.7.4	Positive and Negative Affect Schedule (PANAS)	86
3.1.2.7.5	Edinburgh-Händigkeitsfragebogen	87
3.1.2.7.6	Toronto-Alexithymie-Skala (TAS-20)	87
3.1.2.7.7	FEEL-Test	88
3.1.2.8	Datenreduktion und Auswertung	89
3.1.2.8.1	Reduktion und Auswertung der funktionellen Daten	89
3.1.2.8.2	Reduktion und Auswertung der psychophysiologischen Daten	95
3.1.2.8.3	Reduktion und Auswertung der behavioralen Daten und Fragebögen	98
3.1.3	Ergebnisse	98
3.1.3.1	Funktionelle Daten	98
3.1.3.2	Psychophysiologische Daten	114
3.1.3.3	Behaviorale Daten und Fragebögen	118
3.1.4	Diskussion und Implikationen für Studie zwei	119

3.2 Studie zwei: Psychophysiologische Korrelate der expliziten wiederholten Emotionserkennung bei Gesunden.....	127
3.2.1 Herleitung der Fragestellung und Hypothesen	127
3.2.2 Methode	129
3.2.2.1 Rekrutierung.....	129
3.2.2.2 Stichprobe	130
3.2.2.3 Stimulusmaterial und Apparate	130
3.2.2.4 Versuchsablauf	132
3.2.2.5 Paradigma	133
3.2.2.6 Datenreduktion und Auswertung.....	136
3.2.2.6.1 Reduktion und Auswertung der psychophysiologischen Daten.....	136
3.2.2.6.2 Reduktion und Auswertung der behavioralen Daten	138
3.2.2.6.3 Auswertung der Fragebögen	138
3.2.3 Ergebnisse	139
3.2.3.1 Psychophysiologische Daten	139
3.2.3.2 Behaviorale Daten.....	148
3.2.3.3 Fragebögen.....	151
3.2.3.3.1 Explorative Analyse der Korrelationen von Fragebögen mit behavioralen Daten.....	152
3.2.4 Diskussion und Implikationen für Studie drei.....	154
3.3 Studie drei: Psychophysiologische Korrelate der expliziten Emotionserkennung bei Patienten mit mesiotemporalen Läsionen im Vergleich mit klinischen und gesunden Kontrollen	159
3.3.1 Herleitung der Fragestellung und Hypothesen	159
3.3.2 Methode	163
3.3.2.1 Rekrutierung.....	163
3.3.2.2 Stichprobe	165
3.3.2.3 Stimulusmaterial und Apparate	167
3.3.2.4 Versuchsablauf	168
3.3.2.5 Paradigma	170
3.3.2.6 Fragebögen.....	174
3.3.2.6.1 Der Mehrfachwahlwortschatztest (MWT-B)	174
3.3.2.6.2 Untertest „Alertness“ aus der Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAP).....	175
3.3.2.7 Datenreduktion und Auswertung.....	176

3.3.2.7.1	Reduktion und Auswertung der behavioralen Daten.....	176
3.3.2.7.2	Reduktion und Auswertung der psychophysiologischen Daten	177
3.3.2.7.3	Auswertung der Fragebögen.....	178
3.3.3	Ergebnisse	179
3.3.3.1	Behaviorale Daten.....	181
3.3.3.2	Psychophysiologische Daten	185
3.3.3.3	Fragebögen	201
3.3.4	Diskussion.....	203
4	ABSCHLIEßENDE DISKUSSION UND AUSBLICK.....	211
4.1	Zusammenfassende Diskussion.....	211
4.2	Ausblick.....	219
5	LITERATURVERZEICHNIS	223
6	ANHANG.....	245
6.1	Anhang Studie eins.....	247
6.1.1	Leitfaden zum Telefoninterview für die Probandenrekrutierung von Studien eins und zwei.....	247
6.1.2	Probandeninformation Studie eins.....	250
6.1.3	Einverständniserklärung Studie eins.....	254
6.1.4	Dokument Datenbank Studien eins, zwei und drei	255
6.1.5	Anamnesebogen Studien eins, zwei und drei.....	256
6.1.6	Dokument Kontoverbindung Studien eins, zwei und drei	257
6.1.6.1	Erläuterungen zur Karolinska-Kodierung (Studien eins und zwei).....	258
6.1.6.2	Stimuli Studie eins.....	259
6.1.7	Scannersequenz Studie eins	267
6.1.7.1	Ergänzende Aktivierungstabellen Studie eins.....	268
6.1.7.2	Darstellung der Kontrastgewichte mit 90 % Konfidenzintervall für die verschiedenen Gesichtsausdrücke aus linker (-20, -8, -18) und rechter (22, -8, -20) Amygdala.....	274
6.2	Anhang Studie zwei.....	275
6.2.1	Probandeninformation Studie zwei	275
6.2.2	Einverständniserklärung Studie zwei.....	278

Inhaltsverzeichnis

6.2.3	Stimuli Studie zwei.....	279
6.2.4	Ergänzende Eyetracking-Daten zur Studie zwei	293
6.3	Anhang Studie drei	295
6.3.1	Telefoninterview Studie drei	295
6.3.2	Patienteninformation Studie drei.....	298
6.3.3	Probandeninformation Studie drei	302
6.3.4	Einverständniserklärung Patienten Studie drei.....	305
6.3.5	Einverständniserklärung Probanden Studie drei	306
6.3.6	Stimuli Studie drei.....	307
6.3.7	AOI-Koordinate von Studie drei.....	314
6.3.8	Größe der AOI-Koordinaten der Studie drei	315
6.3.8.1	Erkennungsraten von Amygdala-Patienten sowie gesunden und klinischen Kontrollen.....	319
6.3.8.2	Summe der Fixationsdauern (ms) für Amygdala-Patienten und gesunde Kontrollen auf den verschiedenen AOI und der Augenregion bei angstvollen Gesichtern zu T1 und T3.....	320
6.4	Fragebögen.....	321
6.4.1	BDI	321
6.4.2	STAI-S	325
6.4.3	STAIT-T	326
6.4.4	ERQ	327
6.4.5	PANAS.....	328
6.4.6	TAS-20.....	329
6.4.7	MWTB.....	330
	LEBENS LAUF	331
	ERKLÄRUNG	333

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Darstellung der Gesichtsmerkmale, die für die Erkennung der jeweiligen Basisemotion am informativsten sind. Entnommen aus L. Smith, Cottrell, Gosselin und Schyns (2005).	35
Abbildung 2: Modell der Gesichtserkennung nach Bruce und Young. Entnommen aus Bruce und Young (1986).....	41
Abbildung 3: Modell der Gesichtsverarbeitung nach Haxby, Hoffman und Gobbini. Entnommen aus Haxby, Hoffman und Gobbini (2000).	42
Abbildung 4: Modell der Gesichtsverarbeitung nach Adolphs (Entnommen aus Adolphs (2002)).	43
Abbildung 5: Darstellung der Gehirnstrukturen, die wesentlich an der fazialen Emotionserkennung beteiligt sind. Darstellung der Amygdala (gelb), des ventromedialen präfrontalen Kortex (rot), des rechten somatosensorischen Kortex (S-I, S-II), Insula (grün); zur Orientierung: laterale Ventrikel (blau); entnommen aus Adolphs (2002).....	49
Abbildung 6: Augenbewegungen bei der Betrachtung angstvoller Gesichter von einer Patientin mit bilateraler Amygdalaläsion und eines gesunden Kontrollprobanden. Die Bilder auf der linken Seite zeigen die Augenbewegungen eines gesunden Kontrollprobanden, die auf der rechten Seite die der Patientin S.M; entnommen aus Adolphs et al. (2005).....	62
Abbildung 7: Proportionaler Fixationsanteil von Patientin S.M. und Kontrollprobanden auf der Augenregion von Gesichtern bei der Betrachtung unterschiedlicher Emotionsausdrücke. Fixationen von S.M. (weiße Balken) und gesunden Kontrollprobanden (graue Balken) samt Standardabweichung, entnommen aus Adolphs et al. (2005).	63
Abbildung 8: Prozentualer Fixationsanteil bei der Betrachtung von angstvollen Gesichtern unter fünf verschiedenen Betrachtungsbedingungen von Patientin S.M. und Kontrollprobanden. Free = passives Betrachten; Emot = Emotionserkennung; entnommen aus Adolphs et al. (2005).	63
Abbildung 9: Fixationen der Patientin S.M. und eines Kontrollprobanden in Gesprächssituationen. Linke Seite: Fixationen der Patientin S.M.; rechte Seite: Fixationen eines Kontrollprobanden während des Gesprächs (a) und (b) bzw. während eines live Gesprächs per Video (c) und (d). Die farbliche Darstellung kodiert die normalisierte Anzahl an Fixationen; entnommen aus Spezio, Huan, Castelli und Adolphs (2007).....	65

Abbildung 10: Beispiele für die in Studie eins verwendeten Stimuli. Oben links: Explorationsbedingung Gesicht; oben rechts: Fixationsbedingung Gesicht; unten links: Explorationsbedingung Kontrolle; unten rechts: Fixationsbedingung Kontrolle.....	78
Abbildung 11: Darstellung des Explorationskreuzes (links) bzw. Fixationskreuzes (rechts) zur Indikation des Betrachtungsmodus.	79
Abbildung 12: Paradigma der Studie eins.	81
Abbildung 13: Platzierung der AOI über Augen, Nase und Mund. Der Nullpunkt der angegebenen Koordinaten befindet sich oben links.....	96
Abbildung 14: Abbildung der signifikant aktivierten Gehirnstrukturen des Kontrasts eins (Fix > Exp). Die roten Pfeile zeigen auf die Insula rechts und links. Der grüne Pfeil markiert das FEF links. Die blauen Fadenkreuze markieren jeweils die übrigen genannten Strukturen. MNI-Koordinaten x, y, z [mm].....	100
Abbildung 15: Darstellung der signifikant aktivierten Gehirnstrukturen des Kontrasts zwei (Gesichter ExpFix > Kontrolle ExpFix). Der grüne Pfeil markiert die jeweils linksseitigen Koordinaten der Struktur, das blaue Fadenkreuz markiert die jeweils rechtsseitige Struktur.	102
Abbildung 16: Kontrastgewichte der rechten Amygdala aus Kontrast zwei (Gesichter ExpFix > Kontrolle ExpFix) für die verschiedenen Bedingungen. Bedingungen 1 bis 5 waren unter Exploration zu betrachten, Bedingungen 6 bis 10 unter Fixation. Bedingung 1 und 6 = Neutral; 2 und 7 = Freude; 3 und 8 = Ekel; 4 und 9 = Angst; 5 und 10 = Kontrolle.	103
Abbildung 17: Darstellung der signifikant aktivierten Gehirnstrukturen des Kontrasts neun (Emo Exp > N Exp). Das blaue Fadenkreuz markiert die jeweilig genannte Struktur.....	107
Abbildung 18: Beispielhafte Darstellung von Betrachtungspfaden eines Probanden bei der explorativen Betrachtung von neutralem, freudigem, angeekeltem und angstvollem Gesichtsausdruck. Die Linien geben den Betrachtungspfad wieder, die Kreise beschreiben die Fixationen an der zugrunde liegenden Stelle (je größer der Kreis, desto länger die Fixationsdauer). Der blaue Punkt markiert den Abschlusspunkt der Betrachtung.....	116
Abbildung 19: Beispiele für die in Studie zwei verwendeten Stimuli.....	134
Abbildung 20: Paradigma der Studie zwei.	135

Abbildung 21: Mittlere Anzahl an Fixationen je Stimulus in Abhängigkeit von Emotionskategorie.	141
Abbildung 22: Mittlere Summe der Fixationsdauern je Stimulus in Abhängigkeit von Emotionskategorie.	142
Abbildung 23: Mediane Fixationsdauer je Stimulus in Abhängigkeit von Emotion und AOI.	143
Abbildung 24: Mittlere Fixationsanzahl je Stimulus in Abhängigkeit von Emotion und AOI.	144
Abbildung 25: Mittlere Summe der Fixationsdauern in Abhängigkeit von Emotion und AOI.	145
Abbildung 26: Mittlere Erkennungsrate der verschiedenen Emotionen zu T1 und T2. Maximal 16 Stimuli konnten je Emotionskategorie korrekt erkannt werden.	149
Abbildung 27: Mittlere Reaktionsgeschwindigkeit der Emotions-Kategorisierung zu T1 und T2.	150
Abbildung 28: Beispiele für die in Studie drei verwendeten Stimuli. Ausdrücke von links nach rechts: Ekel, Angst, Ärger, Freude, Trauer, Überraschung, Neutral.	171
Abbildung 29: Paradigma der Studie drei.	173
Abbildung 30: Abbildung des Antwortbildschirms. Mit dem Mauszeiger musste der Proband das Emotions-Feld ansteuern, welches das zuvor betrachtete Gesicht seiner Meinung nach ausgedrückt hatte.	174
Abbildung 31: Korrekt erkannte Gesichtsausdrücke der Amygdala-Patienten zu T1 und T3 . Maximale Erkennungsrate: sieben Stimuli je Emotionskategorie.	184
Abbildung 32: Korrekt erkannte Gesichtsausdrücke der gesunden Kontrollprobanden zu T1 und T3. Maximale Erkennungsrate: sieben Stimuli je Emotionskategorie.	185
Abbildung 33: Augenbewegungsmuster bei der Betrachtung von angstvollen Gesichtern an T1 und T3 von einem Amygdala-Patienten (Vpn 3) und einem gesunden Kontrollprobanden (Vpn 112) (unabhängig von Antwortkorrektheit). Die Linien zeigen der Verlauf der Augenbewegungen, die Kreise stellen Fixationen dar – je größer ein solcher Kreis, umso länger die zugrunde liegende Fixation.	189

Abbildung 34: Mittlere Fixationsanzahl (unabhängig von Antwortkorrektheit) für Amygdala-Patienten bei der Betrachtung angstvoller Gesichter auf den AOI und außerhalb dieser zu T1 und T3. AOI von links nach rechts: AOI 1 = Augen, AOI 2 = Nase, AOI 3 = Mund, AOI 4 = außerhalb AOI 1-3.....	191
Abbildung 35: Mittlere Fixationsanzahl (unabhängig von Antwortkorrektheit) für gesunde Kontrollprobanden bei der Betrachtung angstvoller Gesichter auf den AOI und außerhalb dieser zu T1 und T3. AOI von links nach rechts: AOI 1 = Augen, AOI 2 = Nase, AOI 3 = Mund, AOI 4 = außerhalb AOI 1-3.	191
Abbildung 36: Mittlere Fixationsanzahl für Amygdala-Patienten und gesunde Kontrollprobanden auf den AOI zu T1. AOI von links nach rechts: AOI 1 = Augen, AOI 2 = Nase, AOI 3 = Mund, AOI 4 = außerhalb AOI 1-3.	194
Abbildung 37: Mittlere Fixationsanzahl für Amygdala-Patienten und gesunde Kontrollprobanden auf den AOI zu T3. AOI von links nach rechts: AOI 1 = Augen, AOI 2 = Nase, AOI 3 = Mund, AOI 4 = außerhalb AOI 1-3.	194
Abbildung 38: Mittlere Fixationsanzahl für Amygdala-Patienten und gesunde Kontrollprobanden auf den verschiedenen AOI in Abhängigkeit von der betrachteten Emotion zu T1 und T3. Emotionen von links nach rechts: Angst, Ärger, Ekel, Freude, Trauer, Überraschung, Neutral.....	196
Abbildung 39: Mittlere Fixationsanzahl zu T1 und T3 für Amygdala-Patienten und gesunde Kontrollprobanden in Abhängigkeit von der betrachteten Emotion.	200

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Beck-Depressions-Inventar.....	84
Tabelle 2: State-Trait-Angst-Inventar.....	85
Tabelle 3: Emotion Regulation Questionnaire.....	86
Tabelle 4: Positive and Negative Affect Schedule.	87
Tabelle 5: Toronto-Alexithymie-Skala.....	88
Tabelle 6: Bedingungen des Full Factorial Designs der Second Level Analyse.	91
Tabelle 7: Übersicht über die berechneten Kontraste.....	92
Tabelle 8: Koordinaten der AOI.	96
Tabelle 9: Differentielle Aktivierungen für Kontrast eins (Exp > Fix).	99
Tabelle 10: Differentielle Aktivierungen für Kontrast zwei (Gesichter ExpFix > Kontrolle ExpFix).	101
Tabelle 11: Differentielle Aktivierungen für Kontraste fünf (Interaktion Gesichter Exp) und sechs (Interaktion Gesichter Fix).	105
Tabelle 12: Differentielle Aktivierungen für Kontrast sieben (Emo ExpFix > N ExpFix).	106
Tabelle 13: Differentielle Aktivierungen für Kontrast neun (Emo Exp > N Exp).	108
Tabelle 14: Differentielle Aktivierungen für Kontrast 11 (Interaktion Emo Exp).	110
Tabelle 15: Kontraste 12 (F > N), 13 (E > N) und 14 (A > N).....	110
Tabelle 16: Differentielle Aktivierungen der Emotions-Einzelvergleiche unabhängig vom Betrachtungsmodus.	112
Tabelle 17: Differentielle Aktivierungen der Emotions-Einzelvergleiche abhängig vom Betrachtungsmodus.	113
Tabelle 18: Mittlere Fixationsanzahl und mediane Fixationsdauer je Stimulus für emotionale und neutrale Gesichter.....	115
Tabelle 19: Mittlere Fixationsanzahl und mediane Fixationsdauer je Stimulus in Abhängigkeit von Emotionskategorie.....	115

Tabelle 20: Mittlere Fixationsanzahl und mediane Fixationsdauern je Stimulus in Abhängigkeit von AOI.....	117
Tabelle 21: Mittelwerte der Fragebögen.....	118
Tabelle 22: Mediane Fixationsdauer, mittlere Fixationsanzahl und Summe der Fixationsdauern je Stimulus in Abhängigkeit von Emotionskategorie.	140
Tabelle 23: Mittlere Fixationshäufigkeit und mediane Fixationsdauer der ersten Fixation je Stimulus auf den verschiedenen AOI.....	147
Tabelle 24: Mittlere Anzahl an korrekt erkannten Gesichtern (Hit-Rate) gemittelt über T1 und T2 für die verschiedenen Emotionen.	149
Tabelle 25: Mittlere Reaktionsgeschwindigkeit (Sek) gemittelt über T1 und T2 für die verschiedenen Emotionen.....	151
Tabelle 26: Mittelwerte der Fragebögen.....	152
Tabelle 27: Einschlusskriterien von Amygdala-Patienten, klinischen Kontroll-Patienten und gesunden Kontrollprobanden.	164
Tabelle 28: Ausschlusskriterien von Amygdala-Patienten, klinischen Kontroll-Patienten und gesunden Kontrollprobanden.	165
Tabelle 29: Übersicht über Patienten und Probanden.....	167
Tabelle 30: Mehrfachwahlwortschatztest.	175
Tabelle 31: Alertness.	176
Tabelle 32: Individuelle Beschreibung der Amygdala-Patienten und klinischen Kontroll-Patienten.....	180
Tabelle 33: Anzahl richtig erkannter angstvoller Gesichter bei Amygdala-Patienten und gesunden Kontrollprobanden sowie deren häufigste Falschantwort an T1 und T3.....	182
Tabelle 34: Erkennungsrate der Amygdala-Patienten und gesunden Kontrollprobanden für die verschiedenen Emotionen zu T1 und T3.....	183
Tabelle 35: Individuelle Differenz-Werte der Amygdala-Patienten für die verschiedenen Gesichtsausdrücke von T1 zu T3.....	184
Tabelle 36: Fixationsanzahl auf der Augenregion bei Betrachtung angstvoller Gesichter in Abhängigkeit von Antwortkorrektheit für Amygdala-Patienten und gesunde Kontrollprobanden zu T1 und T3.	187

Tabelle 37: Verteilung der Fixationen auf AOI über alle Angst-Trials hinweg (unabhängig von Antwortkorrektheit) zu T1 und T3 für Amygdala-Patienten und gesunde Kontrollprobanden.....	190
Tabelle 38: Verteilung der Fixationen auf den AOI über alle Trials hinweg zu T1 und T3 für Amygdala-Patienten und gesunde Kontrollprobanden.	193
Tabelle 39: Mediane Fixationsdauer (ms) für Amygdala-Patienten und gesunde Kontrollprobanden auf den verschiedenen AOI und auf der Augenregion von angstvollen Gesichtern zu T1 und T3.	198
Tabelle 40: Differenz der Fixationsanzahl von T1 zu T3 für Amygdala-Patienten und gesunde Kontrollprobanden über die Emotionen hinweg.	201
Tabelle 41: Mittelwerte der Fragebögen.	202

Abkürzungsverzeichnis

Amyg-Pat. = Patienten mit Amygdalaläsion

ANOVA = Varianzanalyse

AOI = Area of Interest

BA = Brodmann-Areal

BDI = Beck-Depressions-Inventar

ERQ = Emotion Regulation Questionnaire

Exp = Exploration

FEEL = Facial Explicit Emotion Labeling

FEF = Frontales Augenfeld

FFA = Fusiform Face Area

fMRT = funktionelle Magnetresonanztomographie

Fix = Fixation; NrFix = Fixationsanzahl; FixDauer = Fixationsdauer

GK = Gesunde Kontrollprobanden

M = Mittelwert

Min = Minute

MWT-B = Mehrfachwahlwortschatztest

PANAS = Positive And Negative Affect Schedule

Q = Quartil

SD = Standardabweichung

SE = Standardfehler

SEF = Supplementäres Augenfeld

Sek = Sekunde

STAI-S = State Trait Angst Inventar-State

STAI-T = State Trait Angst Inventar-Trait

STG = Superiorer temporaler Gyrus

STS = Superiorer temporaler Sulcus

T1 = Erhebungszeitpunkt 1

T2 = Erhebungszeitpunkt 2

T3 = Erhebungszeitpunkt 3

TAP = Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung

TAS = Toronto-Alexithymie-Skala

vmPFK = Ventromedialer präfrontaler Kortex

Vpn = Versuchsperson

1 Einleitung

"We didn't need dialogue, we had faces"

(Gloria Swanson in Sunset Boulevard von Billy Wilder, 1950)

Gesichter liefern bereits bei kurzer Betrachtungsdauer eine Vielzahl an Informationen über die Identität des Gegenübers, aber auch über dessen Alter, Gesundheit, ethnische Herkunft, Attraktivität, Geschlecht und emotionalen Zustand (Bruce und Young, 1986). So können ohne Worte, allein durch die Gesichtsbetrachtung, zahlreiche Hinweise über das Gegenüber gewonnen werden. Besonders die Wahrnehmung von Veränderungen des Gesichtsausdrucks ersetzt oftmals verbale Erklärungen, wie das oben angeführte Zitat veranschaulicht.

Mimisch kodierte Emotionen geben Auskunft über den inneren Zustand des Beobachteten und lassen Schlüsse über das Erleben und geplantes Verhalten zu. So ist nicht verwunderlich, dass der wahrgenommene Emotionsausdruck eines unbekanntem Gegenübers beeinflusst, wie wir uns dieser Person nähern und später an sie erinnern – so wie umgekehrt die Bekanntheit einer Person beeinflusst, wie wir deren Gesichtsausdruck wahrnehmen und interpretieren.

Diese Interaktion von Emotions- und Gesichtswahrnehmung stellt eine zentrale Angelegenheit auf dem Weg zum Verständnis der Architektur sozialer Funktionen im menschlichen Gehirn dar (Adolphs, 2003) und liefert wichtige Einblicke in allgemeine Mechanismen, die der reziproken Verbindung von Emotionen und kognitiven Prozessen unterliegen (Drevets und Raichle, 1998).

Seit langem wird untersucht, welche Hinweise aus dem Gesicht am wichtigsten sind, um es nach verschiedenen Informationen z.B. bezüglich Geschlecht, Identität, Emotion etc. zu bewerten oder zu kategorisieren. Zu diesem Zweck wurden verschiedene Methoden angewendet: Gesichter wurden maskiert oder nur einzelne Gesichtsmerkmale präsentiert (Bruce et al., 1993), getrennt nach Oberflächen- und Formeigenschaften (Hill et al., 1995), mit ausschließlichen Informationen über die Hauptkomponenten des Gesichts (Calder et al., 2001) oder mit Hilfe von Variation der räumlichen Informationen (Gaspar et al., 2008; Smith et al., 2005).

Neuere technische Methoden erlauben es jedoch, die Frage, welche Informationen zur Kategorisierung von Gesichtern relevant sind, mit anderen

Ansätzen zu untersuchen, so dass das präsentierte Stimulusmaterial nicht erst artifiziell bearbeitet bzw. in Einzelteilen präsentiert werden muss. Die vorliegende Arbeit soll diesbezüglich einen Beitrag leisten. Dabei geht es speziell um die Verarbeitung des emotionalen Gesichtsausdrucks, die mittels funktioneller Magnetresonanztomographie (fMRT) und Eyetracking sowie unter Berücksichtigung behavioraler Daten (Kategorisierungen, Reaktionszeiten, psychologische Fragebögen) untersucht werden soll.

In einer ersten Studie sollen neuronale Korrelate der explorativen und fixierten Gesichtsbetrachtung untersucht werden, um zu klären, ob Augenbewegungen für dessen Erfassung notwendig sind. Darüber hinaus soll geprüft werden, ob Augenbewegungen bei der Betrachtung verschiedener fazieller Ausdrücke zu erhöhter neuronaler Verarbeitung in emotionsassoziierten Gehirnregionen führen. In zwei weiteren Studien wird die explizite Emotionserkennung bei Gesunden und Patienten mit mesiotemporaler Läsion (u.a. im Bereich der Amygdala) anhand der Erfassung von Augenbewegungen weiterführend analysiert. Zum einen soll dabei erforscht werden, ob es emotionsspezifische Augenbewegungsmuster gibt und wenn ja, wie sich diese bei wiederholter Betrachtung (Studie zwei) und bei Patienten vor und nach Amygdala-Exstirpation (Studie drei) verändern.¹

In einem ersten Teil der Arbeit werden die theoretischen Grundlagen für die drei Studien vorgestellt. Dabei erfolgt zunächst ein kurzer Exkurs, der die in den Studien eingesetzten Methoden (fMRT, Eyetracking) vorstellt und auf wichtige Parameter und Funktionsweisen eingeht (Kapitel 2.1). Danach erfolgt die Klärung der Begriffe Wahrnehmung und Erkennen (Kapitel 2.2.1) sowie eine Beschreibung von Kategorien und Konzepten in Bezug auf die emotionale Gesichtserkennung (Kapitel 2.2.2). In Kapitel 2.3 wird auf den emotionalen Gesichtsausdruck eingegangen: aus welchen Komponenten besteht ein Gesicht, welche Merkmale im Gesicht sind für die Ausdruckserkennung relevant und welche Beeinträchtigungen kann es bei der Verarbeitung des Ausdrucks durch Läsion oder Fehlentwicklungen geben? Vor diesem Hintergrund erfolgen dann eine kurze Beschreibung psychologischer Emotionstheorien und die Vorstellung des Konzepts der Basisemotionen (Kapitel 2.3.1).

¹ Obwohl in der Literatur unter dem Begriff „Gesichtserkennung“ häufig sowohl die Identitätserkennung wie auch die Emotionserkennung gefasst wird, soll an dieser Stelle betont werden, dass der Begriff in dieser Arbeit lediglich im Kontext von Emotionserkennung behandelt wird. Sollte er abweichend verwendet werden, wird darauf ausdrücklich hingewiesen.

Darauf aufbauend werden in Kapitel 2.4 Modelle der Gesichtsverarbeitung vorgestellt, mit besonderem Schwerpunkt auf dem Aspekt der Verarbeitung des emotionalen Gesichtsausdrucks. Welche Mechanismen bei der emotionalen Gesichtsverarbeitung involviert sind, wird in Kapitel 2.5 abgehandelt.

Kapitel 2.6 befasst sich mit den neuronalen Strukturen der Emotionsverarbeitung und diskutiert dabei ausführlich die Rolle der Amygdala. Anhand von Studien wird der Einfluss einer Amygdalaläsion auf die Fähigkeit der mimisch kodierten Emotionserkennung aufgezeigt (Kapitel 2.6.2).

Das letzte Kapitel des theoretischen Teils (Kapitel 2.7) schließlich befasst sich mit der Bedeutung von Augenbewegungen bei der Emotionserkennung. In einem gesonderten Abschnitt werden Befunde zur wiederholten Betrachtung emotionaler Ausdrücke vorgestellt (Kapitel 2.7.1), in einem weiteren Abschnitt der Einfluss von Amygdalaläsion auf Augenbewegungen bei der Betrachtung eines emotionalen Gesichtsausdrucks beschrieben (Kapitel 2.7.2). Die Befunde werden abschließend in Kapitel 2.8 zusammengefasst und daraus resultierenden Fragestellungen abgeleitet.

Vor diesem Hintergrund folgt dann der zweite Teil der Arbeit, welcher die drei durchgeführten Studien vorstellt. (Kapitel 3.1 bis 3.3) Für jede Studie wird zunächst die Herleitung der Fragestellung noch einmal vor Augen geführt und die postulierten Hypothesen genannt. Danach folgt im Abschnitt zur Methodik die Beschreibung des Rekrutierungsverfahrens, der Stichprobe, des Materials, des Versuchsablaufs sowie des Paradigmas. Auf die Vorstellung der Ergebnisse folgt eine Diskussion und bei Studien eins und zwei die Implikationen für die jeweils folgende Studie.

Im Schlussteil (Kapitel 4) werden die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zusammenfassend präsentiert und hinsichtlich der besonderen Bedeutung emotionaler Gesichtserkennung diskutiert. Die dabei herausgestellten Erkenntnisse werden in bestehende Literatur eingeordnet. Abschließend wird aufgezeigt, welche weiteren Forschungsfragen durch die Befunde aufgeworfen werden und wie diese untersucht werden könnten.

2 Theorie

Die in den durchgeführten Studien eingesetzte funktionelle Magnetresonanztomographie (fMRT) und das Eyetracking sind relativ junge Verfahren zur nicht-invasiven Messung der neuronalen Aktivität bzw. der Augenbewegungen. Da im theoretischen Teil dieser Arbeit über viele Studien berichtet wird, die diese Methodik verwenden, sollen zunächst in einem kurzen Exkurs die den Verfahren zugrunde liegenden Mechanismen vorgestellt werden.

2.1 Methoden-Exkurs

2.1.1 Funktionelle Magnetresonanztomographie

Die funktionelle Magnetresonanztomographie (fMRT) ist vor allem in den klinischen neuro-psychiatrischen Fachgebieten und in den kognitiven Neurowissenschaften von zunehmender Bedeutung. FMRT ist eine nicht-invasive Technik, die es erlaubt, Veränderungen der Blut-Oxygenierung im menschlichen Gehirn sichtbar zu machen. Regionale Veränderungen der Gehirnaktivierungen können mit einer hohen räumlichen Auflösung von bis zu einem mm^3 und einer relativ langsamen zeitlichen Auflösung im Sekundenbereich aufgezeichnet werden.

Der hämodynamisch-metabolische Ansatz basiert auf der Tatsache, dass neuronale Aktivität an den Energie-Metabolismus gekoppelt ist (Sokoloff, 1989). Der Energiebedarf der Membrane- und repolarisation und die Synthese von Neurotransmittern bei neuronaler Aktivität führt zu einer Erhöhung des lokalen Sauerstoffverbrauchs (Erhöhung des deoxygenierten Blutes), welcher durch einen Anstieg des zerebralen Blutflusses kompensiert wird. Dieser Blutfluss kompensiert den erforderlichen Sauerstoffbedarf sogar über, was wiederum eine Erhöhung des Sauerstoffgehalts im Blut und eine Reduktion der lokalen Deoxyhämoglobin-Konzentration zur Folge hat. Die paramagnetischen Eigenschaften des Deoxyhämoglobins (Pauling und Coryell, 1936) und dessen relative Konzentrations-Änderung wird mit der fMRT erfasst.

Der von Ogawa benannte BOLD-(blood oxygenation level dependent)-Effekt ist eine komplexe Funktion des zerebralen Blutflusses, Blutvolumens und Sauerstoffverbrauchs und stellt ein indirektes Maß neuronaler Aktivität dar. Bei

der Aktivierung von Hirnstrukturen, z.B. durch kognitive Stimulation zeigt das beschriebene Signalverhalten einen charakteristischen zeitlichen Verlauf: durch die mit einer gewissen Latenz einsetzende Zunahme des zerebralen Blutflusses kommt es erst ca. drei Sek. nach Aktivitäts-Änderung zu einem deutlichen Signalanstieg. Dieser erreicht sein Maximum in der Regel nach fünf Sek., um etwa 12 bis 15 Sek. nach Beginn wieder zum Ausgangsniveau zurückzukehren. Durch die wiederholte Stimulation während der fMRT-Messung (Prinzip des Averaging) tritt die reizabhängige Aktivität deutlicher hervor und lässt sich von der basalen neuronalen Aktivität abgrenzen. Die exakte zeitliche Kopplung mit dem Stimulus erlaubt darüber hinaus die Aktivitäts-Änderungen auch ursächlich auf das Paradigma zurückzuführen.

Der BOLD-Effekt wurde das erste Mal 1991 eingesetzt, um die menschliche Gehirnaktivität abzubilden (Bandettini et al., 1992; Frahm et al., 1992; Kwong et al., 1992; Ogawa et al., 1992). Dennoch ist bis heute die genaue Beziehung zwischen dem gemessenen fMRT-Signal und der zugrunde liegenden neuronalen Aktivität unklar. Bisher ist akzeptiert, dass der BOLD-Effekt direkt und gleich bleibend neuronale Aktivität reflektiert (Logothetis et al., 2001) und dass die BOLD-Antwort mit neuronalen Einzelableitungen und lokalen Feldpotentialen hoch korreliert (Mukamel et al., 2005). Ferner ist die negative BOLD-Antwort mit einer Reduktion neuronaler Aktivität und/ oder hämodynamischen Veränderungen unabhängig von lokalen Veränderungen der neuronalen Aktivität assoziiert (Shmuel et al., 2002).

Zur Gewinnung von strukturellen und funktionellen Daten werden die verschiedenen Relaxationszeiten von T1 und T2* gewichteten Aufnahmen² der unterschiedlichen Gewebe ausgenutzt. T1 und T2* gewichtete Bilder werden über Veränderungen zweier wesentlicher Sequenz-Zeit Parameter gewonnen: über die Wiederholungszeit zwischen zwei aufeinander folgenden Radiofrequenz-Pulsen (TR) und über die Echozeit zwischen den angeregten Pulsen (TE). Eine hoch-auflösende anatomische Aufnahme (Auflösung bis zu einem mm³) mit guter Unterscheidung von grauer und weißer Gehirnsubstanz wird normalerweise mit einer „Gradient-Echo-Sequenz“ gemessen. Der BOLD-Effekt wird für Akquirierung von funktionellen Bildern ausgenutzt und mit T2* gewichteten Sequenzen (meist so genannte Echo-Planar-Sequenzen) gemessen. Die Datenanalyse von fMRT-Daten basiert auf dem Allgemeinen

² T1 beschreibt die Relaxationszeit der Magnetisierung parallel zum Feld; T2/T2* beschreibt die Magnetisierung senkrecht zum Feld. Beide Parameter beeinflussen die MRT Signalstärke.

Linearen Modell (ALM) und wird in Abschnitt 3.1.2.8.1 bei der Auswertung fMRT-Studie näher beschrieben.

Die Erstellung und Durchführung eines fMRT-Experiments muss aufgrund der spezifischen Methode, der hohen Lautstärke (die durch die schnelle Schaltung der Gradientenspulen zustande kommt) sowie verschiedenen Risikofaktoren bestimmten Anforderungen genügen (Elster et al., 1994; Wagner et al., 2007). So muss darauf geachtet werden, dass sich die experimentellen Bedingungen nur dem interessierenden Merkmal unterscheiden und dass eine Habituation an die zu erledigende Aufgabe verhindert wird. Ferner ist sicherzustellen, dass der Proband seine Aufmerksamkeit vollständig auf die Erledigung der Aufgabe richtet und nicht mit seinen Gedanken abschweift. Dies erlaubt, die für ein Phänomen spezifischen Prozesse aus der Vielzahl anderer neuronaler Prozesse heraus zu filtern. Darüber hinaus müssen aufgrund der um eine bis sechs Sek. verzögerten und langsam abklingenden BOLD-Antwort ausreichend lange Inter-Stimulus-Intervalle gewählt werden. Aufgrund des Averaging-Verfahrens müssen ausreichend Stimulus-Wiederholungen erfolgen, dennoch sollte die Experimentaldauer 30 Min. möglichst nicht überschreiten.

2.1.2 Eyetracking

Augenbewegungs-Untersuchungen werden seit längerer Zeit durchgeführt, um zu verstehen, wie Stimuli visuell betrachtet werden. Die grundlegende Voraussetzung dafür besteht in der Annahme, dass, wenn eine Person direkt auf ein Objekt schaut, es fixiert, das Abbild des Objekts auf die Fovea fällt. Die Fovea ist der Teil der Retina, der spezialisiert ist auf die detaillierte visuelle Verarbeitung.

Meist reicht eine einzige Fixation nicht aus, um den ganzen visuellen Stimulus im Detail zu erfassen – eine Serie an Fixationen verteilt über den Stimulus ist dafür nötig (Noton und Stark, 1971), die im Folgenden als Betrachtungsmuster bezeichnet wird.³ Diese Verschiebungen der Fixationen durch so genannte Sakkaden erlauben die Re-Positionierung der Fovea und des Orts der Aufmerksamkeit, der meist mit dem Ort der Fixation korreliert (Malcolm et al., 2008). Pro Sekunde können vier bis fünf Re-Positionierungen der Fovea über

³ Der Begriff „Scanpfad“ der von Noton & Stark (1971) im Zusammenhang mit der Scanpfad-Theorie definiert wurde, wird bewusst nicht verwendet, um Verwirrung beim Leser zu verhindern.

Sakkaden erfolgen. Verschiedene sequentielle Fixationen liefern auf diesem Weg neue perzeptuelle Daten für den Betrachter, während zur selben Zeit die verarbeiteten perzeptuellen Daten bestimmen, wohin die folgende Fixation gelenkt werden soll. Sehen ist also ein aktiver Prozess, der wesentlich durch Augenbewegungen bestimmt wird (Henderson, 2003).

Aufzeichnungen der Augenbewegungen zeigen demnach an, wo auf dem Objekt eine Person detaillierte Informationen gesucht hat – die Augenbewegungen sind also ein direktes Maß der gerichteten visuellen Aufmerksamkeit (Posner, 1980). Besonders in Verbindung mit kognitiven Aufgaben wie z.B. der Emotionserkennung ist diese Methodik sinnvoll, da zusätzliche Informationen zu einem allgemeinen Test-Score in die Analyse einbezogen werden können. Informationen darüber, welche Teile des Stimulus eine Person fixiert hat, können demzufolge Einblicke in die angewendete Strategie der Person bei Ausführung der Aufgabe liefern (Boraston und Blakemore, 2007).

Es gibt eine Bandbreite an Methoden des modernen Eyetrackings. Die am häufigsten verwendete Technik basiert auf der Beleuchtung des Auges mit einem Infrarot-Licht und dem Einfangen des reflektierten Abbilds mittels Videokamera. Zwei Punkte werden von dem eingefangenen Abbild identifiziert: die Kornea-Reflexion des Auges (normalerweise der hellste Punkt des Abbilds) sowie die Pupille (normalerweise der zweit-hellste Punkt). Die relative Position dieser beiden Punkte liefert ausreichend Information, um zu bestimmen, auf welchen Punkt am Bildschirm eine Person geschaut hat. Dieses Verfahren ist nicht invasiv und unterbricht oder stört den Prozess der Stimulusexploration nicht.

Die zeitliche Auflösung der Eyetracking-Daten variiert in Abhängigkeit von Typ und Modell des verwendeten Eyetrackers. Normale Kornea-Reflexions-Eyetracker arbeiten mit einer Sampling Rate zwischen 50 Hz und zwei kHz. Die räumliche Auflösung variiert von 0.005 Grad bis 0.5 Grad Sehwinkel.

In den meisten Studien werden die jeweiligen relativen Betrachtungszeiten von bestimmten Regionen (Area of Interest) gemessen oder diejenige Region ermittelt, die der Proband hauptsächlich fixiert hat. Eine Fixation wird dabei als solche definiert, wenn der Betrachter auf denselben Punkt ausreichend lange fixiert. Normalerweise ist dies der Fall, wenn der Blick des Probanden innerhalb eines Grads des Sehwinkels für mindestens 100 ms bis 2000 ms verweilt (in vielen Studien beträgt die Definition der Fixationsdauer 200 ms bis 600 ms – je nach Studie werden jedoch andere Parameter angewendet). Eine Sakkade, die

die Anpassung des Auges auf ein neues interessantes Objekt bzw. einen Teil des Stimulus, willentlich wie auch automatisch ermöglicht, zeichnet sich durch eine Schnelligkeit von bis zu 1000 Grad/ Sek. und einer Dauer von 30 ms aus.

2.2 Begriffserläuterungen zum Thema

„Erkennen mimisch kodierter Emotionen“

2.2.1 Wahrnehmung und Erkennen von emotionalen Gesichtsausdrücken

Um die Frage beantworten zu können, wie der Mensch emotionale Gesichtsausdrücke erkennt, scheint es notwendig, den Begriff des Erkennens näher zu erläutern. Schon Lissauer formulierte auf Basis klinischer Befunde eine Unterscheidung der Begriffe *Wahrnehmung* und *Erkennen* (Lissauer, 1890)⁴.

Wahrnehmung im Sinne von Lissauer bezieht sich auf zeitlich frühe Prozesse, die mit dem Stimulus-Beginn einsetzen. In frühen sensorischen Kortizes werden die Merkmale des visuellen Bildes und dessen Konfigurationen verarbeitet. Die Verarbeitung auf der Stufe der Wahrnehmung erlaubt ausschließlich die Bewertungen von visuellen und geometrischen Stimuluseigenschaften, z.B. den Vergleich von zwei Gesichtern, die simultan präsentiert werden (Adolphs, 2002).

Das *Erkennen* demgegenüber erfordert zusätzliches Wissen, das nicht durch bloße Betrachtung der visuellen Stimuluseigenschaften gewonnen werden kann. Erkennen erfordert Weltwissen, über welches der Mensch in Form eines Gedächtnisses verfügt. Natürlich kann sich die einfachste Form des wiedererkennenden Gedächtnisses theoretisch auch nur auf perzeptuelle Informationen beziehen. Bei der Erkennung von emotionalen Gesichtsausdrücken jedoch wird zusätzliches Wissen über die Kontingenz zwischen dem Ausdruck und anderen, direkt wie auch indirekt assoziierten, Stimuli gebraucht. Beispiele für ein solches Wissen wären z.B., wo man das Gesicht gesehen hat, wie man sich bei der Betrachtung gefühlt hat oder um

⁴ Siehe dazu auch die philosophische Unterscheidung von der Wahrnehmung von Dingen und der Wahrnehmung von Fakten (Dretske, 1968), die Adolphs bezogen auf die emotionale Gesichterwahrnehmung beschreibt (Atkinson und Adolphs, 2005).

wessen Gesicht es sich handelt. Keine dieser Informationen kann isoliert durch die perzeptuellen Eigenschaften des Gesichts abgeleitet werden (Adolphs, 2002).

In der Literatur zum Thema des emotionalen Gesichtsausdrucks werden die Begriffe der Wahrnehmung und des Erkennens aber auch der Verarbeitung häufig synonym genutzt. Welcher Prozess dabei gemeint ist, muss aus dem jeweiligen Kontext erschlossen werden. In dieser Arbeit werden die Begriffe nach der Definition von Lissauer verwendet (Lissauer, 1890). Der Begriff der Verarbeitung wird als übergeordneter Begriff eingesetzt, der die beiden Komponenten der Wahrnehmung und des Erkennens beinhaltet.

2.2.2 Kategorien und Konzepte bei der emotionalen Gesichtserkennung

Im Kapitel 2.2.1 wurden der Begriff des Erkennens und seine enge Verbindung zum Wissen erläutert. Nun darf aber nicht außer acht gelassen werden, dass für das Erkennen eines Gesichts in großem Maß auch Kategorie-Zugehörigkeit eine Rolle spielt, d.h. das Auftreten von gemeinsamen Regelmäßigkeiten und Mustern (Adolphs, 2002). Wissen über Kategorien kann zum einen über die Abstraktion von Wissen über Einzelfälle oder zum anderen auf Basis von allgemein gültigen Regeln erfolgen (Smith et al., 1998).

Bei der Verarbeitung von sozial relevanten Informationen, wozu Gesichter zweifellos gehören, sind laut Adolphs Kategorisierungen von besonderer Wichtigkeit, da sie sich durch eine hohe Informations-Komplexität und schnelles Antwort-Verhalten auszeichnen (Adolphs, 2002). Stimuli können dabei auf Basis ihrer visuellen Erscheinung oder auf der Grundlage dessen, was man über sie weiß, kategorisiert werden.

Kategorisierung erlaubt eine ökonomische Stimulus-Verarbeitung, bei der diverse sensorische Stimuli schnell zu einem Set behavioraler Antworten zugeordnet werden können. Wenn ein Stimulus ähnliches Verhalten erfordert, erfolgt die Eingruppierung in dieselbe Kategorie. Erfordert er eine andere behaviorale Antwort, wird der Stimulus einer anderen Kategorie zugeordnet (Adolphs, 2002).

Das Perzept eines Gesichtsausdrucks (wie wird das Gesicht gesehen) muss unterschieden werden von dem Konzept des Ausdrucks (was ist über das Gesicht bekannt). In diesem Zusammenhang stellt ein Konzept Wissen dar,

das für das Erkennen erforderlich ist und welches aus verschiedenen Komponenten, die eine spezifische Kategorie betreffen, besteht. Wichtig ist ferner, dass dieses konzeptuelle Wissen durch die Abrufsituation beeinflusst wird und somit selbst bei derselben Person zu unterschiedlichen Zeitpunkten anders zusammengesetzt sein kann.

Zur Veranschaulichung, wie das Erkennen eines angstvollen Gesichts erfolgen könnte, hier ein Beispiel, das Adolphs in seiner Arbeit vorstellt (Atkinson und Adolphs, 2005): Das Erkennen der Emotion Angst aus einem Gesichtsausdruck erfolgt durch die Verknüpfung von perzeptuellen Eigenschaften des Stimulus mit verschiedenen Wissens-basierten Prozessen. Diese beinhalten Wissen über die Komponenten der Angst, den lexikalischen Begriff „Angst“ sowie die Wahrnehmung der emotionalen Angst-Reaktion (oder eine ihrer zentralen Repräsentationen). Dieser Prozess des „einfachen“ Erkennens einer mimisch kodierten Emotion ist komplex. Welche neuronalen Strukturen daran beteiligt sind und welche psychologischen Modelle als Grundlage angenommen werden, wird in den folgenden Abschnitten dargelegt.

2.3 Emotionale Gesichtsausdrücke

Einen weiteren wichtigen Aspekt zur Beantwortung der Frage, wie das Erkennen von mimisch kodierten Emotionen funktioniert, betrifft die Natur des Gesichtsausdrucks. Diese wird sowohl in der emotionalen Antwort auf einen Stimulus wie auch in der sozialen Kommunikation gesehen (Darwin, 1872; Fridlund, 1994). Beide Aspekte treten gemeinsam auf und bestimmen die Form des Gesichtsausdrucks, obwohl je nach Situation einer von ihnen vorrangig Bedeutung haben kann. Das Erkennen von Emotionen und das darauf entsprechend angepasste Verhalten ist eindrucksvoll bereits bei Krabbelkindern festzustellen, die, um zu einem neuen Spielzeug zu gelangen, nur dann über eine visuelle Klippe krabbeln, wenn ihre Mutter ein fröhliches, nicht jedoch, wenn sie ein angstvolles Gesicht zeigt (Sorce et al., 1985).

In einer aktuellen Studie wird die biologisch adaptive Ursache der Evolution des emotionalen Gesichtsausdrucks eindrücklich dargestellt (Susskind et al., 2008). Bezug nehmend auf Darwin wurde dabei untersucht, warum die Emotionen Angst und Ekel in der jeweils charakteristischen Mimik ausgedrückt werden. Die spezifische Formung der Gesichtsmuskulatur bei z.B. Angst (aufgerissene Augen, geöffneter Mund) beeinflusst die sensorische Regulation in der Form, dass durch den angstvollen Ausdruck die Ausdehnung des oberen

visuellen Felds schnellere Augenbewegungen sowie ein erhöhtes Luftvolumen in der Nase zulässt. Diese verstärkte sensorische Aufnahme ermöglicht die Anpassung an das durch den Angst-induzierenden Stimulus getriggerte Verhalten: Kampf, Flucht oder Erstarren. Bei Ekel wird u.a. durch eine Verringerung des Luftvolumens eine mögliche Kontamination durch den Ekel-auslösenden Stimulus verhindert.

Weitere Belege dafür, dass sich die Fähigkeit der Gesichtserkennung evolutionär entwickelt hat, lieferten Forscher, die herausfanden, dass Neuronen, die auf Gesichter ansprechen nicht nur im Gehirn des Menschen, sondern auch des Affen zu finden sind (Perrett et al., 1982). Ferner gibt es bei Makaken eine Gesichts-sensitive Region im Gehirn, die dem menschlichen fusiformen Gesichtsareal (Fusiform Face Area, FFA) topographisch ähnlich ist (Tsao et al., 2006).

Im Gegensatz zu Primaten sind die Gesichtsmuskeln beim Menschen besonders weit entwickelt und werden über ein komplexes neuronales Netzwerk gesteuert, das sowohl willentliche wie auch automatische Komponenten umfasst. Diese können eindrücklich durch Gehirn-Läsionen unterschieden werden: Läsionen im primär-motorischen Kortex können dazu führen, dass Emotionsausdrücke nicht volitional gezeigt werden können, wohingegen die Äußerung von spontan-erlebten Emotionen intakt ist (Hopf et al., 1992). Läsionen in Insula, Basalganglien und Pons können in einem gegenteiligen Verhaltens-Muster resultieren (Hopf, Muller-Forell und Hopf, 1992).⁵

Alle menschliche Gesichter setzen sich aus denselben Komponenten zusammen: Augen, Nase, Mund, Wangen, Kinn, Stirn etc. Die Form dieser strukturellen Merkmale und deren Veränderungen, d.h. die Mimik, sind bei der Erkennung des internalen emotionalen Zustands der betrachteten Person von großer Bedeutung. Mimik beruht im Wesentlichen auf der, in Sekundenbruchteilen ablaufenden, Kontraktion der Gesichtsmuskulatur und wird besonders durch Augen und Mund als den beweglichsten Teilen des Gesichts hervorgebracht. Ein emotionaler Gesichtsausdruck setzt sich aus einzelnen mimischen Facetten zusammen. Anhand von sich wiederholenden Mustern der Mimik, die sich über Kulturen hinweg beobachten lassen, wurden

⁵ Diesem Punkt soll noch hinzugefügt werden, dass es natürlich nicht immer einen Zusammenhang zwischen Emotion und Gesichtsausdruck geben muss. Es gibt viele soziale Kontexte, in denen posierte Emotionsausdrücke durchaus häufig sind, z.B. das Konversationslächeln. Dies bedeutet, dass eine Emotion zu einem spezifischen Ausdruck führt, was umgekehrt aber nicht heißt, dass jeder Gesichtsausdruck Zeichen einer Emotion ist.

die so genannten Basisemotionen definiert (Darwin, 1872; Ekman, 1993). Sie werden universal von Menschen ausgedrückt und erkannt, was nahe legt, dass auch die Dekodierung des Emotionsausdrucks angeboren ist (siehe Kapitel 2.3.1). Allerdings werden die verschiedenen Basisemotionen unterschiedlich gut erfasst. So zeigen behaviorale Studien, dass die Erkennens-Genauigkeit bei Freude am höchsten und bei Angst und Wut (bedrohungsassoziierte Stimuli) am niedrigsten ist (Ekman et al., 1969; Palermo und Coltheart, 2004). Häufigste Verwechslungen finden bei ängstlichen und überraschten Gesichtsausdrücken statt (Ekman und Friesen, 1976; Rapcsak et al., 2000). Hervorzuheben ist, dass der Kontext des Erkennens dabei wesentlichen Anteil haben kann (Carroll und Russel, 1996).

Ein Aspekt, der in der Forschung bisher nur unzureichend geklärt werden konnte, liegt in dem Beitrag von Gesichtsmerkmalen und deren relativer Konfiguration für die Erkennung des emotionalen Gesichtsausdrucks (feature-based processing vs. configuration-based processing). Belege dafür, dass allein die Verarbeitung von Gesichtsmerkmalen ausreicht, um den Gesichtsausdruck zu klassifizieren, entstammen Computer-Modellen, die eine solche Fähigkeit demonstrieren (Cottrell et al., 2001). Im Gegensatz dazu zeigen Studien bei Menschen, dass die Wahrnehmung vom emotionalen Gesichtsausdruck zumindest teilweise konfigurale Verarbeitung der Relationen zwischen den verschiedenen Gesichtsmerkmalen erfordert (Calder et al., 2000). So formuliert Adolphs die Überlegung, dass die beiden Verarbeitungs-Modi abhängig von der gezeigten Emotion sein könnten: man könne auf die Emotion Freude durch das Gesichtsmerkmal des hochgezogenen Mundwinkels (das Lächeln) schließen, während es für die Unterscheidung zwischen negativen Emotionen zusätzlicher Informationen über die Konfiguration der Gesichtsmerkmale bedarf (Adolphs, 2002). Welche Merkmale und welche Konfigurationen liefern nun die wichtigsten Informationen für die Emotionserkennung? Die Augenregion stellt wichtige Informationen für die Verarbeitung des internalen Zustands anderer bereit, was in enger Verbindung zur einmaligen Morphologie des Primaten-Auges zu verstehen ist: die Pupille sticht aus einem weißen Hintergrund heraus und liefert Informationen über die Blickrichtung und eventuelle Absichten des Gegenübers (Kobayashi und Koshima, 1997; Kobayashi und Koshima, 2001). Das andere wesentliche Kernmerkmal des Gesichts ist der Mund, welcher durch eine Vielzahl an Muskeln deutlich unterschiedliche emotionale Ausdrücke gestalten kann. Aufgrund der informativen Natur sind Augen und Mund die bevorzugten Ziele, auf die gesunde Erwachsene Aufmerksamkeit und damit auch Betrachtungszeit

verwenden (Davies et al., 1977; Fraser et al., 1990; Haig, 1986; Mertens et al., 1993; Sergent, 1984; Tanaka und Farah, 1993; Walker-Smith et al., 1977). Welches Merkmal jedoch zur Identifikation der Emotion am meisten Relevanz aufweist, hängt jedoch von der spezifischen Emotion ab (Bassili, 1979; Boucher und Ekman, 1975; Cunningham et al., 2005; Hanawalt, 1944; Plutchik, 1962). Nach Hanawalt ist der Mund bei einem freudigen Ausdruck am aussagekräftigsten, bei Angst und Überraschung ist die Augenregion am informativsten (1944). Sullivan und Kirkpatrick fanden später, dass Kinder die schematische Gesichter mit verschiedenen Emotionen anschauten, innerhalb der Emotionskategorien konsistente Betrachtungsmuster aufwiesen, d.h. auf welches Merkmal im Gesicht am meisten geschaut wurde (1996). Der primäre Fokus lag dabei auf dem Mund für Freude, Trauer, Überraschung und Ekel sowie auf den Augenbrauen für Wut und Angst.

Eine relativ neue Studie von Smith et al. hat die verschiedenen Regionen, die bei der spezifischen Emotionserkennung am meisten fixiert werden, untersucht (die Ergebnisse sind in Abbildung 1 zu finden) (Smith, Cottrell, Gosselin und Schyns, 2005). Bei Freude ist demnach der lachende Mund am aussagekräftigsten für die Emotionserkennung, bei Überraschung der vor Erstaunen geöffnete Mund, und bei Angst sind die weit geöffneten Augen am informativsten. Bei einem wütenden Gesicht ist die zusammengekniffene Augen- und obere Nasenpartie, bei Ekel die gekräuselte Nase und der Mund, bei Trauer die zusammen geschobenen Augenbrauen sowie der nach unten gezogene Mund am lehrreichsten.

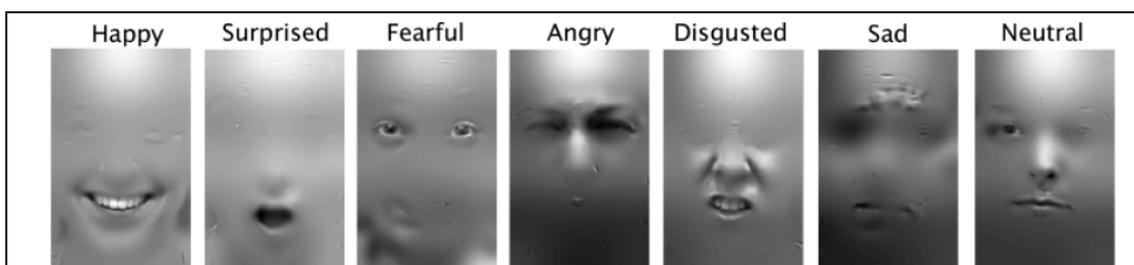


Abbildung 1: Darstellung der Gesichtsmerkmale, die für die Erkennung der jeweiligen Basisemotion am informativsten sind. Entnommen aus L. Smith, Cottrell, Gosselin und Schyns (2005).

Bei einem neutralen Gesicht werden alle Kernmerkmale des Gesichts (Augen, Nase, Mund) betrachtet, was bei keiner Basisemotion der Fall ist (Smith, Cottrell, Gosselin und Schyns, 2005).

Da die Gesichtsverarbeitung ein sehr komplexer Vorgang ist, können sowohl durch fehlerhafte oder mangelhafte Entwicklung, wie auch durch Gehirnschäden Beeinträchtigungen der Gesichtsverarbeitung entstehen – Beispiele für einen beeinträchtigten Emotionsausdruck wurden bereits in diesem Abschnitt genannt.

Neben den Defiziten in der Produktion des Ausdrucks, gibt es auch Störungen bei der Gesichtsverarbeitung, mit der prominentesten Beeinträchtigung, der Prosopagnosie⁶. Patienten mit Prosopagnosie sind nicht mehr in der Lage, bekannte Gesichter zu erkennen, obwohl keine andere Beeinträchtigung im visuellen System besteht. Trotz der erhaltenen Fähigkeit, ein Gesicht aus einer Vielzahl anderer Objekte zu erkennen, können Prosopagnosie-Patienten bekannte und vertraute Gesichter, auch die von berühmten Personen, Freunden, Angehörigen und sogar ihr eigenes Gesicht nicht wieder erkennen (Damasio, 1985). Daher erfolgt die Identifikation anderer Menschen ausschließlich anhand anderer Modalitäten, wie z.B. Stimme, Kleidung, etc. Die Prosopagnosie folgt im Allgemeinen nach bilateralem okzipito-temporalem Hirnschaden (Damasio et al., 1982; Landis et al., 1988; Sergent und Signoret, 1992) und tritt bei weniger als einem Prozent der Hirn-Läsions-Patienten auf (Sergent und Villemure, 1989).

Demgegenüber sind Patienten mit diskreteren Symptomen zu stellen. So erscheinen im Zusammenhang mit verschiedensten neurologischen und psychiatrischen Erkrankungen Beeinträchtigungen, bei denen zwar die Identität des Gegenübers erkannt wird, jedoch keine korrekte Aussage über den emotionalen Ausdruck des Gesichts gemacht werden kann. Dieses Defizit kann sich sowohl auf einzelne spezifische Emotionskategorien wie auch auf Emotionen allgemein beziehen.

Es besteht eine Vielzahl an Studien, die Defizite in der Emotionserkennung bei Patienten mit Autismus (Pierce et al., 2001; Schultz, 2005), Schizophrenie (Edwards et al., 2002; Johnston et al., 2005), Depression (Leppänen, 2006), Phobie, (Garner et al., 2009), Psychopathie (Blair, 2003; Hare, 1995), Alexithymie (Lane et al., 1996; Parker et al., 1993), Demenz (Hargrave et al., 2002; Ogrocki et al., 2000) sowie Patienten mit Essstörungen (Jones et al., 2008; Pollatos et al., 2008) nachweist. Auch nach erworbener Hirnschädigung sind spezifische Defizite in der Fähigkeit der Emotionserkennung festgestellt worden.

⁶ Begriff nach Bodamer (1947).

Um die Frage zu beantworten, wie sich Gehirn-Läsionen auf das Erkennen oder die Benennung von emotionalen Gesichtsausdrücken auswirken, sollen zunächst mögliche Loci der Beeinträchtigung aufgezeigt werden. Zum einen ist es denkbar, dass defizitäre Emotionserkennung durch eine generelle Schädigung der Wahrnehmung oder aber des allgemeinen konzeptionellen Wissens hervorgerufen wird (z.B. bei blinden oder dementen Personen). Eine weitere Möglichkeit liegt in der gestörten Verbindung von Strukturen, die für die perzeptuelle Verarbeitung relevant sind (z.B. weiße Substanz-Läsionen in rechtsseitigen okzipito-temporalen Regionen). Als zusätzliche Alternative können Beeinträchtigungen durch Schäden in Strukturen, die selbst Assoziationen zwischen perzeptuellen Informationen und konzeptuellem Wissen enthalten (z.B. Amygdala) hervorgerufen werden. Diese letztere Form der Schädigung liefert häufig die Grundlage zur Erforschung von Strukturen, die an der Emotionsverarbeitung beteiligt sind. So zeigen Patienten mit Läsion in der Insula Beeinträchtigungen bei der Erkennung von Ekel (Calder et al., 2000), nach ventraler Striatum-Läsion in der Erkennung von Wut (Calder et al., 2004) und nach Amygdalaläsion in der Erkennung von Angst (Adolphs et al., 1995). Beeinträchtigungen der Emotionserkennung bei Patienten mit mesiotemporaler Läsion (besonders der Amygdala) stellen einen wichtigen Pfeiler dieser Arbeit dar und werden daher in einem gesonderten Abschnitt (Kapitel 2.6.2) vorgestellt.

2.3.1 Emotionstheorien und Basisemotionen

In dem voran gegangenen Abschnitt wurde der emotionale Gesichtsausdruck aus verschiedenen Perspektiven betrachtet. Ein grundlegender Aspekt wurde jedoch bisher außen vor gelassen: die Emotion - was genau ist darunter zu verstehen?

Eine Emotion wird als eine generelle adaptive und phasische Veränderung in verschiedenen physiologischen Systemen als Antwort auf eine Stimulus-Bewertung definiert (Damasio, 1995; Damasio, 1999; Plutchik, 1980; Scherer, 2000). Emotionen sind komplexe psychische Phänomene mit einem bestimmten zeitlichen Ablauf und bestehen aus mindestens vier Komponenten: der subjektiven Komponente (welche das individuelle innere Erleben umfasst), der physiologischen Komponente (d.h. die Reaktion des Körpers), der kognitiven und bewertenden Komponente sowie der Komponente des motorisch-expressiven Ausdrucks (u.a. Mimik).

Verschiedene Emotionstheorien legen den Fokus häufig auf einzelne der genannten Komponenten, da die objektive Erfassung von Emotionen in der Ganzheit ihrer Komponenten aufgrund der Komplexität (bisher) nicht möglich ist (Schmidt-Atzert, 1996; Traue, 1999). Auch die vorliegende Arbeit legt einen solchen Schwerpunkt, und zwar auf die Analyse der motorisch-expressiven Komponente. Dazu gehören, wie in dieser Arbeit untersucht, die Mimik, aber auch Gestik sowie diverse paralinguale Aspekte wie Sprechgeschwindigkeit, Sprachmelodie, Stimmlage etc.

Durch das Setzen von Forschungs-Schwerpunkten auf einzelne Komponenten, existiert eine Vielzahl an unterschiedlichen wissenschaftlichen Emotionstheorien. So bewerten verschiedene psychologische Theorien Emotionen als diskrete Zustände (für die man in der Sprache einen Ausdruck hat und deren Gesichtsausdruck mit einem Label versehen werden kann (Ekman, 1962) oder als Koordinaten in einem dimensional Raum (z.B. zwei-dimensionaler Raum mit den Achsen Valenz und Arousal) (Russel, 1980) oder drittens als dynamisch, in Abhängigkeit von der spezifischen Situations-Bewertung, angeordnet (Scherer, 1984; Scherer, 1988). Für eine gelungene Übersicht der Emotionstheorien siehe (Scherer, 2000).

Da die Mehrheit der Studien (inklusive der hier vorgestellten), die sich mit dem emotionalen Gesichtsausdruck befassen, mit dem Konzept der Basisemotionen arbeiten, soll dieses ausführlicher erläutert werden. Der Ausgangspunkt der Erforschung des mimischen Ausdrucks von Basisemotionen entstammt der Arbeit „The Expression of the Emotion in Man and Animal“ von Darwin (1872). Er definierte die so genannten Basisemotionen als Emotionen, die in ihrem Ausdruck universal und angeboren sind. Obwohl noch immer keine endgültige Einigkeit darüber besteht, welche Emotionen zu den Basisemotionen zählen, hat die Mehrheit der Forscher Überraschung, Angst, Ekel, Freude, Trauer und Wut als solche anerkannt (Ekman, 1973; Fridlund, 1994; Izard, 1971). Alle anderen Emotionen sind Untergruppen oder Mischungen der Basisemotionen.

In den 70er Jahren wurde die Emotionsforschung besonders von Paul Ekman vorangetrieben. Auf anatomischen Studien aufbauend (Hjortsjö, 1969), entwickelte er das *Facial Action Coding System* (FACS) (Ekman und Friesen, 1978). Dieses System teilt die Gesichtsmuskulatur in 46 so genannte Action Units ein. Das daraus abgeleitete Emotional FACS (EMFACS) ist ein Kodiersystem, welches detailliert die Action Units beschreibt, die zur Darstellung von Emotionen relevant sind (Ekman und Friesen, 1978). Jede Basisemotion lässt sich durch Angabe der Units charakterisieren, wodurch

aufgezeigt wird, welche Muskeln bei der Generierung welcher Emotion beteiligt sind.

Obwohl das Erkennen der genannten Basisemotionen von verschiedenen Kulturen ähnlich vorgenommen wird (Ekman, 1994), können andere Verknüpfungen des Konzepts mit dem Emotionsbegriff erfolgen (Wierzbicka, 1999) und unterschiedliche soziale Normen für den Ausdruck derselben Emotion je nach Kontext bestehen (Fridlund, 1994).

Zum Abschluss dieses Kapitels soll auf die Diskussion zur Rolle der Mimik im Prozess der Emotionsverarbeitung hingewiesen werden. Anhänger der Theorie der Basisemotionen sehen die innerlich erlebte Emotion als Ursache der entsprechenden Mimik (Read-out-Hypothese (Buck, 1984)). Andere Wissenschaftler dagegen vertreten die Facial-feedback-Hypothese, nach der erst das Generieren eines bestimmten Gesichtsausdrucks zum Erleben einer Emotion führt (Allport, 1924). So entsteht beispielsweise die Emotion Trauer erst nachdem ein trauriger Gesichtsausdrucks gezeigt wurde (Tomkins, 1962). Neuere Ansätze vermitteln zwischen den beiden Theorien und nehmen eine modulierende Wirkung der Mimik auf das primäre innere Erleben an (Craig, 2002). Diese Thematik wird im Kapitel 2.5 weiter diskutiert.

2.4 Modelle der Gesichtsverarbeitung

Im Vergleich zu bisher üblichen Patientenstudien ermöglichen bildgebende Verfahren sowie Aufnahmen von elektro-/ magnetphysiologischer Neuronenaktivität neue Untersuchungsansätze bei der Erforschung, wie das System der Gesichtsverarbeitung funktioniert und welche Etappen visuelle Gesichtsinformationen auf dem Weg zu neuronalen Repräsentationen zu durchlaufen haben (Hoffman und Haxby, 2000; Spiridon et al., 2006). Vermutlich sind verschiedene voneinander getrennt zu betrachtende neuronale Strukturen für die Wahrnehmung bestimmter Aspekte eines Gesichts (z.B. Bestimmung von Identität, Blickrichtung, Alter, Geschlecht, Emotion etc.) verantwortlich.

Das Modell von Bruce und Young (Bruce und Young, 1986) (siehe Abbildung 2) unterschied als erstes explizit verschiedene psychologische Prozesse zur Identifizierung von emotionalem Gesichtsausdruck und Identität. Es handelt sich um ein funktionales Modell, das auf empirischen Ergebnissen wie auf Daten aus klinischen Beobachtungen von Patienten basiert, die spezifische Beeinträchtigungen bei der Gesichtserkennung aufweisen. Das Modell nimmt

verschiedene spezialisierte Module an, die den funktionalen Prozessen dienen. Die hierarchisch angeordneten Module arbeiten parallel und unabhängig.

Mit der Präsentation des Gesichts setzt, laut Modell, die Verarbeitung der perzeptuellen Gesichtsmerkmale und deren relativer Konfiguration (*Structural Encoding*) ein. Von dort wird der Output an die funktional spezialisierten Module zur Erkennung verschiedener Informationen aus dem Gesicht weitergeleitet. Wenn das Gesicht bekannt ist, folgt die Identifikation der Person (*Person Identity Nodes*), woraufhin semantische Informationen über die erkannte Person abgerufen werden können (*Cognitive System*), u.a. der Name (*Naming*). Die anderen Prozesse der Ausdrucks-Analyse (*Expression Analysis*), der Analyse der Sprache (*Facial Speech Analysis*) und der visuellen Verarbeitung (*Directed Visual Processing*) basieren auf den Ergebnissen der strukturellen Enkodierung und können sowohl bei bekannten wie unbekanntem Gesichtern ausgeführt werden.

Obwohl das Modell von Bruce und Young einen großen Teil der empirischen Ergebnisse erklären kann, gibt es auch Befunde, die den Modellannahmen widersprechen (Baudouin et al., 2000; Schweinberger und Soukup, 1998). Besonders die vorgeschlagene Unabhängigkeit und der serieller Ablauf wird von den genannten Autoren hinterfragt. Ferner liefert das Modell keine neuroanatomische Beschreibung, sondern schlägt lediglich die Abfolge von „Einzelleistungen“ bei der Gesichtserkennung vor. Dennoch wurde das Modell bis heute nicht schlüssig widerlegt, so dass es vielen Studien zur Gesichtserkennung zugrunde gelegt wird.

Andere Forscher verwenden das Modell von Bruce und Young seit 20 Jahren als Ausgangsbasis für Modifikationen und Erweiterungen (Breen et al., 2000; Palermo und Rhodes, 2007; Read und Bruce, 1982; Vuilleumier und Pourtois, 2007; Williams und Hollan, 1981). Ein solches modifiziertes Modell stammt auch von Haxby et al. (Haxby und Gobbini, 2007; Haxby et al., 2000; Haxby et al., 2002) (siehe Abbildung 3). Es benennt neuroanatomische Grundlagen und unterscheidet die Verarbeitung veränderbarer Merkmale im Gesicht mit der von invarianten Merkmalen.

In dem Modell werden die unterschiedlichen Module zwei verschiedenen Systemen zugeordnet. Das so genannte Kernsystem (*core system*) ist in drei funktional getrennten Regionen des extrastriären Kortex in beiden Hemisphären lokalisiert. Eine der drei Regionen liegt im inferioren okzipitalen Gyrus und ist für die frühe Phase der Gesichtswahrnehmung relevant. Die Informationen werden von dort weiter zu den beiden anderen Regionen im

posterioren Teil des superioren temporalen Sulkus und dem lateralen Teil des Gyrus fusiformis geleitet (Hoffman und Haxby, 2000; Sergent und Signoret, 1992). Dabei ist die Region des superioren temporalen Sulkus für die Analyse der veränderbaren Aspekte eines Gesichts verantwortlich, während der Gyrus fusiformis auf die Analyse der invarianten Elemente spezialisiert ist (Gobbini und Haxby, 2007).

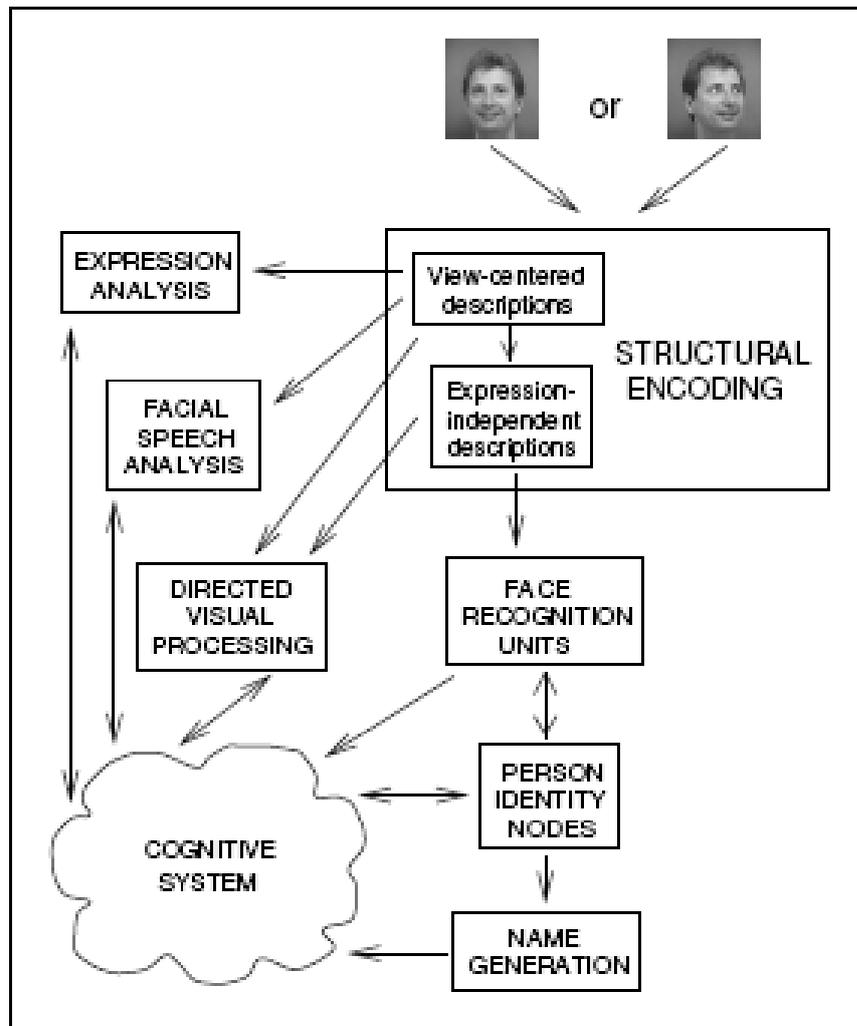


Abbildung 2: Modell der Gesichtserkennung nach Bruce und Young. Entnommen aus Bruce und Young (1986).

Haxby et al. betonen, dass die vollständige Gesichts-Analyse nur durch die Kooperation des Kernsystems mit Gehirnstrukturen, die für andere kognitive Prozesse verantwortlich sind (wie. z.B. räumliche Aufmerksamkeit, emotionale Verarbeitung), möglich ist (Haxby, Hoffman und Gobbini, 2000). Die Funktionalität solcher kognitiven Prozesse und deren Kooperationen wird durch das erweiterte System (*extended system*) kontrolliert (Gobbini und Haxby, 2007), das multimodal und nicht ausschließlich auf die Verarbeitung von

Gesichtern spezialisiert ist. So erfolgt beispielsweise die Emotionsverarbeitung in Amygdala und Insula. Das Modell beschreibt bidirektionale Verbindungen zwischen allen Komponenten.

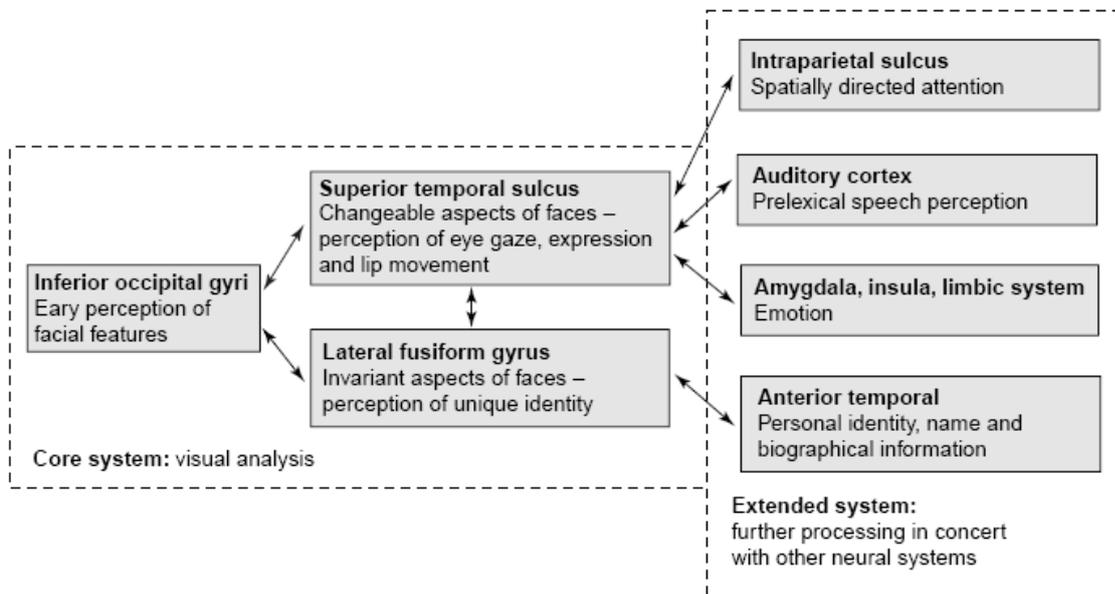


Abbildung 3: Modell der Gesichtsverarbeitung nach Haxby, Hoffman und Gobbini. Entnommen aus Haxby, Hoffman und Gobbini (2000).

Beide vorgestellten Modelle postulieren verschiedene Ebenen der Verarbeitung von Gesichtsinformationen und getrennte Wege der Analyse, vernachlässigen jedoch situationsbedingte Einflussfaktoren und das Verhältnis von Gesichtswahrnehmung und Aufmerksamkeitsprozessen.⁷ So wird die initiale Gewinnung von Informationen über den Stimulus als passiver Prozess dargestellt. Jedoch ist aus Experimenten bekannt, dass die Wahrnehmung der sozialen Welt durchaus die aktive Suche nach relevanten sozialen Informationen beinhaltet. Diese aktive Suche kann bei Patienten mit Amygdalaläsion beeinträchtigt sein, indem sie ihre Aufmerksamkeit nicht auf die salienten Regionen zur Stimuluserkennung richten, was wiederum die Erkennensleistung der Emotion negativ beeinflusst (Adolphs et al., 2005).

Bezogen auf die Frage, auf welcher Verarbeitungsebene eine Unterscheidung der verschiedenen Prozesse stattfindet, zieht Adolphs in seinem Review das Fazit, dass es ausreichend wissenschaftliche Belege dafür gibt, dass die Verarbeitung des emotionalen Gesichtsausdrucks teilweise auf relativ

⁷ Der Zusammenhang von Wahrnehmung und Aufmerksamkeit bei der Gesichtsbetrachtung wird in dem Review von Palermo und Rhodes (2007) ausführlich und anschaulich beschrieben.

spezialisierte Routen bereits auf dem frühen Wahrnehmungslevel, wie teilweise auch auf höheren Ebenen des konzeptuellen Wissens erfolgt (Adolphs, 2002).

In Abbildung 4 ist ein weiteres Modell dargestellt, das die beiden vorher genannten Modelle (Bruce und Young, 1986; Haxby, Hoffman und Gobbini, 2000) implementiert und zusätzlich den zeitlichen Aspekt der Emotionserkennung aufnimmt.

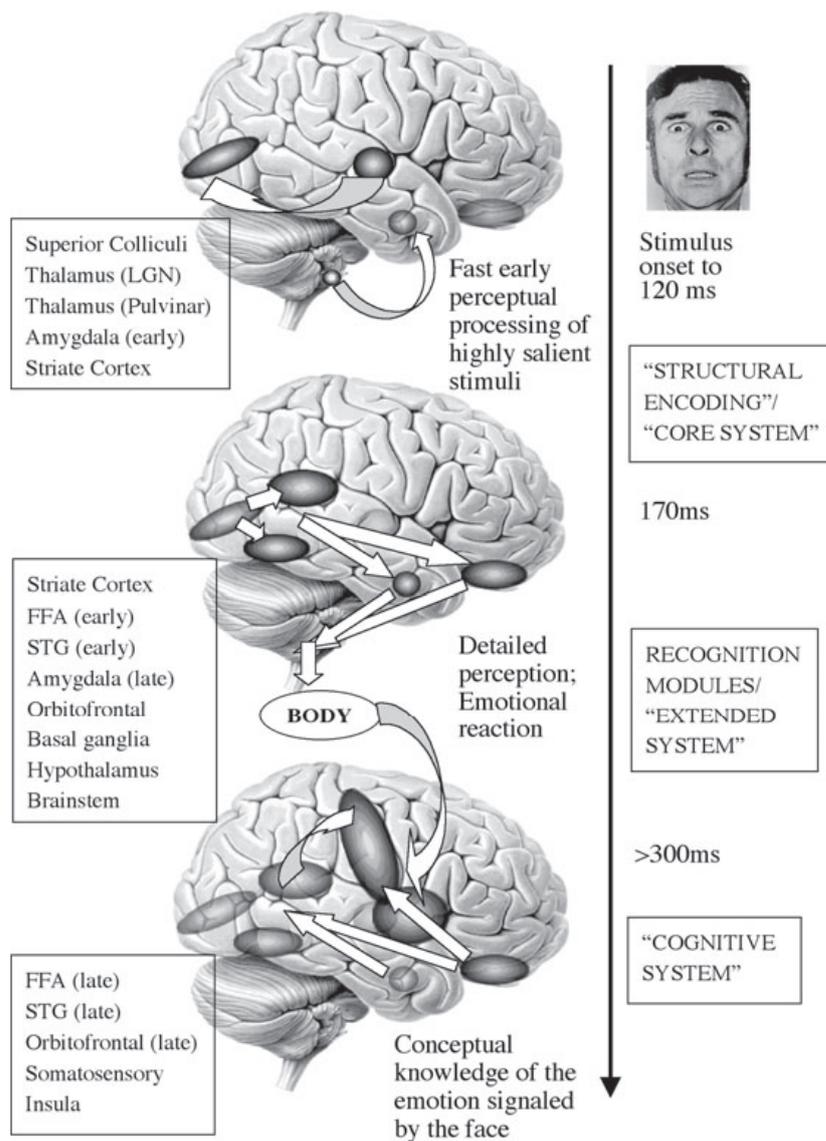


Abbildung 4: Modell der Gesichtsverarbeitung nach Adolphs (Entnommen aus Adolphs (2002)).

Die frühe Verarbeitung von emotionalen Gesichtsausdrücken, bis zu 150-170 ms nach Stimulus-Beginn, erfolgt anhand von zwei parallelen Routen, die später interagieren: der subkortikale Pfad zur Amygdala verläuft über den superioren Colliculus und Pulvinar, die langsamere kortikale Route nimmt den

Weg über Thalamus und striatären Kortex zu inferioren und superior-temporalen Kortex-Regionen (Atkinson und Adolphs, 2005). Später erfolgt dann die detailliertere Verarbeitung der Gesichter, ca. 180 ms nach Stimulus-Beginn, die die Interaktion von Amygdala und verschiedenen kortikalen Regionen (besonders mit fusiformem, superior-temporalem und orbitofrontalem Kortex) beinhaltet (Atkinson und Adolphs, 2005). Eine kognitive Bewertung des Stimulus, die z.B. in der Benennung des Emotionsausdrucks resultiert, ist nun (ab 300 ms nach Stimulus-Beginn) möglich.

Unabhängig davon, welches Modell der Gesichtsverarbeitung zugrunde gelegt wird, liefert eine jüngst erschienene Meta-Analyse über 105 Studien eine gute Übersicht über die an diesem Prozess beteiligten Gehirnstrukturen (Fusar-Poli et al., 2009). Signifikante Aktivierungen wurden in visuellen Arealen (Gyrus fusiformis, inferiorer und mittlerer okzipitaler Gyrus, lingualer Gyrus), limbischen Arealen (Amygdala und parahippokampaler Gyrus, posteriorer zingulärer Kortex), temporo-parietalen Arealen (Parietallappen, mittlerer temporaler Gyrus, Insula), präfrontalen Arealen (medialer frontaler Gyrus) sowie subkortikalen Arealen und Kleinhirn gefunden (Fusar-Poli, Placentino, Carletti, Landi, Allen, Surguladze, Benedetti, Abbamonte, Gasparotti, Barale, Perez, McGuire und Politi, 2009).

2.5 Mechanismen der fazialen

Emotionserkennung

Welche Mechanismen greifen in den Prozess der fazialen Emotionserkennung ein? Adolphs unterscheidet insgesamt drei mögliche Mechanismen, die an spezifische neuronale Strukturen und deren Verbindungen geknüpft sind (Adolphs, 2002).

Als ersten Mechanismus beschreibt er die Emotionserkennung als Teil der Wahrnehmung. Dies bedeutet, dass Emotionen ausschließlich auf Basis von geometrischen Stimulus-Eigenschaften erkannt werden (siehe dazu Kapitel 2.2.1). Solche Informationen können direkt mit sprachassoziierten Gehirnregionen gekoppelt sein, um die Emotion zu benennen. Ein Abruf von anderem assoziativen Wissen ist jedoch nicht möglich. Mathematische Analysen zeigten, dass die Repräsentationen des Gesichtsausdrucks ausreichend sein können, um Emotionskategorisierungen vorzunehmen (Calder, Burton, Miller, Young und Akamatsu, 2001). Weitere Belege für die

kategoriale Wahrnehmung von Emotionsausdrücken entstammt z.B. einer Studie, bei der die Kategorisierung anhand von gemorphten Bildern vorgenommen werden musste, die aus zwei verschiedenen Emotionsausdrücken zusammengesetzt waren (Calder et al., 1996; de Gelder et al., 1997). Ausschließlich auf Wahrnehmung basierendes Erkennen kann demnach zu korrekter Emotionserkennung führen.

Es gibt noch einen weiteren Mechanismus der Emotionserkennung: die Erkennung mit Hilfe von assoziativem Wissen, das nicht aus der Struktur des Stimulus selbst generiert werden kann (auch hier siehe Kapitel 2.2.1). Die Repräsentationen der verschiedenen Stimuluseigenschaften können jedoch Repräsentationen reaktivieren, z.B. ein angstvolles Gesicht mit einem Schrei verbinden. Derart assoziatives Wissen kann in Form von Sprache implementiert werden, so dass die Person ihr Konzept der wahrgenommenen Emotion ausdrücken kann. Welche genauen Mechanismen solches Wissen abrufen, ist schwer zu beurteilen. Unbestreitbar ist jedoch die Tatsache, dass Informationen zwischen verschiedenen neuronalen Systemen ausgetauscht werden, was ausgeprägte Feedforward- und Feedback-Prozesse erfordert (Adolphs, 2002).

Ein bisher in dieser Arbeit noch nicht genannter Mechanismus der Emotionserkennung kann über die weniger direkte Route der Simulation einer emotionalen Antwort durch den Betrachter erfolgen.⁸ So kann es sein, dass assoziiertes Wissen nicht ausreicht, um die Emotion ausreichend gut zu erkennen oder dass erst durch die Simulation des Emotionsausdrucks Zugriff auf konzeptuelles Wissen möglich ist. Diese Simulations-Hypothese wird durch viele Studien belegt und ist seit Entdeckung des Spiegelneuronen-Systems sehr prominent (Gallese und Goldman, 1999; Rizzolatti et al., 1996; Rizzolatti et al., 2006). So wurde beispielsweise im prämotorischen Kortex des Affen beobachtet, dass Neuronen nicht nur antworten, wenn der Affe beabsichtigt, eine Handlung auszuführen, sondern auch, wenn der Affe jemandem zusieht, der eine bestimmte Handlung ausführt (Gallese, 2009; Gallese et al., 1996; Gallese und Goldman, 1999; Rizzolatti, Fadiga, Gallese und Fogassi, 1996). Auch beim Menschen führt das Beobachten einer Handlung in fMRT-Studien zu neuronaler Aktivität im prämotorischen Kortex (Iacoboni, 2009; Iacoboni et al., 1999). Der spezifische Beleg, dass die Simulation auch eine Rolle bei der

⁸ Die Simulationshypothese kann als eine Erweiterung der Theorie der somatischen Marker von Damasio beschrieben werden, nach der körperliche und neuronale Vorgänge bei Emotionswahrnehmung und -erleben eng verknüpft sind (Damasio, 1994; Damasio, 1999).

mimisch kodierten Emotionserkennung spielt, stammt aus verschiedenen Beobachtungen (Goldman und Sripada, 2005). Das Erleben und der Ausdruck von Emotionen sind korreliert (Rosenberg und Ekman, 1994) und stehen in einer kausalen Beziehung: die Produktion eines emotionalen Gesichtsausdrucks kann zu Veränderungen des Emotionserlebens führen (Adelman und Zajonc, 1989; Harrison et al., 2006). Sogar das willkürliche Zeigen eines Emotionsausdrucks, ohne den jeweiligen emotionsauslösenden Stimulus, beeinflusst das Fühlen und autonome Korrelate des emotionalen Zustands (Levenson et al., 1990) sowie EEG-Korrelate (Ekman und Davidson, 1993). Die Betrachtung eines emotionalen Gesichtsausdrucks resultiert in der Produktion desselben Ausdrucks beim Betrachter (Doherty, 1998; Hatfield et al., 1992). Auch wenn dieser Ausdruck weniger stark ist, so ist er dennoch mittels Elektromyogramm (EMG) messbar (Jaencke, 1994). Erstaunlicherweise ist dies auch dann der Fall, wenn ein Gesichtsausdruck nicht bewusst wahrgenommen wird (z.B. bei subliminaler Stimulation) (Hess und Blairy, 2001).

Die Betrachtung des emotionalen Gesichtsausdrucks führt somit zu Veränderungen des eigenen emotionalen Zustands und kann auf dieser Basis bei der richtigen Erkennung des Ausdrucks helfen.⁹ Eine Route, über welche die emotionale Antwort des Betrachters bei der Verarbeitung eines emotionalen Gesichtsausdrucks über die Amygdala getriggert werden kann, ist in Abbildung 4 auf Seite 43 dargestellt: der visuelle Kortex ist bei der Verarbeitung der wahrgenommenen Gesichtsmerkmale involviert und leitet dann eine perzeptuelle Repräsentation des Gesichts zur basolateralen Amygdala. Diese wiederum assoziiert die Repräsentation mit ihrer emotionalen Antwort über verschiedene Kerne, was dann zu Veränderungen in verschiedenen Maßen führt (u.a. die somatische Antwort, z.B. im Muskeltonus oder der elektrodermalen Aktivität, welche durch den zentralen Kern der Amygdala getriggert wird). Diese emotionalen Antworten werden wahrgenommen und repräsentiert im somatosensorischen Kortex (u.a. Insula) und es kommt zum Erleben der Emotion, die das Gegenüber ausgedrückt hat (Adolphs, 2007).

⁹ Ausführlichere Informationen, die sich mit dem Erlebensaspekt von Emotionen bei der Betrachtung des emotionalen Ausdrucks befassen, sind bei Critchley et al. sowie Jackson et al. nachzulesen (Critchley et al., 2004; Jackson et al., 2005).

2.6 Neuronale Strukturen der Emotionsverarbeitung

In diesem Kapitel soll es um die an der Gesichtswahrnehmung und der fazialen Emotionserkennung beteiligten neuronalen Strukturen gehen. Bereits im Abschnitt 2.3 wurden einige solcher Gehirnstrukturen im Zusammenhang mit dem Netzwerkmodell von Haxby (Haxby, Hoffman und Gobbini, 2002) genannt, diese werden im Folgenden mit Blick auf ihre Aufgaben im Verarbeitungsprozess ausführlicher beschrieben.

Die Wahrnehmung des Gesichtsausdrucks basiert auf okzipito-temporalen Regionen bezüglich allgemeiner visueller Informationen (V1/ V2) sowie auf höheren visuellen Arealen, die selektiv auf Gesichter und Gesichtsausdrücke reagieren (fusiformes Gesichter Areal (FFA), superiorer temporaler Gyrus). Viele Studien beschreiben, auch auf Basis von Läsions-Patienten eine Dominanz der rechten Hemisphäre in diesem Prozess (siehe dazu ausführlich beschrieben Adolphs (2002)). Eine jüngst veröffentlichte Meta-Analyse konnte diese Annahme jedoch nicht stützen und beschrieb bilaterale Aktivierungen im Netzwerk der fazialen Emotionserkennung (Fusar-Poli et al., 2009).

Die Konstruktion einer detaillierten perzeptuellen Repräsentation des gesehenen Gesichtsausdrucks beträgt ca. 170 ms (Adolphs, 2002). Wie sind diese perzeptuellen Repräsentationen jedoch mit dem Abruf konzeptuellen Wissens über das Gesicht verknüpft? An dem Prozess des Erkennens mimisch kodierter Emotionen sind verschiedene Strukturen beteiligt, die sich wechselseitig beeinflussen (Fairhall und Ishai, 2007; Fusar-Poli, Placentino, Carletti, Allen, Landi, Abbamonte, Barale, Perez, McGuire und Politi, 2009; Vuilleumier und Pourtois, 2007). Nach der Wahrnehmung des Ausdrucks werden die Informationen des visuellen Systems in emotionsassoziierte Areale (Amygdala, ventromedialer präfrontaler Kortex (vmPFC), Insula) geleitet, die die visuelle Repräsentation mit emotionaler Bedeutung verknüpfen (z.B. mit dem Ziel der Emotionserkennung). Dieser Vorgang könnte auf drei verschiedenen Wegen vollzogen werden, die allerdings nicht klar voneinander zu trennen sind und die bereits im Kapitel 2.5 vorgestellt wurden (Adolphs, 2002). Diese Annahmen sollen mit der Schilderung der beteiligten neuronalen Strukturen anschaulicher werden. Erstens können emotionsassoziierte Gehirnstrukturen die Formation einer perzeptuellen Repräsentation des Gesichtsausdrucks in visuellen Arealen modulieren. Dies könnte über Feedback-Verbindungen von emotionsassoziierten Strukturen (inferiorer

okzipitaler Gyrus, superiorer temporaler Gyrus) erfolgen. Der modulatorische Effekt könnte die Aufmerksamkeitsausrichtung auf verschiedene Teile des Gesichts-Abbilds lenken. Zweitens könnten emotionsassoziierte Strukturen über ihre Verbindungen mit verschiedenen kortikalen Arealen und dem Hippokampus konzeptuelles Wissen über den bestimmten Gesichtsausdruck (z.B. Kategorie, Name etc.) aktivieren. Drittens könnten emotionsassoziierte Gehirnstrukturen, die mit motorischen Strukturen, dem Hypothalamus, und Hirnstamm-Nukleus verbunden sind, über diese Verbindungen emotionale Antworten im Betrachter triggern. Diese subjektiven emotionalen Erfahrungen (repräsentiert im somatosensorischen Kortex) können dem Betrachter helfen, das konzeptuelle Wissen, das mit dem beobachteten Ausdruck verbunden ist, abzurufen. Die wesentlichen Gehirnstrukturen, die an der Erkennung mimisch kodierter Emotionen beteiligt sind, sind in Abbildung 5 dargestellt. Eine ausführlichere Beschreibung dieser Strukturen ist in verschiedenen Arbeit anschaulich vorgenommen worden (Adolphs, 2002; Dekowska et al., 2008; Fairhall und Ishai, 2007; Kanwisher und Yovel, 2006).

Den verschiedenen neuronalen Prozessen des Erkennens von mimisch kodierten Emotionen ist hinzuzufügen, dass, wie aus dem „erweiterten System“ in Haxby’s Modell (Haxby, Hoffman und Gobbini, 2000) ersichtlich, die Verarbeitung von fazialen Gesichtsausdrücken wesentlich von anderen kognitiven Prozessen wie Aufmerksamkeit und Gedächtnis begleitet wird, was wiederum die Beteiligung anderer neuronaler Strukturen zur Folge hat (Vuilleumier et al., 2001; Vuilleumier und Pourtois, 2007).

Nun zu der Frage, wie sich die Wahrnehmung unterschiedlicher Emotionen auf die Erkennung auswirkt. Zweifelsfrei existieren verschiedene neuronale Mechanismen, die bei der Verarbeitung aller emotionalen Gesichtsausdrücke beteiligt sind.

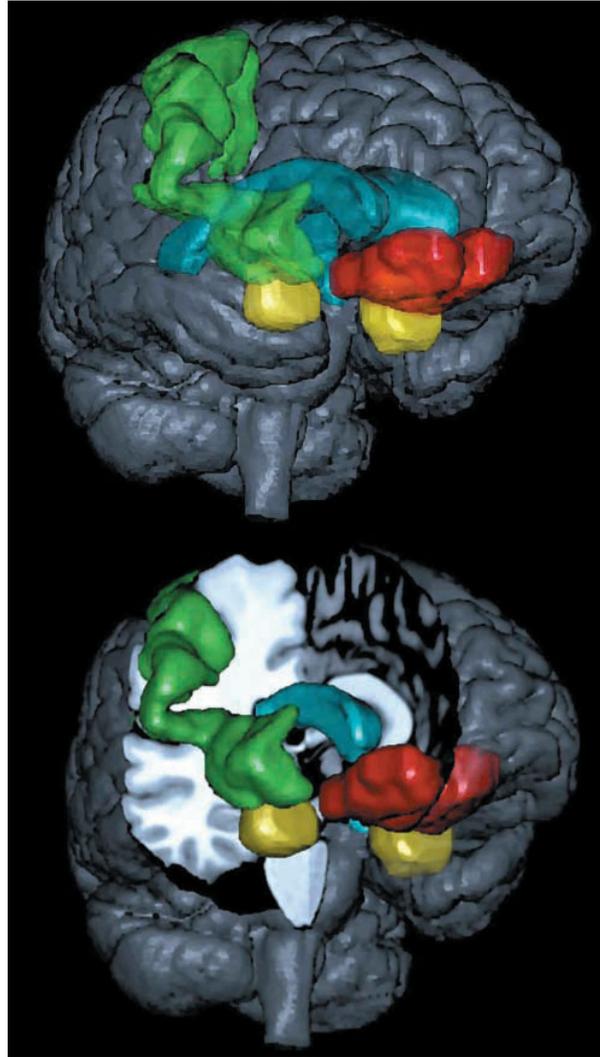


Abbildung 5: Darstellung der Gehirnstrukturen, die wesentlich an der fazialen Emotionserkennung beteiligt sind. Darstellung der Amygdala (gelb), des ventromedialen präfrontalen Kortex (rot), des rechten somatosensorischen Kortex (S-I, S-II), Insula (grün); zur Orientierung: laterale Ventrikel (blau); entnommen aus Adolphs (2002).

So gibt es viele Belege dafür, dass die Betrachtung emotionaler Gesichtsausdrücke im Vergleich zu neutralen zu stärkeren Aktivierungen der Strukturen, die an der Gesichtsverarbeitung im Allgemeinen beteiligt sind, wie z.B. der FFA führen (Critchley et al., 2000; Ishai et al., 2004; Vuilleumier, Armony, Driver und Dolan, 2001; Vuilleumier et al., 2004; Winston et al., 2003). Dennoch wird angenommen, dass auch teilweise getrennte Systeme für die Erkennung individueller Emotionen bestehen (Hennenlotter und Schroeder, 2006). Dies wird durch Befunde bekräftigt, die selektive Beeinträchtigungen bei der Emotionserkennung spezifischer Emotionen bei Läsions-Patienten feststellten (Calder, Burton, Miller, Young und Akamatsu, 2001) und Kategorie-spezifische Aktivierungen bestimmter Gehirnstrukturen in Bildgebungsstudien

demonstrierten (Phan et al., 2002); dennoch gibt es auch Studien, die eine emotionsspezifische Verarbeitung von Gesichtsausdrücken nicht bestätigen können (Winston, O'Doherty und Dolan, 2003). So spielt beispielsweise die Amygdala eine zentrale Rolle bei der Erkennung von angstassoziierten Signalen. Insula und Basalganglien sind elementar für die Verarbeitung von ekelassoziierten Signalen (Calder, Burton, Miller, Young und Akamatsu, 2001) während das ventrale Striatum bei wutassoziierten Gesichtern involviert ist (Calder, Keane, Lawrence und Manes, 2004).

Im folgenden Abschnitt soll die zentrale Rolle der Amygdala bei der fazialen Emotionserkennung vorgestellt und Auswirkungen von Läsionen dieser Struktur aufgezeigt werden. Dies liefert die theoretische Grundlage für die dritte Studie, die in der vorliegenden Arbeit präsentiert wird.

2.6.1 Die Aufgaben der Amygdala und ihre besondere Rolle bei der emotionalen Gesichtsverarbeitung

Die Amygdala bezeichnet eine Gruppe mehrerer phylogenetisch alter Kerne in beiden Temporallappen. Sie wird auch als Mandelkern oder als Corpus amygdaloideum bezeichnet und ist Teil des limbischen Systems.

Die Amygdala ist ein klassisches Beispiel für eine Struktur, die an verschiedenen Prozessen beteiligt ist. So ist vielfach belegt, dass sie bei der Verarbeitung von emotionalen Gesichtsausdrücken eine Rolle spielt, was durch neuropsychologische (Adolphs et al., 1994; Calder, Young, Perrett, Etcoff und Rowland, 1996) und bildgebende Studien (Breiter et al., 1996; Morris et al., 1996; Vuilleumier, Richardson, Armony, Driver und Dolan, 2004) gestützt wird. Viele Studien haben sich mit der Lateralität, dem Zeitverlauf sowie der Stabilität der Amygdala-Reaktion auf emotionale Gesichter (insbesondere angstvolle Gesichter) befasst (Barrett et al., 2007; Breiter et al., 1996; Johnstone et al., 2005; Phillips et al., 2001). Dabei wurden neben der Aktivierung durch angstvolle Gesichter auch Aktivierungen durch andere emotionale Gesichtsausdrücke in der Amygdala hervorgerufen (Fitzgerald et al., 2006; van der Gaag et al., 2007). Trotzdem scheint es eine besonders schnelle Verarbeitungsrouten für angstvolle Gesichter zu geben, die über eine Population der retinalen Ganglion-Zellen über den superioren Colliculus weiter zum pulvinaren Kern des Thalamus und schließlich zur Amygdala führt (Adolphs,

2008; Johnson, 2005). Diese Route kommt ohne kortikale Informationsverarbeitung aus, was erklärt, warum Blindsight-Patienten¹⁰ Reaktionen auf angstvolle Gesichter zeigen, auch wenn sie diese bewusst nicht wahrnehmen können (Morris et al., 2001; Pegna et al., 2005).¹¹ Als weitere Erklärung für die schnellere Verarbeitung von angstvollen Gesichtern zeigten Schyns et al., dass die kortikale Verarbeitung von Gesichtsmerkmalen bei den Augen beginnt, welche bei Angst das wichtigste Merkmal zu Emotionserkennung darstellen (Schyns et al., 2007).

Ferner wurde die Interkonnektivität der Amygdala mit anderen kortikalen und subkortikalen Strukturen (Fairhall und Ishai, 2007; Morris et al., 1998) und ihre Beziehung zum Bewusstsein experimentell untersucht (Barrett, Bliss-Moreau, Duncan, Rauch und Wright, 2007; Pessoa et al., 2006; Phillips et al., 2004; Whalen et al., 1998). So legen neuere Studien nahe, dass die Amygdala wichtig für die aktive Exploration und Aufmerksamkeitslenkung bei der Erkennung emotionaler Gesichter ist und auf besonders saliente Reize anspricht (siehe dazu auch Kapitel 2.7.2) (Adolphs, 2007; Adolphs, 2008; Whalen, 1999). So wird beispielsweise angenommen, dass die Amygdala bereits auf einer abstrakteren und viel früheren Komponente der Emotionserkennung beteiligt ist (Adolphs, Gosselin, Buchanan, Tranel, Schyns und Damasio, 2005). Bei einer Patientin mit Amygdalaläsion zeigte sich eine beeinträchtigte Fähigkeit der Nutzung von Informationen aus der Augenregion des betrachteten Gesichts (diese Studie wird ausführlich in Kapitel 2.7.2 besprochen). Dieser Befund ist konsistent mit anderen Studien, die zeigten, dass die Amygdala allein schon bei der Präsentation von angstvollen Augen (Morris et al., 2002) und bei kurzer Präsentationsdauer der Sklera (Augenweiß) Aktivierungen zeigt (Whalen et al., 2004). Überdies wurde berichtet, dass die Pupillengröße die Amygdala-Antwort moduliert (Demos et al., 2008). Abschließend soll hinzugefügt werden, dass die Augen eines Gesichts die Amygdala-Antwort offensichtlich beeinflussen, sie jedoch nicht ausschließlich triggern (Asghar et al., 2008).

¹⁰ Blindsight-Patienten haben eine Läsion im striatären Kortex (V1), die dazu führt, dass sie einen großen blinden Fleck (Skotom) in ihrem Gesichtsfeld haben. Ihnen fehlt es an bewusster visueller Wahrnehmung für Stimuli, die in einem Teil ihres visuellen Felds präsentiert werden. Dennoch zeigen sie eine geringe Fähigkeit einfache visuelle Stimuli, die in diesem blinden Feld gezeigt werden, zu unterscheiden und zu lokalisieren.

¹¹ Dieser Befund wird sogar erweitert um die erhaltene Fähigkeit zur Unterscheidung von fröhlichen, traurigen, angstvollen und wütenden Gesichtsausdrücken (de Gelder et al., 1999).

Zusätzlich zur emotionalen Gesichtsverarbeitung spielt die Amygdala eine allgemeinere und allgegenwärtige Rolle bei der Emotionsverarbeitung und in sozialem Verhalten (Aggleton, 2000). Sie moduliert Aufmerksamkeit, Gedächtnis und Entscheidungen sowie diverse Komponenten der emotionalen Reaktion (inklusive behavioraler, autonomer und endokriner Komponenten (Adolphs, 2002; Engell et al., 2007; Hsu et al., 2005; Phelps et al., 1998; Pitts et al., 2009; Roozendaal et al., 2009; Scott et al., 1997; van de Riet et al., 2009; Vuilleumier und Pourtois, 2007; Williams et al., 2001; Winston et al., 2002). Spezifische Kerne innerhalb der Amygdala sind an den verschiedenen Prozessen beteiligt.

Die funktionale Komplexität der Amygdala ist in der Vielzahl an Verbindungen mit anderen Gehirnstrukturen gespiegelt: Regionen des sensorischen Neokortex liefern Stimulus-Informationen hauptsächlich über den lateralen Nukleus an die Amygdala, welche diese zurück projiziert. Über das basale Vorderhirn, Hippokampus und Basalganglien moduliert die Amygdala Kognition, über hypothalamische- und Hirnstamm-Nuclei reguliert sie die emotionale Antwort. Aufgrund genau dieser Komplexität der verschiedenen Prozesse, an denen die Amygdala Anteil hat, können Veränderungen in Kognition und Verhalten hervorgerufen werden, die in einer emotionalen Reaktion münden (Adolphs, 2002).

2.6.2 Auswirkungen von Amygdalaläsion auf die faziale Emotionserkennung

Bereits 1986 zeigte Jacobson, dass eine Schädigung der Amygdala die Gesichtsverarbeitung beeinträchtigen kann (Jacobson, 1986). Die erste Studie, die eine selektive Beeinträchtigung bei der Erkennung mimisch kodierter Basisemotionen bei erhaltender Wahrnehmungsfähigkeit demonstrierte, wurde erst einige Jahre später von Adolphs vorgestellt (Adolphs, Tranel, Damasio und Damasio, 1994). Er berichtete von einer Patientin mit der seltenen Urbach-Wiethe-Erkrankung, die zu einer fast vollständigen bilateralen Zerstörung der Amygdala geführt hatte, dabei jedoch den Hippokampus und alle anderen neokortikalen Strukturen intakt ließ. Die Patientin zeigte eine selektive Beeinträchtigung der Angsterkennung. Wenn sie jedoch gebeten wurde, Emotionen nach dem Grad der Erregung zu bewerten, zeigte sie Defizite bei allen negativen Emotionen (Adolphs et al., 1999). Nachfolgende Studien replizierten diesen Befund bei anderen Patienten mit Läsionen des medialen

Temporallappens aufgrund von Enzephalitis, Epilepsien bzw. nach einer Epilepsie-Operation oder einem Tumor bzw. nach einer Tumor-Resektion (Adolphs, Russell und Tranel, 1999; Adolphs, Tranel, Damasio und Damasio, 1994; Calder, Young, Perrett, Etcoff und Rowland, 1996; Meletti et al., 2003). Einige der Studien fanden überdurchschnittlich häufig Beeinträchtigungen bei der Erkennung der Emotion Angst (Adolphs, Tranel, Damasio und Damasio, 1995; Anderson und Phelps, 2000; Anderson et al., 2000; Broks et al., 1998; Calder, Young, Perrett, Etcoff und Rowland, 1996; Sprengelmeyer et al., 1999; Young et al., 1995). Andere Studien dagegen haben Belege für ein breiteres Spektrum der Beeinträchtigung gefunden und zwar bei allgemein negativen Emotionen wie Angst, Ekel, Wut und Trauer (Adolphs, 1999; Adolphs, Russell und Tranel, 1999; Calder, Young, Perrett, Etcoff und Rowland, 1996; Graham et al., 2007; Meletti et al., 2009; Sato et al., 2002; Schmolck und Squire, 2001; Siebert et al., 2003). Bei den meisten der genannten Studien waren Patienten mit bilateraler Amygdalaläsion eingeschlossen. Unilaterale Läsionen haben zu schwächeren Defiziten in der Emotionserkennung geführt (Adolphs et al., 2001; Anderson, Spencer, Fulbright und Phelps, 2000; Meletti, Benuzzi, Cantalupo, Rubboli, Tassinari und Nichelli, 2009).¹² Außerdem waren bei unilateralen Schädigungen stärkere Variationen in der Erkennensleistung festzustellen, die mit dem Ausmaß der Amygdala-Schädigung korrelierte (Boucsein et al., 2001).

Die Fähigkeit der fazialen Emotionserkennung kann durch eine Vielzahl von Verfahren getestet werden, z.B. wurden in den genannten Studien Benennaufgaben, Rating-Aufgaben, Sortieraufgaben, Bewertung von Ähnlichkeiten von Emotionen bei Gesichter-Paaren, Auswahl von Gesichtern nach emotionaler Beschreibung, Bewertung von gemorphten Gesichtern etc. eingesetzt. Unterschiedliches Design der Aufgaben innerhalb eines Aufgabentyps sowie Variationen zwischen den Typen machen die Vergleichbarkeit der Studienbefunde teilweise unmöglich, was besonders bei widersprüchlichen Befunden bedauernd ist. So wurden bei einigen Patienten mit bilateraler Amygdalaläsion sowohl ein Defizit bei der Benenn-, wie in der Rating-Aufgabe festgestellt, bei anderen Patienten lediglich ein Defizit in einer der beiden Aufgaben gefunden (Adolphs, 2002).

Unabhängig vom Erhebungsverfahren weisen Patienten mit Amygdalaläsionen Beeinträchtigungen bei der mimisch kodierten Emotionserkennung auf. Diese Variation der Performanz bei bestimmten Aufgaben verdeutlicht, dass die

¹² Dies ist auch der Grund, warum statistische Signifikanz bei unilateralen Schädigungen meist nur in großen Stichproben erreicht wird.

Amygdala nicht vollkommen selbständig für alle Aspekte der Emotionserkennung zuständig ist und dass unterschiedliche Aufgaben der emotionalen Gesichtserkennung die neuronale Antwort modulieren können (Lange et al., 2003; Phillips et al., 1997). Neben der variierenden Performanz in Abhängigkeit vom Aufgabentyp gibt es einen weiteren Umstand, der die Befunde aus Läsions-Studien erschwerend interpretieren lässt: die Variation der Emotionen, welche nicht erkannt werden (unabhängig vom Aufgabentyp). Wie bereits gesagt, gibt es Patienten, die in verschiedenen Tests ausschließlich Defizite bei der Erkennung von Angst zeigen (Adolphs, Tranel, Damasio und Damasio, 1994), während andere weniger spezifische Defizite haben oder gar überproportional starke Beeinträchtigungen bei negativen Emotionen insgesamt zeigen (Adolphs, Russell und Tranel, 1999; Adolphs et al., 1999; Schmolck und Squire, 2001). Die Ursache für diese Varianz ist umstritten, drei Gründe werden dafür häufig angeführt (Adolphs, 2002). Zum einen kann argumentiert werden, dass die Amygdala nicht nur für die Verarbeitung von Bedrohung und Angst zuständig ist, sondern kognitive Ressourcen triggert, die Ambiguität in der Umwelt beseitigen sollen. Beide Emotionen, Angst und Wut, signalisieren zwar Bedrohung/ Gefahr, aber nur bei Angst muss evaluiert werden, worauf sie sich bezieht (bei Wut ist im Allgemeinen klar, worin der Auslöser liegt). Durch Beteiligung der Amygdala könnte diese Situation aufgelöst werden (Whalen, 1999).

Eine weitere Erklärung wäre, dass die Amygdala für die Verarbeitung der Klasse der Emotionen mit negativer Valenz (angenehm versus unangenehm) und hohem Arousal (Erregung) zuständig ist (Adolphs, Russell und Tranel, 1999). Diese Klasse ist von hoher ökologischer Salienz, und Emotionen, die mit Bedrohung/ Gefahr assoziiert werden, würden in dieses Bewertungsschema fallen.

Als letzte Ursache nennt Adolphs schließlich die Beobachtung, dass alle Emotionen, deren Erkennung hauptsächlich durch die Amygdala beeinflusst wird, in Verbindung mit Rückzugsverhalten stehen (Anderson, Spencer, Fulbright und Phelps, 2000). Von diesen würden die Emotionen, die mit Bedrohung/ Gefahr assoziiert sind, wiederum eine Untergruppe darstellen. Die ausführliche Darstellung dieses Problems veranschaulicht, dass der genaue Zusammenhang von Amygdala und spezifischen Emotionen noch nicht hinreichend erforscht ist.

Was für weiteres Wissen ist über die faziale Emotionserkennung von Patienten Amygdalaläsion bekannt? Anderson und Phelps berichteten von einer Patientin mit bilateraler Amygdalaläsion und beeinträchtigter fazialer Angst-Erkennung,

die ungeachtet ihrer Beeinträchtigung in der Lage ist, einen ängstlichen Gesichtsausdruck selbst zu produzieren und diesen auch von ihrem eigenen Gesicht korrekt erkennen kann (Anderson und Phelps, 2000). Auch die Durchführung des *Benton Face Matching Task* (Benton und Allen, 1968), bei dem Fotos von unbekanntem Gesichtern aus unterschiedlichen Perspektiven gezeigt werden, welche mit einander abgeglichen („gematcht“) werden sollen, stellt trotz Amygdalaläsion kein Problem dar (Adolphs und Tranel, 2000). Sogar minimale Veränderungen des Gesichtsausdrucks (auch bei den Emotionen, die nicht korrekt erkannt wurden) wurden von Patienten bemerkt (Adolphs et al., 1998). Eine letzte Studie, die das Ausmaß einer bilateralen Amygdalaläsion anschaulich schildert, stammt von Adolphs und Tranel (Adolphs und Tranel, 2003). Sie zeigten Patienten Fotos von emotionalen visuellen Szenen, in denen es außer den Gesichtern noch viele andere Hinweisreize (Gestik, Körperhaltung etc.) gab. Den Patienten wurden zwei Stimulus-Blöcke präsentiert: die Stimuli waren in beiden Blöcken identisch, jedoch waren alle Gesichter beim ersten Block wegretuschiert. Gesunde Kontrollprobanden zeigten bessere Emotionserkennung, wenn die Gesichter zu sehen waren, während Patienten mit bilateraler Amygdalaläsion nicht davon profitierten (ihre Erkennensleistung bei beiden Blöcken war fast gleich). Besonders auffallend war, dass Probanden mit bilateraler Amygdalaläsion im Vergleich mit Gesunden sogar besser in der Erkennung von Wut-Szenen waren.

Zusammenfassend demonstrieren die Studien eindrücklich, dass bei Patienten mit bilateraler Amygdalaläsion trotz gravierender Defizite in der fazialen Emotionserkennung allgemeines deklaratives Wissen in Zusammenhang mit Angst oder allgemein negativen Emotionen intakt zu sein scheint (Adolphs, Tranel, Damasio und Damasio, 1995).

Ein interessanter Aspekt, der an dieser Stelle ergänzt werden soll, ist der Einfluss des Erkrankungsalters auf die faziale Emotionserkennung (Adolphs, Tranel und Damasio, 2001; Adolphs, Tranel, Damasio und Damasio, 1994; Anderson und Phelps, 2000; Meletti, Benuzzi, Cantalupo, Rubboli, Tassinari und Nichelli, 2009; Meletti, Benuzzi, Nichelli und Tassinari, 2003). So zeigte sich besonders bei Patienten mit Temporallappen-Epilepsie oder temporaler Lobektomie, dass ein früheres Erkrankungsalter positiv mit schlechterer Emotionserkennungsleistung korrelierte (Adolphs, Tranel und Damasio, 2001; Anderson und Phelps, 2000; Benuzzi et al., 2004; Meletti, Benuzzi, Nichelli und Tassinari, 2003). Bereits bei Kindern mit chronischer Temporallappen-Epilepsie wurden Beeinträchtigungen in der Emotionserkennung festgestellt (Golouboff et al., 2008). Demgegenüber gibt es Befunde bei Erwachsenen, z.B. mit

Herpes-Simplex-Enzephalitis, die eine vollständige bilaterale Läsion der Amygdala und anderer temporaler Strukturen aufweisen (Hamann et al., 1996) und dennoch keine Defizite in der Emotionserkennung aus Gesichtern haben (Adolphs, Tranel, Hamann, Young, Calder, Phelps, Anderson, Lee und Damasio, 1999; Hamann und Adolphs, 1999). Die Autoren argumentieren, dass dies vermutlich daran liegt, dass die Patienten ihre Läsionen erst im Erwachsenenalter bekommen haben, während z.B. Patienten, von denen Defizite bekannt sind, Schädigungen schon früh erwarben (Hamann, Stefanacci, Squire, Adolphs, Tranel, Damasio und Damasio, 1996). Diese Befunde stützen die Hypothese, dass das Defizit in der Emotionserkennung bei Erwachsenen mit frühem Krankheitsbeginn (z.B. aufgrund eines chirurgischen Eingriffs) eine entwicklungsbedingte Störung darstellt (Golouboff, Fiori, Delalande, Fohlen, Dellatolas und Jambaque, 2008; Meletti, Benuzzi, Cantalupo, Rubboli, Tassinari und Nichelli, 2009). Wie sich diese Einflussgröße konkret bei Patienten mit bilateraler Amygdalaläsion auswirkt, gilt es zu klären.

2.7 Augenbewegungen bei der Emotionserkennung

In diesem Kapitel soll die Thematik der Augenbewegungen bei Betrachtung emotionaler Gesichter vorgestellt werden. Dabei geht Kapitel 2.7.1 konkret auf die Betrachtungsmuster bei mehrfacher Betrachtung des Stimulusmaterials ein und thematisiert die Frage, ab wann ein unbekanntes Gesicht durch wiederholte Betrachtung zu einem bekannten Gesicht wird. Kapitel 2.7.2 demgegenüber stellt Befunde aus Augenbewegungsstudien von Patienten mit Amygdalaläsion vor, die erklären können, warum die Patienten Defizite in der Erkennung von spezifischen fazialen Gesichtsausdrücken aufweisen.

Bei der visuellen Exploration eines emotionalen Gesichts ist die Fixation unerlässlich, da die Mehrheit der visuellen Rezeptoren in der Fovea konzentriert ist. Die Fovea ist der Teil der Retina, der Objekte am besten unterscheidet, da dort die größte Dichte an Rezeptoren zu finden ist. Basierend auf der grundlegenden Annahme, dass der Fixationsort mit Aufmerksamkeit korreliert, erlaubt die Aufzeichnung von Augenbewegungen ein effizientes Maß für die Analyse der Aufmerksamkeitsdynamik (Hernandez et al., 2009) (siehe dazu auch Kapitel 2.1.2). Diese wiederum dient als Indikator für die begleitenden kognitiven und emotionalen Prozesse. Green beschreibt

Fixationen als psychophysiologische Marker der gerichteten Aufmerksamkeit zur Untersuchung visuokognitiver Verarbeitung (Green et al., 2003).

Wie z.B. in dem Modell von Itti und Koch (Itti und Koch, 2000) dargestellt, kann die Informationsgewinnung von Bildeigenschaften beeinflusst werden, so dass Regionen mit höherer Luminanz oder Farbkontrast, Übergängen oder Bewegungen die Wahrscheinlichkeit für Fixationen erhöhen. Dennoch ist nicht immer der Fall, dass der Ort der Informationsgewinnung mit Regionen mit den auffälligsten Kontrasten von *low-level* Eigenschaften übereinstimmt. Vielmehr ist wahrscheinlich, dass das der Betrachtung zugrunde liegende Ziel die Informationsgewinnung mit lenkt (Chen und Zelinsky, 2006; Yarbus, 1967). Vor diesem Hintergrund müssen nicht nur die bottom-up geleiteten Stimuluseigenschaften, sondern auch das top-down geleitete Ziel der Betrachtung bei Eyetracking-Studien berücksichtigt werden (Chen und Zelinsky, 2006; Henderson, 2003; Navalpakkam und Itti, 2005). Augenbewegungen bei der Betrachtung eines Gesichts wurden in vielen Studien untersucht (Luria und Strauss, 1978; Mackworth und Bruner, 1970; Manor et al., 1999; Mertens, Siegmund und Grusser, 1993; Noton und Stark, 1971; Walker-Smith, Gale und Findlay, 1977). Die Analyse, welche Regionen im Gesicht betrachtet werden und warum, ist kompliziert. Zum einen besteht eine hohe Variabilität der Betrachtungsmuster zwischen den Probanden (die durch Persönlichkeitseigenschaften (Perlman et al., 2009) und Alter (Sullivan et al., 2007) teilweise erklärt werden können) sowie zwischen verschiedenen Gesichtern (Walker-Smith, Gale und Findlay, 1977). Zum anderen beeinflussen auch die komplexe und variable Struktur der Gesichter das Betrachtungsmuster, so wie die Tatsache, dass verschiedene Informationsklassen (wie z.B. Identität, Alter, Geschlecht, Emotion) von einem Gesicht vermittelt werden (Malcolm, Lanyon, Fugard und Barton, 2008). Letzterer Effekt lässt sich jedoch gezielt für die Untersuchung verwenden, so dass Betrachtungsmuster durch Veränderungen entweder vom Ziel der Betrachtung (z.B. Aufgabe) oder durch zur Verfügung stehende diagnostische Informationen (unterschiedliche Mimik der präsentierten Gesichter) beeinflusst werden (Malcolm, Lanyon, Fugard und Barton, 2008). In Abhängigkeit von diesen beiden Aspekten sind unterschiedliche Gesichtsregionen relevant (Gosselin und Schyns, 2001; Schyns et al., 2002; Smith, Cottrell, Gosselin und Schyns, 2005). Bei der Bewertung neutraler Gesichtsausdrücke wurde ein charakteristisches dreieckiges Betrachtungsmuster beschrieben (Groner et al., 1984; Mazurski und Bond, 1993; Walker-Smith, Gale und Findlay, 1977), mit

dem Großteil der Fixationen (70 %) auf Augen, danach folgen Mund und Nase (Walker-Smith, Gale und Findlay, 1977) (siehe dazu auch Kapitel 2.3).

Eine Reihe an Studien wurde durchgeführt, die die Emotionserkennung bei Patienten mit verschiedenen psychiatrischen Erkrankungen (Schizophrenie, Sozialer Phobie, Sozialer Angststörung, Generalisierter Angststörung, Depression und Autismus) (Garner et al., 2006; Horley et al., 2004; Mogg et al., 2000; Spezio et al., 2007; Williams et al., 2003) oder Gehirnläsionen (Adolphs, Gosselin, Buchanan, Tranel, Schyns und Damasio, 2005) während der Betrachtung emotionaler Gesichter untersucht hat. Eine ausführliche und systematische Beschreibung des Blickbewegungsverhaltens von gesunden Probanden fehlt jedoch bislang – es wird nur im Vergleich mit verschiedenen Patientengruppen oder bezüglich Alters-, Geschlechts- oder Persönlichkeits-Unterschieden indirekt dargestellt (Perlman, Morris, Vander Wyk, Green, Doyle und Pelfrey, 2009; Sullivan, Ruffman und Hutton, 2007; Vasallo et al., 2009). Da aber für die Evaluation verschiedener emotionaler Gesichtsausdrücke unterschiedliche Gesichtsmerkmale relevant sind (siehe dazu auch Kapitel 2.3), ist anzunehmen, dass Betrachtungsmuster in Abhängigkeit von der gezeigten (Basis-) Emotion bei der Aufgabe der Emotionserkennung variieren. Frühe Studien (mit gravierenden methodischen Mängeln) scheinen dies zu bestätigen: Kinder schauen demnach bei den Emotionen Freude, Trauer, Überraschung und Ekel am häufigsten auf den Mund und bei Wut und Angst auf die Augenbrauen (Sullivan und Kirkpatrick, 1996).

Eine neuere Studie hat explizit die verschiedenen Betrachtungsmuster der Betrachtung emotionaler Gesichtsausdrücke beim Menschen untersucht (Green, Williams und Davidson, 2003). So zeigten Green et al., dass Menschen bei der Betrachtung emotionaler Gesichter mehr auf die Kernmerkmale des Gesichts (Augen, Nase, Mund) im Vergleich zu den Nicht-Kernmerkmalen (Kinn, Stirn etc.) fokussierten, was mit dem beobachteten dreieckigen Betrachtungsmuster bei neutralen Gesichtern konsistent ist (Groner, Walder und Groner, 1984; Walker-Smith, Gale und Findlay, 1977). Dennoch führte die Betrachtung von Gesichtern, die Wut und Angst zeigten im Gegensatz zu nicht-bedrohlichen Emotionsausdrücken (Freude, Trauer, Neutral), zu einem distinkten Augenbewegungsmuster mit einer erhöhten Anzahl und Dauer an Fixationen auf den Kernmerkmalen in Kombination mit einem ausgeprägteren Scanning-Verhalten (größere räumliche Abstände

zwischen den Fixationen).¹³ Green interpretierte diese Befunde als gesteigerte Vigilanz bezogen auf sozial-bedrohliche Stimuli, die ein schnelleres adaptives Verhalten des Beobachters ermöglichen (Green, Williams und Davidson, 2003).

Leider vergleichen die Autoren nicht alle Betrachtungsmuster der präsentierten Emotionen miteinander, sondern untersuchen lediglich die bedrohlichen versus nicht-bedrohliche Emotionen. Ferner wurden für jede der vier gewählten Emotionskategorien (Angst, Wut, Trauer, Freude) und neutrale Bedingung nur ein Stimulus mit je einem männlichen und einem weiblichen Darsteller präsentiert. Die Emotionen Ekel und Überraschung wurden gar nicht gezeigt. Es lässt sich nicht ausschließen, dass die Befunde zumindest teilweise dadurch beeinflusst wurden, dass es nur zwei verschiedene Darsteller für alle Stimuli gab, die in pseudo-randomisierter Reihenfolge präsentiert wurden. Eine randomisierte Reihenfolge der Bildpräsentation mit mehr Stimuli von unterschiedlichen Darstellern wäre erstrebenswert. Ein weiteres methodisches Defizit der Studie existiert, da das Fixationskreuz vor jedem Stimulus zentral in der Bildschirmmitte eingeblendet wurde. Erste Fixationen zur Exploration des Bildes können dadurch verzerrt werden und den Blick des Probanden auf die Höhe der Augen- bzw. Nasenregion des Gesichts lenken und Fixationen im Mundbereich reduzieren. Hier wäre ein randomisiert auf dem Bildschirm gezeigtes Fixationskreuz sinnvoll. Als letzter Punkt soll angefügt werden, dass die Präsentationszeit der Stimuli von zehn Sek. sehr lang war. Wie in den Modellen zur Gesichtserkennung (siehe Kapitel 2.4) kann der faziale Emotionsausdruck bereits nach ca. 300 ms erkannt werden. Die Autoren hätten prüfen sollen, inwieweit sich ihre Ergebnisse verändern, wenn kürzere Betrachtungsintervalle analysiert werden.

Wie in diesem Abschnitt dargestellt, sind die Befunde zu emotionsspezifischen Augenbewegungsmustern rar bzw. weisen methodische Mängel auf und bedürfen der Replikation der Ergebnisse. Ferner steht die Untersuchung von Betrachtungsmustern bei Betrachtung aller sechs Basisemotionen bei expliziter Emotionskategorisierung aus.

¹³ Die Aufgabe bei der Betrachtung der emotionalen Gesichtsausdrücke bestand bei Green et al. darin, zu überlegen, wie sich die abgebildete Person vermutlich fühlt (Green, Williams und Davidson, 2003).

2.7.1 Augenbewegungen bei wiederholter Betrachtung emotionaler Gesichtsausdrücke

Wie im Kapitel 2.7 beschrieben, existieren wenige Studien, die Augenbewegungen bei der Betrachtung der verschiedenen Basisemotionen untersuchen. Dementsprechend ist die viel speziellere Frage nach Veränderungen der Augenbewegungen bei wiederholter Betrachtung emotionaler Gesichtsausdrücke von unbekanntem Personen bisher nicht analysiert worden.

Es ist bekannt, dass das Betrachten von bekannten und neuen Gesichtern zu unterschiedlichen Augenbewegungsmustern führt (Althoff und Cohen, 1999). Wie und wann jedoch diese Veränderungen in der Verarbeitung auftreten, war lange nicht bekannt. Eine Studie von Heisz und Shore allerdings widmet sich der Thematik vom Übergang von unbekanntem zu bekannten Gesichtern (Heisz und Shore, 2008). An vier aufeinander folgenden Tagen bekamen die Probanden unbekannte Gesichter gezeigt, die sie in Kombination mit einem präsentierten Namen lernen sollten, was in Recall-Aufgaben, am letzten Tag zusätzlich mit einer Wiedererkennensaufgabe, überprüft wird. Unabhängig davon, ob das Gesicht neu oder bekannt war, wurden die Augen länger und häufiger als jedes andere Gesichtsmerkmal betrachtet. Wenn das Gesicht jedoch bekannter wurde, machten die Probanden insgesamt weniger Fixationen in der Recall- und der Wiedererkennensaufgabe. Je häufiger die Probanden ein Gesicht sahen, umso mehr fixierten die Probanden die Augenregion und weniger auf Nase, Mund, Stirn, Kinn und Wangen. Diese Veränderungen im Scanning-Verhalten waren jedoch nur bei Recall-Aufgaben, nicht bei der Wiedererkennensaufgabe festzustellen.

Nach ein oder zwei Betrachtungen eines unbekanntem Gesichts zeigten sich allerdings noch keine Unterschiede in Augenbewegungsmustern – in Übereinstimmung mit Befunden von Henderson (Henderson et al., 2005). Die Studie von (Heisz und Shore, 2008) schildert eindrücklich, wie Augenbewegungsmuster durch die Anzahl der Betrachtungen verändert werden können. Wie sich dies bei emotionalen Gesichtsausdrücken verhält, gilt es herauszufinden.

2.7.2 Einfluss von Amygdalaläsion auf Augenbewegungen bei der Betrachtung emotionaler Gesichter

Einen interessanten Befund machten Adolphs et al. als sie zehn Jahre nach der erstmaligen Veröffentlichung über die bekannte Patientin S. M. weitere Studien bei der 38-jährigen Patientin durchführen, um sich das selektive Defizit der Erkennensleistung von Angst aus einem Gesicht näher zu erklären bzw. Mechanismen für dieses Defizit aufzudecken (Adolphs, Gosselin, Buchanan, Tranel, Schyns und Damasio, 2005). S.M. leidet unter der Urbach-Wiethe-Erkrankung, die angeboren ist und zu einer fast vollständigen Zerstörung der bilateralen Amygdala und minimalen Schäden im linken entorhinalen Kortex geführt hat.

In ihrer Arbeit weisen Adolphs et al. in einer Reihe von Experimenten nach, dass die Beeinträchtigungen in der Erkennung von Angst aus Gesichtern einer Unfähigkeit entstammt, normalen Gebrauch von Informationen aus der Augenregion des betrachteten Gesichts zu gewinnen, um weiter die gezeigte Emotion korrekt benennen zu können (Adolphs, Gosselin, Buchanan, Tranel, Schyns und Damasio, 2005). Dieser Defekt basiert darauf, dass S.M keine spontanen Fixationen während der freien Betrachtung auf die Augenregion machte. In einem Eyetracking-Experiment wurden S.M. und gesunden Kontrollprobanden Gesichter aus dem Ekman-Datensatz, die die sechs verschiedenen Basisemotionen zeigten, für jeweils fünf Sek. präsentiert und zwar unter drei verschiedenen Bedingungen: passives Betrachten (zweimal durchgeführt), Emotionserkennung (zweimal durchgeführt) und Geschlechts-Diskrimination (einmal durchgeführt). Gesunde Kontrollprobanden explorierten die Gesichter und fixierten dabei am häufigsten die Augen. S.M. zeigte demgegenüber ein abnormales Betrachtungsmuster: sie explorierte die Gesichter nicht und machte keine Fixationen in der Augenregion (siehe Abbildung 6).

Diese Beeinträchtigung war nicht nur bei Angst, sondern auch bei allen anderen Emotionen über die verschiedenen Betrachtungsbedingungen hinweg festzustellen. Abbildung 7 und Abbildung 8 bilden den Anteil an Fixationen auf der Augenregion über die Emotionen (Abbildung 7) und die verschiedenen Betrachtungsbedingungen (Abbildung 8) ab. Die Fixationen auf den Augen waren bei S.M. im Vergleich zu den Kontrollprobanden insgesamt signifikant weniger.

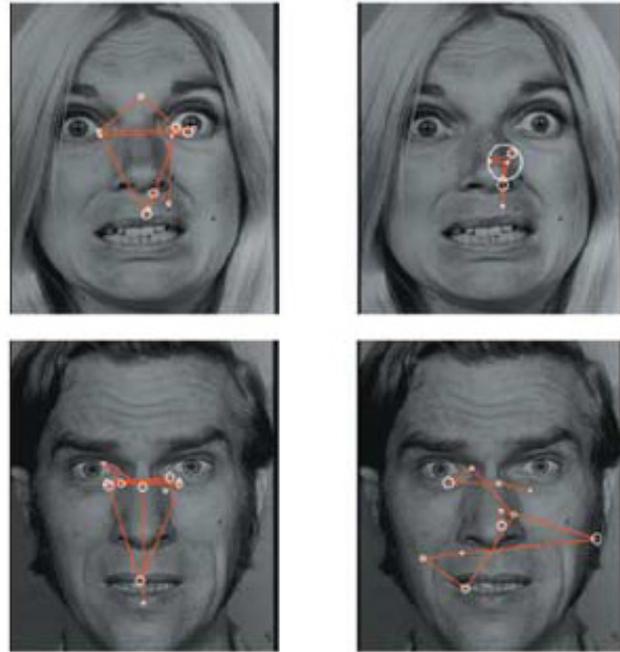


Abbildung 6: Augenbewegungen bei der Betrachtung angstvoller Gesichter von einer Patientin mit bilateraler Amygdalaläsion und eines gesunden Kontrollprobanden. Die Bilder auf der linken Seite zeigen die Augenbewegungen eines gesunden Kontrollprobanden, die auf der rechten Seite die der Patientin S.M.; entnommen aus Adolphs et al. (2005).

In einem Kontrollexperiment wurde überprüft, dass S.M.s abnormales Betrachtungsmuster nicht durch Cueing bestimmter Regionen während des Experiments resultierte. Vor jedem Gesicht wurde nämlich zentral ein Fixationskreuz eingeblendet, bei den meisten Stimuli auf Höhe der Nase. In einem zweiten Testlauf mit denselben Stimuli wurde das Fixationskreuz entweder ungefähr auf der Höhe des linken bzw. des rechten Auges eingeblendet. Auch bei diesem Durchgang waren S.M.s Fixationen im Bereich der Augen unterdurchschnittlich wenig und die Erkennensleistung von Angst beeinträchtigt.

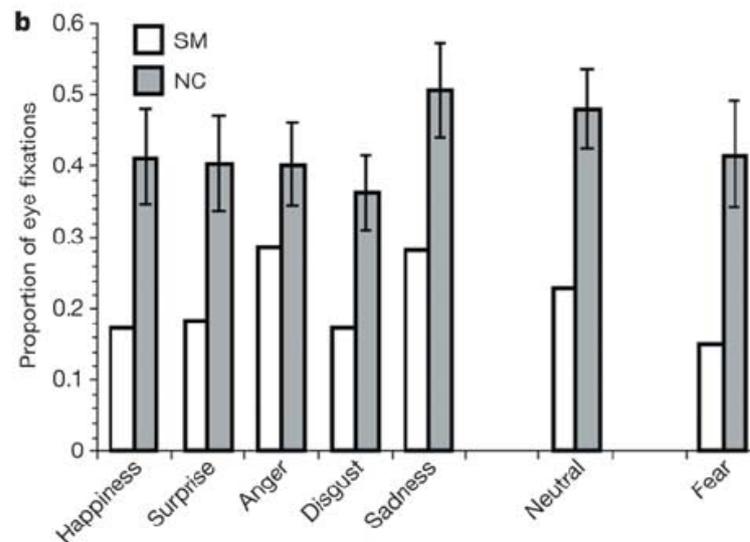


Abbildung 7: Proportionaler Fixationsanteil von Patientin S.M. und Kontrollprobanden auf der Augenregion von Gesichtern bei der Betrachtung unterschiedlicher Emotionsausdrücke. Fixationen von S.M. (weiße Balken) und gesunden Kontrollprobanden (graue Balken) samt Standardabweichung, entnommen aus Adolphs et al. (2005).

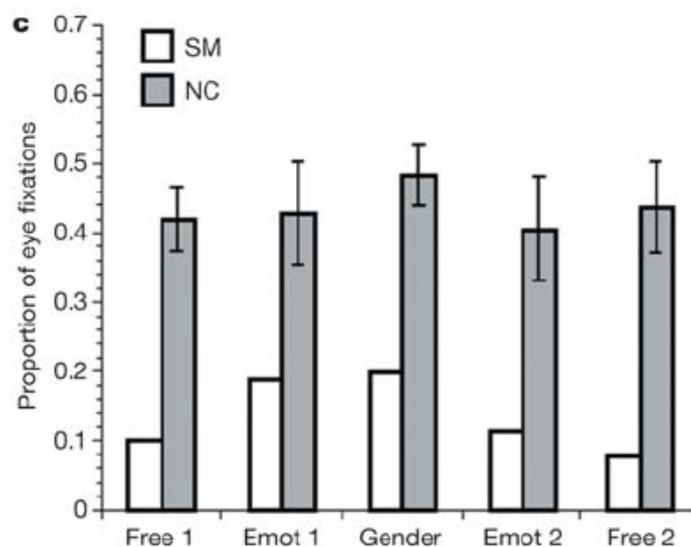


Abbildung 8: Prozentualer Fixationsanteil bei der Betrachtung von angstvollen Gesichtern unter fünf verschiedenen Betrachtungsbedingungen von Patientin S.M. und Kontrollprobanden. Free = passives Betrachten; Emot = Emotionserkennung; entnommen aus Adolphs et al. (2005).

Die Autoren interpretieren die Beeinträchtigung in der Erkennung von Angst damit, dass S.M. unfähig ist, diagnostische Informationen aus der Augenregion zu verwenden, was besonders bei Angst die zentrale Region für die Erkennung darstellt (Adolphs, Gosselin, Buchanan, Tranel, Schyns und Damasio, 2005).

S.M. verfügt über keinen Mechanismus, der entscheidet, welche Region eines Gesichts bevorzugt zu explorieren ist, um die gezeigte Emotion zu erkennen (Adolphs, 2007). Diese Unfähigkeit steht in Zusammenhang mit den fehlenden spontanen Fixationen auf der Augenregion. Die Autoren schlussfolgerten weiter, dass eine Manipulation des Betrachtungsmusters, ihre Fähigkeit der Emotionserkennung beeinflussen könnte. In einem weiteren Experiment wurde die Patientin explizit gebeten, bei der Emotionserkennung auch auf die Augen des präsentierten Gesichts zu schauen. Dies resultierte in einer vorübergehend normalen Erkennungsleistung bei angstvollen Gesichtern. Dieses Ergebnis zeigte sich auch bei wiederholten Testung, jedoch musste an die Instruktion, dass die Augen auch angeschaut werden sollten, immer wieder erinnert werden, sonst fiel S.M. in ihr gewohntes Verhalten zurück.

Die Studie stellt einen großen Wegweiser in der Untersuchung von Ursachen für defizitäre Emotionserkennung dar und zeigt auf, dass es Maßnahmen zur Rehabilitation von beeinträchtigter Emotionserkennung geben kann. Ferner hilft sie, die Rolle der Amygdala bei der Emotionserkennung näher zu konkretisieren. So passt der Befund mit Studien überein, die belegen, dass die Amygdala auf die Verarbeitung von Informationen aus der Augenregion eines Gesichts spezialisiert ist (Adams et al., 2003; Kawashima et al., 1999; Morris, de Bonis und Dolan, 2002). Eine solche funktionale Spezialisierung könnte die Rolle der Amygdala bei der Verarbeitung von Angst, Bedrohung und mit Rückzugs-Verhalten-assoziierten Emotionen erklären (siehe dazu auch Kapitel 2.6.1).

Der Beantwortung der Frage, wie sich die Befunde von Fotografien emotionaler Gesichtsausdrücke auf die reale Welt übertragen lassen, sind Spezio et al. nachgegangen (Spezio, Huang, Castelli und Adolphs, 2007). Auch sie haben die bereits vorgestellte Patientin S.M. mit bilateraler Amygdalaläsion (Adolphs, Gosselin, Buchanan, Tranel, Schyns und Damasio, 2005) in verschiedenen Experimenten getestet, um die Hypothese zu prüfen, ob die Amygdala eine elementare Rolle bei der Kontrolle des Blickkontakts während der Konversationen mit einer anderen Person spielt. Die Autoren zeigten, dass S.M. während des Gesprächs das Gesicht ihres Gegenübers betrachtete, dabei jedoch ein ungewöhnliches Verhalten im Vergleich mit gesunden Kontrollen zeigte: die Patientin nahm fast keinen Blickkontakt auf, d.h. sie schaute ihrem Gegenüber nicht in die Augen. Ihre Blicke richteten sich fast ausschließlich auf den Mund des Gesprächspartners, wie in Abbildung 9 ersichtlich.

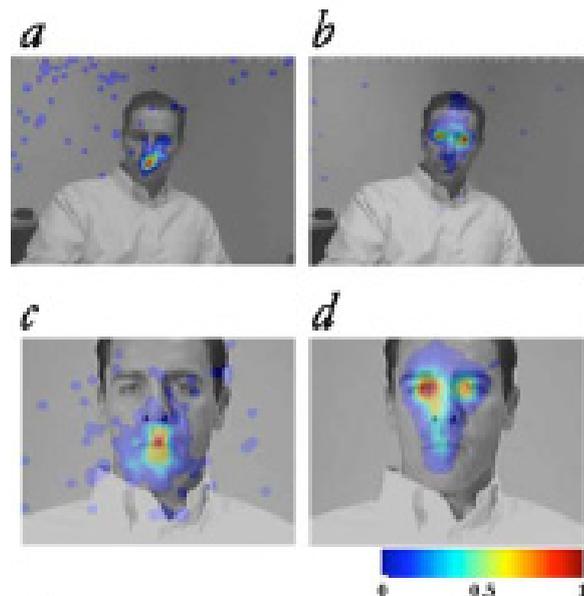


Abbildung 9: Fixationen der Patientin S.M. und eines Kontrollprobanden in Gesprächssituationen. Linke Seite: Fixationen der Patientin S.M.; rechte Seite: Fixationen eines Kontrollprobanden während des Gesprächs (a) und (b) bzw. während eines live Gesprächs per Video (c) und (d). Die farbliche Darstellung kodiert die normalisierte Anzahl an Fixationen; entnommen aus Spezio, Huan, Castelli und Adolphs (2007).

Das Betrachtungsverhalten während sozialer Interaktion war ähnlich dem der Betrachtung von fotografischen Emotionsausdrücken, da S.M. kaum Fixationen auf die Augenregion richtete. Dennoch gab es einen gravierenden Unterschied: bei der Bildbetrachtung fokussierte S.M. auf die Mitte des Gesichts, während sie im Gespräch den Mund des Gegenübers betrachtete. Diesen Unterschied erklären die Autoren mit der Funktion der Amygdala, bei der top-down gerichteten visuellen Aufmerksamkeit bei der Betrachtung von Gesichtern und anderen sozialen Stimuli (Spezio, Huang, Castelli und Adolphs, 2007). Das Fehlen der Amygdala könnte dazu führen, dass die top-down-Kontrolle fehlt, so dass die Aufmerksamkeit durch visuelle low-level Reize geleitet wird (Peters et al., 2005). In statischen Fotografien, so die Autoren, ist der unbewegte Mund ein weniger salienter low-level Reiz im Vergleich mit den Augen. Dies verändert sich jedoch drastisch in realer sozialer Interaktion, bei der der Mund durch Bewegung und Klang einen visuell hoch salienten Reiz darstellt, der Aufmerksamkeit auf sich zieht.

Die beiden Studien zeigen deutlich, dass eine Amygdalaläsion Augenbewegungen beeinflusst und dass die fehlenden Fixationen auf der Augenregion des Gegenübers die Ursache für das beeinträchtigte Erkennen der Emotion Angst sind. Adolphs et al. zeigen zwar, dass S.M. bei allen Basisemotionen die Augenregion bei der Betrachtung ausspart, jedoch weist

S.M. ein selektives Defizit bei der Erkennung von Angst auf (Adolphs, Gosselin, Buchanan, Tranel, Schyns und Damasio, 2005). Wie sehen jedoch die Betrachtungsmuster von Patienten aus, die andere negative Emotionen, wie Wut, Ekel, Trauer nicht erkennen können (Adolphs, 1999; Adolphs und Tranel, 1999; Calder, Young, Perrett, Etcoff und Rowland, 1996; Graham, Devinsky und Labar, 2007; Meletti, Benuzzi, Cantalupo, Rubboli, Tassinari und Nichelli, 2009; Sato, Kubota, Okada, Murai, Yoshikawa und Sengoku, 2002; Schmolck und Squire, 2001)? Ist auch hier die Ursache in den Augenbewegungen zu finden? Und wie verhält sich dies bei Patienten mit akuten unilateralen Amygdalaläsionen? Diese Fragen sollen mit der vorliegenden Arbeit untersucht werden.

2.8 Zusammenfassung der Befunde

Das Erkennen von Emotionen anhand der Gesichtsmimik stellt eine besondere und wichtige Fähigkeit der nonverbalen Kommunikation dar. Diese Fähigkeit kann aufgrund verschiedener Erkrankungen oder spezifischer Gehirnläsionen beeinträchtigt sein (z.B. bei Schizophrenie, Autismus oder nach Amygdalaläsion). Zur Untersuchung der Beeinträchtigung der fazialen Emotionserkennung, ist es unerlässlich, die Ebene des Defizits genau zu definieren: zeigt der Patient bereits Beeinträchtigungen auf der Ebene der visuellen Wahrnehmung oder erst auf der Stufe der Emotionserkennung, welche durch Assoziation von Wissen relativ komplex gestaltet ist? Das Modell der Gesichtsverarbeitung von Haxby, Hoffman und Gobbini illustriert die Komplexität der verschiedenen Prozesse, ausgehend von der visuellen Wahrnehmung bis hin zur Verarbeitung von veränderbaren und invarianten Gesichtsmerkmalen (Haxby und Gobbini, 2007; Haxby, Hoffman und Gobbini, 2002).

Ein menschliches Gesicht setzt sich aus denselben Komponenten zusammen: Augen, Nase, Mund, Kinn, Stirn, Wangen etc. Relative Veränderungen dieser Komponenten erlauben es, empfundene Emotion für ein Gegenüber erkennbar zu machen. In der Wissenschaft werden so genannte Basisemotionen des fazialen Emotionsausdrucks definiert, die über Geschlecht und Kulturen hinweg universal gezeigt und erkannt werden (Ekman, 1973). Zu diesen Basisemotionen zählen nach Ekman Angst, Ekel, Wut, Trauer, Überraschung und Freude (1973).

Die Arbeit von Smith, Cottrell, Gosselin und Schyns (2005) berichtet, dass unterschiedliche Komponenten eines Gesichts für die Erkennung der fazialen Emotionen relevant sind. So ist beispielsweise der Mund für das Erkennen von Freude der wichtigste Indikator, während Angst durch die weit aufgerissenen Augen am besten erkannt wird. Trotz dieses Wissens, gibt es keine der Autorin bekannte Studie, die untersucht, inwieweit die Betrachtung unterschiedlicher Basisemotionen zu verschiedenen Augenbewegungs-Mustern führt. Bislang ist nachgewiesen worden, dass bei der Betrachtung neutraler Gesichter ein typisches dreieckiges Betrachtungsmuster mit 70 % der Fixationen auf Augen, gefolgt von Fixationen auf Nase und schließlich auf dem Mund charakteristisch ist (Groner, Walder und Groner, 1984; Walker-Smith, Gale und Findlay, 1977). Inwieweit Emotionen Variationen dieses dreieckigen Betrachtungsmusters hervorrufen, ist nicht analysiert. Lediglich Green, Williams und Davidson (2003) zeigten im Vergleich von bedrohlichen mit nicht-bedrohlichen Gesichtern, dass Emotionen signifikante Unterschiede bei der Betrachtung bewirken können. Dies wirft die Frage auf, ob nicht nur im Vergleich von Emotions-Gruppen (bedrohlich vs. nicht-bedrohlich), sondern bereits auf der Ebene der einzelnen Basisemotion emotionsspezifische Betrachtungsmuster existieren. Ferner wäre es wissenschaftlich interessant zu untersuchen, ob diese Betrachtungsmuster zeitstabil sind und sich bei wiederholter Betrachtung derselben Stimuli in ähnlicher Gestalt finden lassen. Diese Fragen sollen durch die Studien zwei und drei beantwortet werden.

Die Amygdala ist mit einer Vielzahl an kortikalen wie auch subkortikalen Strukturen verbunden und zeigt sich zweifelsfrei wesentlich an der fazialen Emotionserkennung beteiligt (Adolphs, Tranel, Damasio und Damasio, 1994; Breiter, Etcoff, Whalen, Kennedy, Rauch, Buckner, Strauss, Hyman und Rosen, 1996; Calder, Young, Perrett, Etcoff und Rowland, 1996; Morris, Frith, Perrett, Rowland, Young, Calder und Dolan, 1996; Vuilleumier, Richardson, Armony, Driver und Dolan, 2004). Dabei ist sie nicht nur bei der Verarbeitung angstvoller Gesichtsausdrücke involviert, sondern auch bei der anderer Basisemotionen (Fitzgerald, Angstadt, Jelsone, Nathan und Phan, 2006; van der Gaag, Minderaa und Keysers, 2007) und scheint den Aufmerksamkeitsfokus auf saliente Reize zu lenken (Adolphs, 2007; Adolphs, 2008; Whalen, 1999). Adolphs nimmt an, dass die Amygdala bereits die Wahrnehmung eines emotionalen Gesichtsausdrucks beeinflusst, da bei einer Patientin mit Amygdalaläsion mittels Eyetracking festgestellt wurde, dass diese die Augenregionen emotionaler Gesichter nicht fixierte (Adolphs, Gosselin, Buchanan, Tranel, Schyns und Damasio, 2005). Diese Feststellung bietet eine

plausible Erklärung dafür, warum die Patientin Defizite in der Emotionserkennung, besonders von angstvollen Gesichtern, aufweist: die Augenregion von Gesichtern liefert wertvolle Informationen zur Emotionsklassifizierung und ist bei der Angst-Erkennung das relevanteste Merkmal (Adolphs, Gosselin, Buchanan, Tranel, Schyns und Damasio, 2005).

Solche Defizite bei der fazialen Emotionserkennung sind bei Patienten mit (bilateraler) Amygdalaläsion bekannt. Zahlreiche Studien belegen Beeinträchtigungen in der Erkennung von Angst, aber auch von anderen negativen Emotionen, wie Wut, Ekel oder Trauer (Adolphs, 1999; Adolphs, Tranel, Damasio und Damasio, 1995; Adolphs, Tranel, Hamann, Young, Calder, Phelps, Anderson, Lee und Damasio, 1999; Anderson und Phelps, 2000; Anderson, Spencer, Fulbright und Phelps, 2000; Broks, Young, Maratos, Coffey, Calder, Isaac, Mayes, Hodges, Montaldi, Cezayirli, Roberts und Hadley, 1998; Calder, Young, Perrett, Etcoff und Rowland, 1996; Graham, Devinsky und Labar, 2007; Meletti, Benuzzi, Cantalupo, Rubboli, Tassinari und Nichelli, 2009; Sato, Kubota, Okada, Murai, Yoshikawa und Sengoku, 2002; Schmolck und Squire, 2001; Siebert, Markowitsch und Bartel, 2003; Sprengelmeyer, Young, Schroeder, Grossenbacher, Federlein, Buttner und Przuntek, 1999; Young, Aggleton, Hellawell, Johnson, Broks und Hanley, 1995). Jedoch kann der Mechanismus der fehlerhaften Erkennung bzw. die Rolle der Amygdala in diesem Prozess nicht eindeutig benannt werden - die soeben zitierte Studie von Adolphs liefert erstmalig eine mögliche Erklärung für das Zustandekommen der beeinträchtigten Angst-Erkennung (Adolphs, Gosselin, Buchanan, Tranel, Schyns und Damasio, 2005).

Wie lassen sich aber Befunde von beeinträchtigter Emotionserkennung anderer Basisemotionen begründen? Liegt auch hier die Ursache in inadäquater Exploration des betrachteten Gesichts? Und wie verändern Augenbewegungen im Vergleich mit fixierter Betrachtung die neuronale Verarbeitung von (emotionalen) Gesichtern überhaupt? Diese Fragestellungen sollen in Studien eins und drei dieser Arbeit näher untersucht werden.

Die drei im Folgenden beschriebenen Studien wurden am Universitätsklinikum Bonn im Zeitraum von April 2007 bis Oktober 2009 durchgeführt. Für jede der Studien liegt eine Zustimmung von der Ethikkommission der Medizinischen Fakultät vor.

3 Eigene empirische Studien

3.1 Studie eins: Neuronale und psychophysiologische Korrelate der impliziten Emotionserkennung bei Gesunden

3.1.1 Herleitung der Fragestellung und Hypothesen

Die Betrachtung eines menschlichen Gesichts vermittelt neben der Identifizierung der Person weitere soziale Informationen. So kann auch der emotionale Zustand einer Person mittels Mimik kommuniziert werden.

Die geplante Studie untersucht wie gesunde Probanden Gesichtsausdrücke betrachten und welche neuronalen Korrelate dieser Betrachtung zugrunde liegen.

Ein Ziel der Studie ist die Prüfung der grundlegenden Fragestellung, ob Augenbewegungen überhaupt notwendig sind, damit ein Gesicht und dessen Ausdruck vom Betrachter erfasst werden können. Zu diesem Zweck wurde ein Design entwickelt, bei dem Probanden verschiedene Gesichtsausdrücke präsentiert bekommen und diese mittels zweier Betrachtungsmodi anschauen sollen: (a) freie Exploration des Stimulus versus (b) Fixation auf ein Fadenkreuz, das über den Stimulus in der Bildmitte gelegt wird. Die Emotionserkennung erfolgt dabei implizit, primäre Aufgabe der Probanden bei dieser Bedingung ist es, das Geschlecht des betrachteten Gesichts anzugeben.

In der Analyse der funktionellen Daten liegt der Fokus zum einen auf der Verarbeitung von Gesichtern im Vergleich mit einer Kontrollbedingung in bekannten Regionen der Gesichtsverarbeitung (Gyrus fusiformis, inferiorer okzipitaler Gyrus, superiorer temporaler Gyrus bzw. Sulkus (STG/ STS), Amygdala und Insula). Zum anderen sollen Aktivierungen auf emotionale im Vergleich mit neutralen Gesichtsausdrücken in für die faziale Emotionserkennung relevanten Strukturen (Amygdala, Insula, ventromedialer präfrontaler Kortex (vmPFC), Gyrus fusiformis) untersucht werden. Auch emotionsspezifische Vergleiche sollen in Bezug auf die gerade genannten Regionen vorgenommen werden.

Die Aktivierung der Amygdala auf die Gesichtsausdrücke soll im Speziellen betrachtet werden, da in Studie drei die (emotionale) Gesichtsverarbeitung bei Patienten mit Amygdalaläsion untersucht werden soll. Für ein besseres Verständnis der Patientendaten sind weitere Hinweise über die Reaktion der Amygdala auf verschiedene Gesichtsausdrücke unter verschiedenen Betrachtungsmodi bei Gesunden bedeutungsvoll. Ferner ist die Rolle der Amygdala bei der Emotionsverarbeitung umstritten (siehe dazu auch Kapitel 2.6.1): reagiert die Amygdala eher valenzspezifisch, d.h. unterschiedlich auf positive und negative Stimuli (Fitzgerald, Angstadt, Jelsone, Nathan und Phan, 2006; Johnson, 2005; Pegna, Khateb, Lazeyras und Seghier, 2005; van der Gaag, Minderaa und Keysers, 2007) oder detektiert sie vielmehr die Salienz eines Stimulus, d.h. ein aus dem Kontext herausstechendes Merkmal mit besonderem Informationsgehalt (z.B. Adolphs (2007), Whalen (1999))?

Basierend auf der grundlegenden Annahme, dass der Fixationsort mit Aufmerksamkeit korreliert, erlaubt die Aufzeichnung von Augenbewegungen ein effizientes Maß für die Analyse visueller Wahrnehmung. Es existieren einige Patienten-Studien, die Augenbewegungen bei emotionaler Gesichtsbetrachtung untersucht haben, jedoch wurde dabei immer nur der Vergleich mit Gesunden beschrieben, und nicht das Betrachtungsmuster eines Gesunden bei emotionaler Gesichtsbetrachtung an sich analysiert (Garner, Mogg und Bradley, 2006; Horley, Williams, Gonsalvez und Gordon, 2004; Mogg, Millar und Bradley, 2000; Spezio et al., 2007; Williams, Loughland, Green, Harris und Gordon, 2003). Für neutrale Gesichtsausdrücke wurde bereits ein charakteristisches dreieckiges Betrachtungsmuster gefunden (Groner, Walder und Groner, 1984; Mazurski und Bond, 1993; Walker-Smith, Gale und Findlay, 1977). Da aber für die Evaluation verschiedener Gesichtsausdrücke unterschiedliche Gesichtsmerkmale relevant sind (Smith, Cottrell, Gosselin und Schyns, 2005), ist anzunehmen, dass Betrachtungsmuster in Abhängigkeit von der gezeigten Emotion variieren. Diese Frage wurde bei Gesunden bislang nur unzureichend untersucht. So wurde gezeigt, dass Menschen bei der Betrachtung ängstlicher und wütender Gesichter im Vergleich zu nicht-bedrohlichen Emotionen häufiger und länger auf Augen und Mund fixieren und größere Distanzen zwischen den Fixationen liegen (Green, Williams & Davidson, 2003). Als ein weiteres Ziel dieser Studie soll daher die Analyse der Augenbewegungen von Gesunden bei Betrachtung spezifischer emotionaler Gesichtsausdrücke in Abhängigkeit von den drei so genannten Areas of Interest (AOI) (Augenregion, Nase und Mund) im Zentrum stehen. Vor diesem Hintergrund sollen folgende Hypothesen geprüft werden:

Hypothesen

- 1a. Die Betrachtung von Gesichtern führt im Vergleich zur Kontrollbedingung zu signifikanten Aktivierungen in Regionen des „core“ und „extended system“ der Gesichtsverarbeitung (Gobbini und Haxby, 2007) (siehe Kapitel 2.4). Dazu zählen der inferiore okzipitale Gyrus, der superiore temporale Gyrus und Sulkus, der Gyrus fusiformis (FFA), die Insula und die Amygdala. Besonders die Amygdala soll in diesem Kontrast näher untersucht werden.
- 1b. Im Vergleich mit der Kontrollbedingung führt die explorative Betrachtung von Gesichtern (Explorationsbedingung) zu stärkeren Aktivierungen in den unter Hypothese eins a) genannten Arealen als unter fixierter Betrachtung (Fixationsbedingung).
2. Die Betrachtung von emotionalen Gesichtern führt im Vergleich mit neutralen Gesichtern zu stärkeren Aktivierungen in Arealen, die für die faziale Emotionserkennung relevant sind (Amygdala, Insula, ventromedialer präfrontaler Kortex (vmPFC), Gyrus fusiformis (FFA); siehe dazu auch Kapitel 2.6). Diese Hypothese soll auch in Abhängigkeit von den beiden Betrachtungsmodi geprüft werden.
3. Die verschiedenen Emotionen (Angst, Ekel, Freude) führen zu unterschiedlichen Aktivierungen in den unter Hypothese zwei genannten Arealen und sollen auch in Abhängigkeit vom Betrachtungsmodus untersucht werden.
4. Es gibt Unterschiede hinsichtlich der Augenbewegungen zwischen emotionalen und neutralen Gesichtern sowie emotionsspezifische Effekte, die sich besonders unter Einbeziehung der drei AOI zeigen.

3.1.2 Methode

3.1.2.1 Rekrutierung

Die Rekrutierung der Probanden erfolgte zum einen spezifisch nach Ein- bzw. Ausschlusskriterien über die Auswahl aus der Probanden-Datenbank der Abteilung Medizinische Psychologie des Universitätsklinikums Bonn, in welcher Studienteilnehmer anderer Studien bzw. Interessenten enthalten sind, die ihre Einwilligung zur Aufnahme in die Datenbank schriftlich bestätigt haben. Die potentiellen Probanden wurden telefonisch kontaktiert.

Als zweite Rekrutierungsmaßnahme wurden die Fachschaften der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn über die Studie in Kenntnis gesetzt mit der Bitte, dies über ihren jeweiligen Email-Verteiler weiter zu geben. Interessenten sollten sich telefonisch oder per Email melden.

Einschlusskriterien

- Alter zwischen 18 und 30 Jahren
- rechtswirksame, schriftliche Einverständniserklärung des Probanden zur Teilnahme an der Studie
- anamnestischer Ausschluss internistischer, neurologischer und psychiatrischer Erkrankungen
- Rechtshändigkeit

Ausschlusskriterien

- (frühere) psychiatrische Erkrankungen
- Therapie mit Psychopharmaka
- umschriebene hirnorganische Erkrankung
- Störungen des Augenbewegungsapparates (bes. Hornhautverkrümmung)
- hohe Werte auf Depressionsskala (BDI)
- fehlende Compliance
- Teilnahme an einer Studie der Abteilung Medizinische Psychologie, in der Emotionsverarbeitung untersucht wurde
- Störungen des Hormonhaushaltes
- Vorliegen einer primären Klaustrophobie
- Schwangerschaft
- Mangelnde Kenntnisse der deutschen Sprache
- Sonstige Kontraindikationen für die Durchführung einer MRT (wie metallische oder elektronische Implantate, metallische Splitter, Operationsklammern und Intrauterinpressare)

Telefonisch wurde mit jedem Studieninteressenten ein 20-minütiges Interview durchgeführt (siehe Anhang 6.1.1). In diesem wurden die Ein- und

Ausschlusskriterien zur Studienteilnahme besprochen. Dabei ging es besonders um die Prüfung der MRT- und Eyetracker-Tauglichkeit.

Wenn ein Proband die Einschlusskriterien erfüllte, wurde ein Termin zur Testung vereinbart. Dem Probanden wurden zudem per Email eine Terminbestätigung, die Wegbeschreibung sowie Kontaktdaten für den Fall mitgesendet, dass er die Teilnahme kurzfristig absagen muss.

3.1.2.2 Stichprobe

Insgesamt wurden für die Studie 24 Probanden im Magnetresonanztomographen gemessen (siehe dazu auch Kapitel 3.1.2.3). Alle Probanden hatten das Abitur und befanden sich zum Testzeitpunkt in Ausbildung oder Studium bzw. hatten diese/ dieses abgeschlossen. Schon während der Datenerhebung wurde bei einigen Probanden ersichtlich, dass die konsequente Einhaltung der Instruktionen Probleme bereitete. Eine Analyse der Eyetracking-Daten bestätigte dies für sieben Probanden, die von der weiteren Analyse ausgeschlossen wurden. So wurden die Daten von 13 Frauen und vier Männern ausgewertet, die ein durchschnittliches Alter von 23.59 Jahren hatten ($SD = 2.69$ Jahre, *Spanne 19 bis 28 Jahre*).

Jedem Probanden wurde eine Aufwandsentschädigung von 15 € pro Stunde gezahlt. Da im Rahmen der Erhebung dieser Studie noch ein zweites fMRT-Paradigma gemessen wurde, erhielten die Probanden für ihre drei-stündige Teilnahme insgesamt 45 € per Überweisung durch die Klinikverwaltung.

3.1.2.3 Stimulusmaterial und Apparate

In der Studie wurden folgende Geräte verwendet: Ein Magnetresonanztomograph zur Messung der neuronalen Aktivierung, eine Eyetracking-Kamera zur Erfassung der Augenbewegungen, ein Laptop zur Erhebung psychologischer Daten sowie ein Desktop-PC zur Stimulation und zur Speicherung der behavioralen Antworten des Probanden.

Bei dem fMRT-Scanner handelte es sich um einen 3 Tesla Trio Scanner (Siemens, Erlangen), der mit einem handelsüblichen PC, dem Stimulationsrechner verbunden war. Das Stimulationsparadigma wurde mittels der Software Presentation in der Version 10.3 (Neurobehavioral Systems, Albany, CA, USA) erstellt und präsentiert. Die Probanden sahen die Stimulation

über eine binokulare Videobrille (Nordic Neuro Lab, Bergen, Norwegen) in einer Auflösung von 800 x 600 Pixeln (Screen Information: 30 x 22.5 Grad field of view; 12 x 9 mm aktiver Display (entspricht einem Feld von 47.78 x 35.84 cm und einem Abstand von 1 m). In der rechten Brille, d.h. monokular, war die Eyetracking-Kamera (Arington-Research, Scottsdale, AZ, USA) eingebaut, die die Augenbewegungen des Probanden mit 60 Hz aufzeichnete. Die Aufzeichnungssoftware iView X stammte von SMI (Senso Motoric Instruments, Teltow, Deutschland) und wurde durch Presentation synchronisiert. Presentation wiederum erhielt die Triggerpulse vom Hirnscanner, um eine zeitliche Synchronisierung zu gewährleisten.

Die vom Probanden gegebenen Antworten wurden durch Tastendruck an zwei MRT-kompatiblen Antwortgriffen (ebenfalls von Nordic Neuro Lab, Bergen, Norwegen) abgegeben. Presentation zeichnete diese Antworten, die jeweilige Reaktionszeit sowie die Abfolge der Stimuli auf.

Verschiedene psychologische Fragebögen zur Persönlichkeit sowie ein Test zur Erfassung der expliziten Emotionserkennung wurden eingesetzt: BDI, PANAS, ERQ, STAI-S, TAS-20 und FEEL-Test (Fragebögen siehe Anhang 6.4).

3.1.2.4 Versuchsablauf

Die Interessenten, die die Einschlusskriterien der Studie erfüllten, wurden einzeln zu einem Termin in die Räume der Life & Brain GmbH in Bonn eingeladen. Dort wurden sie mündlich wie auch schriftlich über Studienablauf und -ziele informiert (Anhang 6.1.2) und es gab für sie die Möglichkeit Fragen zu stellen.

Bei der Aufklärung zur Studie wurde nicht explizit erwähnt, dass es sich um Gesichter mit unterschiedlich emotionalem Ausdruck handelt. Da die Probanden diesbezüglich naiv sein sollten, wurde allgemein erklärt, dass das Ziel die Untersuchung der Augenbewegung bei Gesichtsbetrachtung sei.

Demographische Daten, Händigkeit sowie die Ein- und Ausschlusskriterien und die Voraussetzungen zur Teilnahme an einer MRT-Messung wurden erneut abgefragt und protokolliert (Anhang 6.1.5). Mit ihrer Unterschrift bestätigten die Probanden ihre Angaben in der Probandenaufklärung. Danach wurden Einverständniserklärungen des Probanden zur Teilnahme an der MRT-Messung (Anhang 6.1.3), einer psychologischen Fragebogenuntersuchung sowie der Datenspeicherung in der Probandendatenbank der Abteilung für

Medizinische Psychologie eingeholt (Anhang 6.1.4). Die Speicherung in der Datenbank erfolgt zum Zweck weiterer Rekrutierung, ist optional und kann jederzeit ohne Angabe von Gründen widerrufen werden. Schließlich wurde in einem weiteren Dokument die Bankverbindung des Probanden notiert um die Aufwandsentschädigung überweisen zu können (Anhang 6.1.6).

Vor der eigentlichen Messung des fMRT-Paradigmas wurde der Ablauf des Experiments in einem PC-basierten Training außerhalb des Scanners erklärt und geübt. Dabei sollte ein Niveau von mind. 80 % korrekter Antworten erreicht werden, um spätere Lerneffekte in der eigentlichen Messung auszuschließen. Außerdem erfolgte die Instruktion dadurch standardisiert. Selbstverständlich war es den Probanden möglich, Rückfragen zur Aufgabe zu stellen.

Zur Vorbereitung auf die fMRT-Messung wurde der Proband nach Abschluss des Trainings gebeten, die Kleidung und den Körper auf magnetische und magnetisch suszeptible Gegenstände zu untersuchen. Danach wurde der Proband in den MRT-Raum geführt. Dort wurde er unter Aufsicht von zwei Mitarbeitern mit einem Gehörschutz versorgt.

Nachdem sich der Proband auf die Scannerliege gelegt hatte, wurde der Kopf fixiert, um Bewegungsartefakte in den MRT- und Eyetrackingdaten zu reduzieren. Dann wurde die Videobrille eingestellt, so dass der Proband eine scharfe Sicht hatte (leichte Kurz- oder Weitsichtigkeit kann mittels Einstellung der Brille korrigiert werden) und das rechte Auge von der Eyetracking-Kamera gut erfasst werden konnte. Danach wurde dem Probanden der Antwortgriff auf den Bauch gelegt, um mit der rechten Hand seine Antworten per Tastendruck abgeben zu können. Zum Abschluss wurde der Alarmknopf in Reichweite des Probanden positioniert, so dass er während der Messung bei Problemen auf sich aufmerksam machen konnte.

Nach dieser etwa 15-minütigen Vorbereitung erfolgten dann zwei Vormessungen des Scanners. Danach wurden die Instruktionen des Experiments noch einmal wiederholt. Vor dem Start des Gesichter-Paradigmas wurde eine Neun-Punkt-Kalibrierung des Eyetrackers durchgeführt, um die Ausrichtung der Kamera und Schärfeeinstellung vorzunehmen. Zu diesem Zweck wurde eine Autosequenz über die Präsentationssoftware Presentation, bei der nacheinander neun Punkte an verschiedenen Orten auf dem Bildschirm angezeigt werden, durchgeführt. Der Proband sollte diese Punkte mit den Augen fixieren (Zur Erhöhung der Kalibrierungsvalidität fand während des Experiments eine Adjustierung der Kalibrierung statt: Die zwischen den Stimuli gezeigten zentralen Fixationskreuze wurden als Adjustierungspunkte

verwendet, d.h. bei einer im Vergleich zur Neun-Punkt-Kalibrierung gemessenen Verschiebung wird der Mittelpunkt der Kalibrierung in die Bildschirmmitte zurückberechnet).

Nach dem Gesichter-Experiment erfolgte die Messung eines weiteren Paradigmas, an welches die strukturelle Messung angeschlossen wurde. Das zusätzlich durchgeführte Paradigma ist kein Bestandteil der vorliegenden Arbeit und wird aus diesem Grund im Folgenden keine besondere Erwähnung finden. Der genaue Ablauf samt Anmerkungen zur Messung etc. wurde auf Protokollbögen notiert. Der Proband verbrachte insgesamt etwa eine Stunde im Scanner.

Nach erfolgreicher Messung wurde der Proband aus dem MRT-Raum geführt und nach Eindrücken zur Messung gefragt. Nach einer kurzen Pause wurden dann an einem Laptop in einem Nebenraum verschiedene Fragebögen ausgefüllt (Fragebögen siehe Kapitel 3.1.2.7), was zwischen 30 und 45 Min. in Anspruch nahm.

Abschließend wurde dem Probanden für seine zwei- bis drei-stündige Teilnahme gedankt und die strukturelle Aufnahme des Gehirns auf CD-Rom überreicht. Die Aufwandsentschädigung wurde am nächsten Tag über die Klinikverwaltung in Auftrag gegeben.

3.1.2.5 Paradigma

Als Gesichtsstimuli wurden Bilder aus dem Set von *The Karolinska Directed Emotional Faces (KDEF)* gewählt (Lundqvist, D., Flykt, A. & Ohman, A. Karolinska Directed Emotional Faces, Department of Neurosciences, Karolinska Hospital, Stockholm, Sweden, 1998). Dieses Set enthält insgesamt 4900 Bilder von menschlichen Gesichtsausdrücken. Verschiedene Amateur-Schauspieler (je 35 Männer und Frauen) im Alter von 20 bis 30 Jahren posieren sieben verschiedene emotionale Ausdrücke (Neutral, Freude, Wut, Angst, Ekel, Trauer, Überraschung) in zwei Aufnahme-Blöcken. Jeder Ausdruck wurde dabei aus fünf verschiedenen Winkeln fotografiert.

Für die Studie wurde eine Auswahl von 125 Gesichtern getroffen. Die Bilder wurden danach ausgewählt, dass der Darsteller keine besonders herausstechenden Gesichtsmarkmalen wie Narben, Piercing oder Bart hatte und nicht stark geschminkt war. Da es insgesamt nur 70 Schauspieler gab, war es nicht vermeidbar, dass Bilder mit unterschiedlichen emotionalen Gesichtsausdrücken desselben Schauspielers in die Auswahl aufgenommen

werden mussten (die maximale Anzahl an Ausdrücken desselben Schauspielers betrug drei Bilder). Um dem Einfluss der Blickrichtung auf Augenbewegungen und Hirnaktivierungen konstant zu halten, wurden ausschließlich Bilder mit frontal gerichtetem Blick gewählt.

Um eine hohe Effektivität bei relativ kurzer Experimentaldauer (20 Min.) zu erzielen, wurden neutrale Gesichter und nur drei Basisemotionen (Angst, Ekel und Freude) ausgewählt, die einen Vergleich zwischen neutralen Ausdrücken mit positiven und negativen Emotionen erlauben.

Die Stimuli wurden zu Studienzwecken mit Adobe Photoshop 6.0 (Adobe Systems Incorporated, CA, USA) bearbeitet. Zum einen wurden die farbigen Bilder in schwarz-weiße umgewandelt. Ferner wurde das Gesicht des Darstellers in einer immer gleich großen ovalen Form präsentiert und der Hintergrund, außerhalb des Ovals, über die Anwendung von Gaußschem Weichzeichner unscharf gemacht. Diese Bearbeitung hatte das Ziel ablenkende Faktoren auf dem Bild zu minimieren. Die Stimuli hatten eine Größe von 410 Pixel x 500 Pixel (= 14.46 cm x 17.64 cm). Das Bild wurde auf grauem Grund präsentiert.

Da die Bilder unterschiedliche Luminanzwerte aufwiesen, wurden die Luminanzwerte pro emotionaler Kategorie gemittelt und die Werte bei einzelnen Bildern so verändert, dass zwischen den emotionalen Kategorien keine signifikanten Luminanz-Mittelwerts-Unterschiede bestanden, die Bilder aber dennoch gut erkennbar waren (siehe Abbildung 10 auf Seite 78). Dies war nötig, um den Luminanz-Einfluss bei der Analyse der Hirnaktivierung bei verschiedenen emotionalen Kategorien ausschließen zu können.

Die Bewertung des Emotionsausdrucks und die Eindeutigkeit des Ausdrucks bei den bearbeiteten Stimuli wurden in einem Pilot-Experiment von Mitarbeitern der Universität geprüft. Die Gesichter, die nicht eindeutig einer Emotion zugeordnet werden konnten, wurden aus der Auswahl heraus genommen. Als weitere Orientierung zur Bestimmung des finalen Stimulus-Sets wurden die Ratings der Studie von Goeleven (Goeleven et al., 2008) herangezogen.

Das finale Stimulus-Set bestand aus insgesamt 80 Gesichtern (jeweils zur Hälfte männliche und weibliche Gesichter), die auf je 20 Bildern die Emotionen Freude, Ekel und Angst sowie neutralen Ausdruck zeigten.

Um eine adäquate Kontroll- bzw. Baselinebedingung mit ähnlichen Luminanzwerten wie die der Gesichtsstimuli für das MRT-Paradigma generieren zu können, wurden Strudel aus den bearbeiteten Gesichtern erzeugt und um 180 Grad gedreht. Die Kontrollstimuli waren somit nicht mehr

als Gesichter erkennbar. Die Strudel drehten sich je zur Hälfte von der Mitte des Bildes aus betrachtet nach links und zur anderen Hälfte nach rechts. 40 Kontrollstimuli wurden in der Studie eingesetzt (Die Gesichts- und Kontrollstimuli sind im Anhang 6.1.7.1 und 6.1.7.2 zu finden).

Um den Einfluss von Augenbewegungen bei der Betrachtung emotionaler Gesichter bewerten zu können, wurde neben der freien Exploration der Bilder eine weitere Betrachtungsbedingung eingeführt. In dieser Fixationsbedingung sollten die Probanden ein in der Bildschirmmitte über den Stimulus (Gesicht oder Kontrollstimulus) gelegtes Fixationskreuz fokussieren und keine Augenbewegungen zur visuellen Erfassung des Bildes vornehmen (siehe Abbildung 10).

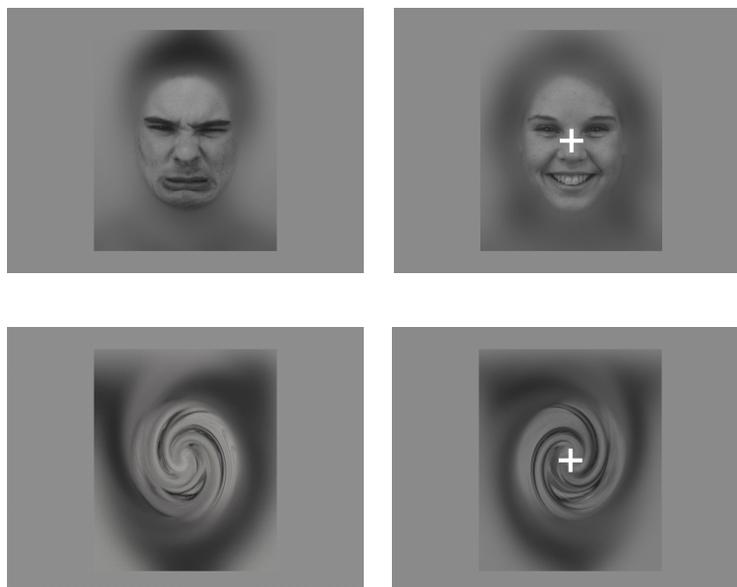


Abbildung 10: Beispiele für die in Studie eins verwendeten Stimuli. Oben links: Explorationsbedingung Gesicht; oben rechts: Fixationsbedingung Gesicht; unten links: Explorationsbedingung Kontrolle; unten rechts: Fixationsbedingung Kontrolle.

Auf diese Weise kann bei den späteren Kontrastberechnungen der fMRT-Daten modelliert werden, ob emotionsassoziierte Hirnareale bei Betrachtung emotionaler Gesichtsausdrücke nur unter der Explorationsbedingung aktiv sind oder ob diese auch unter der Fixationsbedingung auftreten. Die Hälfte der Stimuli wurde aus diesem Grund unter Explorations- bzw. Fixationsbedingung präsentiert.

Um die Aufmerksamkeit des Probanden während des Experiments aufrecht zu erhalten und kontrollierbar zu gestalten, musste bei jedem Stimulus eine einfache Aufgabe bearbeitet werden. Bei dieser ging es nicht um eine explizite

Bewertung der betrachteten Emotion (dies führt z.B. nach H. Critchley et al. (2000) und Fu et al. (2008)) zu reduzierter Hirnaktivität in emotionsassoziierten Arealen, besonders in der Amygdala), sondern um eine Geschlechts-Diskriminations-Aufgabe. Per Tastendruck sollten die Probanden nach jedem Gesicht anzeigen, ob es sich um ein männliches oder weibliches handelt. Bei den Strudeln sollten die Probanden per Tastendruck anzeigen, ob sich der Strudel von der Mitte aus betrachtet nach links oder rechts dreht.

Im Folgenden soll der Ablauf eines Trials des Experiments näher erläutert werden. Er ist in Abbildung 12 (siehe Seite 81) im blauen Kasten schematisch dargestellt. Ein jeder Trial des slow event-related Designs begann mit einem zentralen Fixationskreuz. Je nach Gestalt des Kreuzes wurde angezeigt, ob der nachfolgend präsentierte Stimulus exploriert oder fixiert werden musste (Abbildung 11).

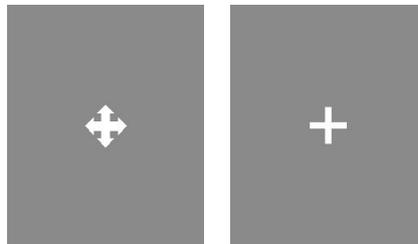


Abbildung 11: Darstellung des Explorationskreuzes (links) bzw. Fixationskreuzes (rechts) zur Indikation des Betrachtungsmodus.

Unabhängig von der Gestalt des Kreuzes, sollte der Proband dessen Mitte fixieren. Es diente nämlich neben der Instruktion auch der Adjustierung der Eyetracker-Kalibrierung (siehe dazu auch 3.1.2.6). Das Fixations- oder Explorationskreuz wurde mit je unterschiedlicher Länge mit einer Dauer von drei bis sechs Sek. (in 500 ms-Intervallen) präsentiert. Diese zeitliche Variation sollte der Habituation des Probanden entgegen wirken sowie einer Verbesserung der Abtastrate des BOLD-Signals dienen.

Im Anschluss an das Fixationskreuz, das den Betrachtungsmodus des nachfolgenden Stimulus vorgab, wurde in randomisierter Reihenfolge ein Stimulus (Gesicht, Strudel, Nullevent) für vier Sek. auf dem Monitor gezeigt.¹⁴ Je nach vorhergehender Instruktion durfte der Proband es frei explorieren oder musste es fixieren. Die 15 Nullevents (grauer Bildschirm) wurden eingeführt,

¹⁴ Die Präsentationszeit von vier Sek. wurde gewählt, da diese ausreichend Zeit für die Exploration des gesamten Gesichts bietet ohne dabei wiederholte Betrachtung zu fördern (Hernandez, Metzger, Magne, Bonnet-Brilhault, Roux, Barthelemy und Martineau, 2009).

um eine bessere implizite Baseline zu erhalten (Friston et al., 1999), die die statistische Power zur Detektion von interessierenden Effekten erhöht.

Nach der Stimuluspräsentation wurde ein Antwortbildschirm gezeigt, mit dem der Proband aufgefordert wurde den Stimulus zu bewerten (bei Gesicht: Geschlechter-Diskrimination; bei Strudel: Drehrichtungs-Bestimmung). Der Proband wurde instruiert, so schnell und sicher wie möglich zu antworten. Der Antwortbildschirm blieb unabhängig von der Antwortschnelligkeit des Probanden für eineinhalb Sek. eingeblendet. Danach begann ein neuer Durchgang (Trial), so lange bis jeder der 115 Stimuli (80 Gesichter, 40 Kontrollstimuli, 15 Nullevents) einmal präsentiert worden war.

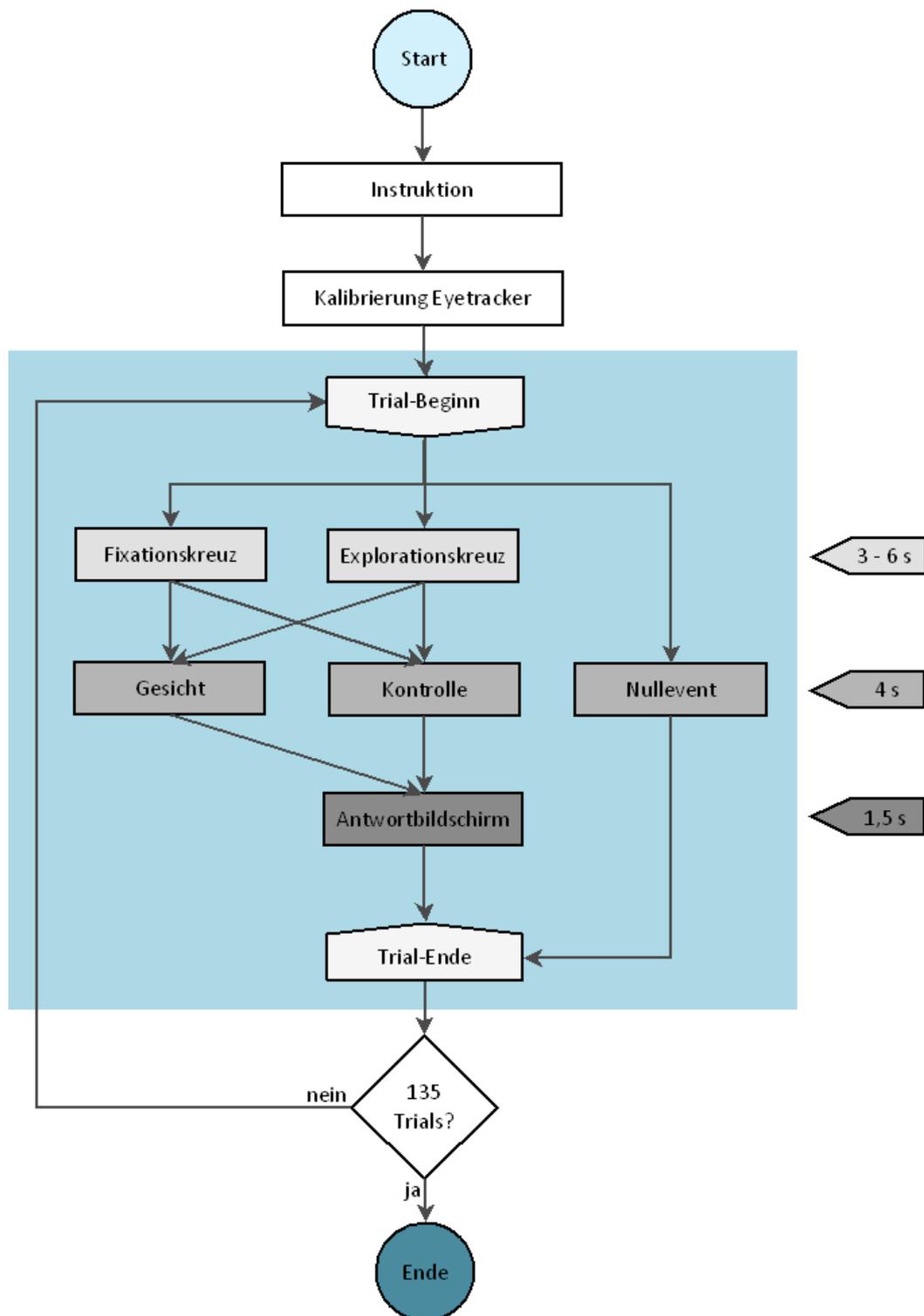


Abbildung 12: Paradigma der Studie eins.

3.1.2.6 MRT-Messung

Zu Beginn jeder Messung wurde zunächst eine Vormessung durchgeführt. Diese beinhaltete einen *Localizer* sowie einen *Automatic Alignment Scout*, der bei der Schichtenlegung in der anschließenden funktionellen Messung hilft. Die Vormessung dauerte ca. eine Min. Danach erfolgte die Durchführung eines erweiterten *Shim-Modus*, um bereinigte Messdaten zu erhalten. Dies dauerte ebenfalls eine Min. Im Anschluss wurde das Gesichter-Experiment gestartet und die Gehirnaktivierung in einer funktionellen T2*-gewichteten Messsequenz gemessen. Diese Messung dauerte ca. 20 Min. Um das Verhältnis von räumlicher zu zeitlicher Auflösung für das zu untersuchende Phänomen zu optimieren, wurde eine *Time of Repetition* (TR) von 2000 ms gewählt. Die *Time of Echo* (TE) betrug 30 ms, der *Flip Angle* 80°. So konnten 34 Schichten in aufsteigender Reihenfolge in einem *Field of View* von 200 mm mit einer Dicke von 2.5 mm gemessen werden. Der Distanz-Faktor zwischen den einzelnen Schichten betrug 25 %. Daraus ergab sich eine Voxelgröße von 3.1 x 3.1 x 2.5 mm. Pro Sitzung wurden ca. 710 *Volumes*, also Messungen des gesamten Gehirns, aufgezeichnet (Informationen zur funktionellen Sequenz siehe Anhang 6.1.8).

Im Anschluss daran wurde ein weiteres 25-minütiges Experiment gemessen, auf das die strukturelle T1-gewichtete Messung (*magnetization-prepared rapid gradient echo*, MP-RAGE) mit einer Dauer von acht Min. folgte. Hier wurden 160 sagittale Schichten aufgezeichnet mit einer Schichtdicke von 1 mm, einem Distanz-Faktor von 50 % und einem *Field of View* von 256 mm. Alle Sequenzen wurden mit einer Standard-Acht-Kanal-Kopfspule gemessen.

3.1.2.7 Fragebögen

Das Wahrnehmen und Erkennen bzw. Bewerten von Emotionen kann individuell verschieden sein und durch Depressionen, Angst, Alexithymie, habituelle Emotionsregulation sowie den Umgang mit positivem und negativem Affekt beeinflusst werden. Um eine gezieltere Beschreibung der verschiedenen Stichproben der durchgeführten Studien vornehmen zu können, wurden aus dem gerade genannten Grund einige Befindlichkeits- und Persönlichkeitskennwerte erhoben. Konkret wurde in allen drei Studien immer ein Depressions-Fragebogen (BDI), ein Fragebogen zu positivem und negativem Affekt (PANAS), zur Emotionsregulationsfähigkeit (ERQ) sowie ein

Fragebogen zur situativen Angst (STAI-S) eingesetzt. Die Händigkeit wurde anhand des Edinburgh-Händigkeitsfragebogens geprüft.

In Studie eins wurden ferner ein Fragebogen zur Alexithymie-Erfassung (TAS-20) verwendet. Zusätzlich wurde der FEEL-Test durchgeführt, mit dem die Fähigkeit zur Erkennung mimisch kodierter Basisemotionen untersucht wird.

Die Fragebögen wurden in PHP programmiert und in einem Browserfenster des Internetexplorers Version 7.0 dargeboten. Per Mausklick konnten die Probanden die auf sie zutreffenden Antwortmöglichkeiten auswählen.

Im Folgenden sollen die einzelnen Fragebögen und Tests näher vorgestellt werden – alle Fragebögen sind im Anhang 6.4 der Arbeit zu finden.

3.1.2.7.1 Beck–Depressions-Inventar (BDI)

Das Beck-Depressions-Inventar (BDI) (Beck et al., 1961) in der deutschen Fassung von Hautzinger, Bailer, Worall und Keller (2000) enthält 21 Einzelfragen, die den Ausprägungsgrad depressiver Symptome erfassen sollen. Erfragt werden die folgenden Symptome: Traurige Stimmung, Pessimismus, Versagen, Unzufriedenheit, Schuldgefühle, Strafbedürfnis, Selbsthass, Selbstanklagen, Selbstmordimpulse, Weinen, Reizbarkeit, Sozialer Rückzug, Entschlussunfähigkeit, Körperbild, Arbeitsunfähigkeit, Schlafstörungen, Ermüdbarkeit, Appetitverlust, Gewichtsverlust, Hypochondrie und Libidoverlust. Die Fragen zu den einzelnen Symptomen enthalten je vier als Selbstaussage formulierte Items, die die zunehmende depressive Stimmungslage repräsentieren. Der Proband/ Patient soll die am ehesten auf ihn zutreffende Aussage angeben - wenn er zwischen zwei Werten schwankt, kann er auch zwei Aussagen auswählen (die Aussage mit dem höheren Punktwert wird dann für die Berechnung des Ergebniswerts gezählt).

Ursprünglich wurde der BDI für psychiatrische Patienten entwickelt, inzwischen wird der Fragebogen jedoch auch bei nicht-psychiatrischen Patienten angewendet. Studien hinsichtlich der Unterscheidungsvalidität ergaben, dass der BDI verlässlich zwischen depressiven und nicht-depressiven Patienten unterscheidet (Richter et al., 1998). Die Ergebnisse des BDI liegen im Bereich von 0 bis 63 Punkten: Keine Depression soll bei einem Ergebnis von Null bis zehn Punkten vorliegen, eine leichte Depression bei 11 bis 17 Punkten, eine mittelgradige Depression bei 18 bis 23 Punkten und eine schwere Depression ab einem Ergebnis über 24 Punkte (Westhoff, 1993). Probanden, die im

Bereich von 14 Punkten oder mehr lagen, gingen nicht in die Datenanalyse der hier vorgestellten drei Studien ein.

Das Ausfüllen des BDI dauert fünf bis zehn Min. Eine Kurzübersicht ist in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Beck-Depressions-Inventar.

BDI	Beck-Depressions-Inventar
Entwickelt von	Beck, Mendelson, Mock (1961); deutsche Version von Hautzinger, Bailer, Worall & Keller (2000)
Ziel:	Erfassung einer klinischen Depression
Hauptdimensionen:	Schuldgefühle, Selbstbestrafung, Somatische Störungen, Allgemeine Traurigkeit
Bearbeitungsdauer	5 bis 10 Min.
Anzahl der Items:	20
Skala	vierstufige Skala

3.1.2.7.2 State-Trait-Angst-Inventar (STAI)

Das State-Trait-Angst-Inventar von Spielberger, Gorsuch und Lushene (1970), in der deutschen Fassung von Laux, Glanzmann, Schaffner und Spielberger (1981), ist ein weltweit häufig eingesetztes Selbstbeurteilungsverfahren zur Erfassung situationsabhängiger und situationsüberdauernder Angst. Die Autoren gehen davon aus, dass sich Angst in eine situationsabhängige Zustandsangst und ein dispositionelles Eigenschafts- oder Persönlichkeitsmerkmal differenzieren lässt. Dementsprechend wurde jeweils eine Skala zur Erfassung der Zustandsangst (State) bzw. der Eigenschaftsangst (Trait), aus je 20 Items bestehend, entwickelt.

Die Items der State-Skala (Bsp.: „Ich bin besorgt“, „ich bin aufgeregt“) werden auf einer vierstufigen Skala hinsichtlich der Intensität von 1 (überhaupt nicht) bis 4 (sehr) beurteilt; hier soll der momentane Augenblick erfasst werden.

Bei der Trait-Skala (Bsp.: „Ich bin ruhig und gelassen“) wird die Häufigkeit dieser Zustände im Allgemeinen (von 1 (fast nie) bis 4 (fast immer)) beschrieben.

Die Auswertung für beide Skalen erfolgt getrennt, es wird jeweils ein Summenwert von 20 bis 80 errechnet. Zur Ermittlung des Summenwerts müssen zunächst verschiedene Items jeder Skala invertiert werden. Anhand einer repräsentativen Stichprobe wurden folgende Normwerte herausgefunden: beim Trait lagen die Werte für Männer durchschnittlich bei 34.45 Punkten und für Frauen bei 37.01 Punkten, beim State für Männern bei 36.83 Punkten und

für Frauen bei 38.08 Punkten. Die Beantwortungszeit beider Fragebögen zusammen beträgt 10 bis 15 Min. Eine Kurzübersicht des Fragebogens ist in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2: State-Trait-Angst-Inventar.

STAI-T	State-Trait-Angst-Inventar-Trait
Entwickelt von	Spielberger, Gorsuch & Lushene (1970); deutsche Version von Laux, Glanzmann, Schaffner & Spielberger (1981)
Ziel:	Erfassung situationsüberdauernder Angst
Hauptdimensionen:	Eigenschaftsangst
Bearbeitungsdauer	5 Min.
Anzahl der Items:	20
Skala	vierstufigen Skala von 1 (fast nie) bis 4 (fast immer)
STAI-S	State-Trait-Angst-Inventar-State
Entwickelt von	Spielberger, Gorsuch & Lushene (1970); deutsche Version von Laux, Glanzmann, Schaffner & Spielberger (1981)
Ziel:	Erfassung situationsabhängiger Angst
Hauptdimensionen:	Zustandsangst
Bearbeitungsdauer	5 Min.
Anzahl der Items:	20
Skala	vierstufigen Skala von 1 (überhaupt nicht) bis 4 (sehr)

3.1.2.7.3 Emotion Regulation Questionnaire (ERQ)

Zur Operationalisierung von Emotionsregulationsstrategien (kognitive Neubewertung oder Unterdrückung des emotionalen Ausdrucks) legten Gross und John (2003) mit dem Emotion Regulation Questionnaire (ERQ) ein Instrumentarium vor, das es erlaubt, gewohnheitsmäßige Präferenzen für die eine oder andere Strategie zu quantifizieren. Übersetzt wurde es von Abler und Kessler (2009).

Die kognitive Neubewertung (erfasst mit den Items 1, 3, 5, 7, 8, 10) erscheint demzufolge insgesamt als die erfolgreichere Art der Emotionsbewältigung: Individuen, die sich häufig dieser Strategie bedienen, erleben positive Emotionen stärker, negative Emotionen hingegen schwächer und drücken dies auch entsprechend nach außen hin aus. Dagegen erleben Individuen mit bevorzugter Strategie der Ausdrucks-Unterdrückung (erfasst über Items 2, 4, 6, 9) positive Emotionen schwächer und negative Emotionen sogar stärker, zeigen dies jedoch definitionsgemäß nicht nach außen hin.

Die Items der jeweiligen Skalen werden aufaddiert und durch die entsprechende Anzahl von Items dividiert. So erbrachte bei einer

Normstichprobe die Skala, die das Unterdrücken von Emotionen erfasst, im Mittel einen Wert von 2.92 ($SD = 0.93$) für Frauen und 3.45 ($SD = 1.12$) für Männer. Die Skala, die die Neubewertung von Emotionen untersucht, zeigte im Mittel Werte von 4.24 ($SD = 0.92$) für Frauen und 4.07 ($SD = 1.20$) für Männer. Die Bearbeitungszeit beträgt drei bis fünf Min. Eine Kurzübersicht ist in Tabelle 3 dargestellt.

Tabelle 3: Emotion Regulation Questionnaire.

ERQ	Emotion Regulation Questionnaire
Entwickelt von	Gross & John (2003); deutsche Version von Abler & Kessler (2009)
Ziel:	Erfassung der Emotionsregulation
Hauptdimensionen:	Neubewertung (R); Unterdrückung (S)
Bearbeitungsdauer	3 bis 5 Min.
Anzahl der Items:	10
Skala	7 stufige Skala (1 = stimmt überhaupt nicht, 4 = neutral, 7 = stimmt vollkommen)

3.1.2.7.4 Positive and Negative Affect Schedule (PANAS)

Die Positive and Negative Affect Schedule (PANAS) ist eine psychometrische Skala, die aus 20 Items besteht. Sie zielt darauf ab, den aktuellen emotionalen Zustand des Probanden zu erfragen. Das zugrunde liegende Modell reduziert die Vielfältigkeit an Emotionen auf zwei unabhängig voneinander variierenden Dimensionen: positiver und negativer Affekt. Positiver Affekt beschreibt das Ausmaß, in dem eine Person enthusiastisch, aktiv und aufmerksam ist. Ein hoher Wert auf dieser Skala ist durch Energie, Konzentration und freudiges Engagement gekennzeichnet, ein niedriger Wert dagegen wird durch Lethargie und Traurigkeit charakterisiert. Die Items 1, 3, 4, 6, 10, 11, 13, 15, 17 und 18 werden dieser Skala zugeordnet.

Die zweite Skala des negativen Affekts beschreibt das Ausmaß negativer Anspannung. Ein hoher Wert auf dieser Skala steht in Zusammenhang mit Gereiztheit, Nervosität oder Angst, während ein niedriger Wert Ruhe und Ausgeglichenheit beinhaltet. Die Items 2, 5, 7, 8, 9, 12, 14, 16, 19 und 20 zählen zur Skala des negativen Affekts. Die Bearbeitungszeit beträgt etwa zwei Min. Die möglichen Werte der beiden Skalen liegen jeweils im Bereich von 10 bis 50 Punkten. In der Normierungsstichprobe wurde für die Skala des positiven Affekts im Mittel ein Wert von 27.35 ($SD = 6.38$) und für die des negativen Affekts ein Wert von 14.67 ($SD = 5.19$) erzielt. Eine Kurzübersicht ist in Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 4: Positive and Negative Affect Schedule.

PANAS	Positive And Negative Affect Schedule
Entwickelt von:	Watson, Clark & Tellegen (1988); deutsche Version von Krohne, Egloff, Kohlmann & Tausch (1996)
Ziel:	Erfassung von positiven und negative Affekten
Hauptdimensionen:	PA (positiver Affekt); NA (negativer Affekt)
Bearbeitungsdauer:	2 Min.
Anzahl der Items:	20
Skala:	fünfstufige Skala (1 = gar nicht, 2 = ein bisschen, 3 = einigermaßen, 4 = erheblich, 5 = äußerst)

3.1.2.7.5 Edinburgh-Händigkeitsfragebogen

Der Edinburgh-Händigkeitsfragebogen (Oldfield, 1971) soll im Sinne eines Screening-Verfahrens die Händigkeit eines Probanden oder Patienten feststellen. Bei der in der vorliegenden Arbeit eingesetzten kurzen Version soll die Versuchsperson anhand von zehn Tätigkeiten angeben, ob sie eher die linke oder die rechte Hand zur Ausführung dieser Tätigkeiten verwendet. Indem sie ein „+“-Zeichen oder zwei „+“-Zeichen einträgt, kann sie eine Abstufung vornehmen. Benutzt die Versuchsperson beide Hände gleichermaßen, soll sie ein „+“-Zeichen für beide Seiten eintragen. Bevorzugt sie eine Hand sehr stark, sollen zwei „+“-Zeichen eingetragen werden. Das Ausfüllen dieses Fragebogens dauert ca. drei Min.

3.1.2.7.6 Toronto-Alexithymie-Skala (TAS-20)

Die Toronto-Alexithymie-Skala (TAS-20) dient der Quantifizierung der Alexithymie bei psychosomatischen Patienten (Bagby et al., 1994) und wurde von Bach, Bach, deZwaan, Serim und Bohmer (1996) ins Deutsche übersetzt. Die Alexithymie ist ein Persönlichkeitsmerkmal und beschreibt die Unfähigkeit, Gefühle wahrzunehmen und auszudrücken. Drei faktorenanalytisch ermittelte Skalen werden erfasst:

1. Schwierigkeit bei der Identifikation von Gefühlen (7 Items)
2. Schwierigkeit bei der Beschreibung von Gefühlen (5 Items)
3. Extern orientierter Denkstil (8 Items)

Die TAS ist ein voll-standardisiertes Verfahren zur Selbstbeurteilung. Der Fragebogen beinhaltet 20 als Selbstaussagen formulierte Items, die hinsichtlich

der Zustimmung auf Fünf-Punkte-Skalen von eins (trifft gar nicht zu) bis fünf (trifft völlig zu) zu beantworten sind.

Zur Auswertung der einzelnen Skalen wird der jeweilige Summenwert berechnet, nachdem verschiedene Items invertiert wurden.

Neben den standardisierten Cut-Off-Werten, die zwischen alexithymen Probanden (> 61 Punkten) und nicht-alexithymen Probanden (< 51 Punkten) unterscheiden, gibt es eine Grau-Zone für den Punktebereich von 51 und 61 Punkten. Die Bearbeitungszeit beträgt ca. fünf Min. Eine Kurzübersicht ist in Tabelle 5 dargestellt.

Tabelle 5: Toronto-Alexithymie-Skala.

TAS-20	Toronto-Alexithymie-Skala-20
Entwickelt von	Bagby, Parker & Taylor (1994); deutsche Version von Bach, Bach, deZwaan, Serim & Bohmer (1996)
Ziel:	Erfassung von Alexithymie
Hauptdimensionen:	Schwierigkeiten Gefühle zu identifizieren. Schwierigkeiten, anderen Gefühle zu beschreiben. Nach außen orientiertes Denken.
Bearbeitungsdauer	5 Min.
Anzahl der Items:	20
Skala	5 stufige Skala (1 = trifft nicht zu, 2 = trifft eher nicht zu, 3 = neutral, 4 = trifft eher zu, 5 = trifft absolut zu)

3.1.2.7.7 FEEL-Test

Der FEEL-Test erfasst die Fähigkeit einer Person, mimisch ausgedrückte Basisemotionen zu erkennen (Kessler, 2001). Auf einem Computerbildschirm erscheinen farbige Porträtfotos aus dem JACFEE (Japanese and Caucasian Facial Expressions of Emotion)-Bildsatz (Matsumoto und Ekman, 1988), auf denen Personen eine Basisemotion durch ihre Mimik ausdrücken. Der Proband wählt aus den verwendeten klassischen sechs Basisemotionen (Freude, Trauer, Wut, Ekel, Angst und Überraschung) diejenige aus, die er erkannt hat. Die Testsoftware wurde für die Untersuchung auf einem Laptop installiert, so dass für jeden Probanden dieselben technischen Voraussetzungen gewährleistet waren. Antwortkorrektheit und Reaktionszeiten des Probanden werden jeweils aufgezeichnet.

3.1.2.8 Datenreduktion und Auswertung

3.1.2.8.1 Reduktion und Auswertung der funktionellen Daten

Die fMRT-Daten wurden mit Hilfe von Matlab 7.4.0 (Mathworks, Natick, MA, USA), Statistical Parametric Mapping (SPM) 5 (Wellcome Trust Centre for Neuroimaging, London, UK) sowie SPSS Statistics 17.0 (SPSS, Chicago, IL, USA) ausgewertet.

Ein erster Schritt der Datenaufbereitung bestand darin, die durch die fMRT-Messung erhobenen Rohdaten im DICOM-Format (Imaging and Communications in Medicine) für die weitere Verarbeitung in das SPM5-kompatible Nifti-Format zu konvertieren. Danach erfolgte die Vorverarbeitung der Daten über *Realignment*, Normalisierung und *Smoothing*.

Beim *Realignment* werden Bewegungsparameter bestimmt, die durch Kopfbewegungen des Probanden entstanden sein können. In der weiteren (first-level) Analyse werden diese Parameter dann als Regressoren in das Modell aufgenommen, damit die Varianz, welche auf Kopfbewegungen zurückzuführen ist, kontrolliert werden kann. Im Anschluss erfolgte die Normalisierung der Daten auf das MNI-Standardtemplate (Template des Montreal Neurological Institute), um die Gehirne aller Probanden interindividuell vergleichbar zu machen. Für die Normalisierung wurde eine Voxelgröße von $2 \times 2 \times 2$ gewählt. Danach erfolgte das *Smoothing* mit einem Gaußschen Kernel von 8 mm (Full Width at Half Maximum). Dabei werden die fMRT-Signale einzelner Voxel¹⁵ über die Signale der benachbarten Voxel gemäß einer Gaußschen Funktion gemittelt, was eine Glättung der Daten und damit eine Verbesserung des Signal-Rausch-Verhältnisses bewirkt.

Nach der Vorverarbeitung der fMRT-Daten wurde eine Qualitätsprüfung durchgeführt. Dabei wurde getestet, ob es innerhalb eines Probanden zu starken Abweichungen von dessen durchschnittlichem fMRT-Signal in Abhängigkeit von den Realignment-Parametern kommt.

Nach dieser Vorverarbeitung (Preprocessing) wurde das statistische Modell definiert und es erfolgte die statistische Analyse der Daten. Mit den vorverarbeiteten Daten wurde auf der *Single Subject Ebene* für jedes Voxel jedes Probanden eine so genannte *First Level Analyse* auf Basis des

¹⁵ Voxel, oder auch volumetric Pixel, bezeichnet das dreidimensionale Äquivalent eines Pixels, was wiederum als Bildelement definiert ist. Bei der fMRT wird die neuronale Aktivierung in einzelnen Voxeln gemessen.

Allgemeinen Linearen Modells gerechnet.¹⁶ Dabei gingen, basierend auf den experimentellen Bedingungen, 22 Regressoren in das Modell ein: ein Regressor für die Fixationskreuze (Fixations- und Explorationskreuz), je ein Regressor für die fünf Stimulus-Kategorien in Abhängigkeit von dem Betrachtungsmodus (Exploration eines neutralen Gesichts, Fixation eines neutralen Gesichts, Exploration eines fröhlichen Gesichts, Fixation eines fröhlichen Gesichts, Exploration eines angeekelten Gesichts, Fixation eines angeekelten Gesichts, Exploration eines ängstlichen Gesichts, Fixation eines ängstlichen Gesichts, Exploration eines Kontrollstimulus, Fixation eines Kontrollstimulus), ein Regressor für die Nullevents (der als Baseline für die differentiellen Kontraste verwendet wird), ein Regressor für die richtig beantworteten Gesichter, ein Regressor für die richtig beantworteten Kontrollen, ein Regressor für den Tastendruck, ein Regressor für alle falschen Antworten (unabhängig ob Gesicht oder Kontrollstimulus) sowie die sechs Realignment-Regressoren.

Jeder Regressor wurde mit der hämodynamischen Antwortfunktion konvolviert, um die angenommene neuronale Aktivität zu modellieren. Mithilfe des Allgemeinen Linearen Modells wurde dann für jeden Regressor innerhalb eines Subjekts ein Regressionsgewicht aus den jeweiligen fMRT-Daten geschätzt.

Zur Beantwortung der Fragestellungen der vorliegenden Arbeit waren besonders die zehn modellierten Regressoren der Stimuluskategorien in Abhängigkeit vom Betrachtungsmodus von Relevanz (siehe dazu Tabelle 6). Aus diesem Grund wurden sie in bestimmten Linearkombinationen, den so genannten differentiellen Kontrasten, zusammengefasst. Solche Kontraste erlauben auf Subjektebene den Vergleich von verschiedenen experimentellen Bedingungen. Um solche Vergleiche auf Gruppenebene vornehmen zu können, musste eine *Second Level Gruppenanalyse* modelliert werden. Dazu wurde eine *Within-Subject Random Effects Analyse* auf Basis der oben beschriebenen Regressoren der Stimuluskategorien gerechnet (siehe Tabelle 6), die eine Überprüfung von Aktivierungsunterschieden für eine Gruppe von Probanden gemäß den experimentellen Bedingungen erlaubt.¹⁷ Wiederum mithilfe von Kontrasten wurden dann die experimentellen Bedingungen

¹⁶ Die jeweils ersten drei Scans einer Messung wurden bei jedem Probanden als so genannte Dummy Scans von der Auswertung ausgeschlossen.

¹⁷ Full Factorial Design; mit zwei Faktoren: Factor Viewing, Levels 2, Independence no, variance unequal; Factor Content; Levels 5, independence no, variance equal.

gewichtet, um Gehirnareale zu identifizieren, deren Aktivierung sich gemäß der vorgegebenen Gewichtung verhält.

Tabelle 6: Bedingungen des Full Factorial Designs der Second Level Analyse.

Betrachtungs-Modus	Stimulus				
<i>Exploration</i>	Neutral (N-Exp)	Freude (F-Exp)	Ekel (E-Exp)	Angst (A-Exp)	Kontrolle (K-Exp)
<i>Fixation</i>	Neutral (N-Fix)	Freude (F-Fix)	Ekel (E-Fix)	Angst (A-Fix)	Kontrolle (K-Fix)

Anmerkung: Die in Klammern genannten Abkürzungen werden in Tabelle 7 auf Seite 92 verwendet.

Für die Beantwortung der Hypothesen eins bis drei müssen verschiedene Kontraste berechnet werden, die in Tabelle 7 aufgeführt sind. Zur Überprüfung der experimentellen Manipulation sollen alle Stimuli unter Fixations- und Explorationsbedingung miteinander verglichen werden (Kontrast eins). Danach werden zur Beantwortung der Hypothese 1 a) und b) verschiedene Kontraste berechnet, die die Gesichter im Vergleich mit der Kontrollbedingung setzen (Kontraste 2 bis 6). Die Prüfung der Hypothese zwei erfordert die Berechnung weiterer Kontraste, die die emotionalen Stimuli mit den neutralen vergleichen (Kontraste 7 bis 20). Hypothese drei, die emotionsspezifische Unterschiede zwischen Angst, Ekel und Freude untersucht, verlangt die Berechnung von Kontrasten 21 bis 38.

Als Ergebnis werden für jeden Kontrast Signifikanzkarten des Gehirns erstellt, in denen die signifikanten Areale farblich markiert sind. Alle Signifikanzkarten in dieser Arbeit sind aufgrund der relativ geringen Stichprobengröße und der starken a-priori Hypothesen mit einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0.001$ unkorrigiert für multiple Vergleiche erstellt. Allerdings werden nur Cluster mit einer Größe von mindestens 20 Voxeln zur Anzeige in der Signifikanzkarte zugelassen (*Cluster Threshold* = 20 Voxel). Alle Ergebnisse werden in MNI-Koordinaten (x, y, z [mm]), dem entsprechenden Brodmann-Areal (BA) sowie dem t-Wert aus dem lokalen Clustermaximum berichtet, wie in den Richtlinien zur Darstellung von fMRT-Ergebnissen empfohlen wird (Poldrack et al., 2008). Die spezifischen Koordinaten aller signifikanten Regionen der verschiedenen Kontraste sind entweder im Text zu finden oder dem Anhang 6.1.9.1 beigelegt.

Tabelle 7: Übersicht über die berechneten Kontraste.

Bedingung	N^a Exp^f	F^b Exp	E^c Exp	A^d Exp	K^e Exp	N^a Fix^g	F^b Fix	E^c Fix	A^d Fix	K^e Fix
1.) Kontrast zur Prüfung der Manipulation; Fixationsbedingungen vs. Explorationsbedingungen Fix > Exp	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1
2.) Kontrast zur Prüfung des Gesichtseffekts Gesichter ExpFix > Kontrolle ExpFix	1	1	1	1	-4	1	1	1	1	-4
3.) Kontrast zur Prüfung des Gesichtseffekts unter Exploration Gesichter Exp > Kontrolle Exp	1	1	1	1	-4	0	0	0	0	0
4.) Kontrast zur Prüfung des Gesichtseffekts unter Fixation Gesichter Fix > Kontrolle Fix	0	0	0	0	0	1	1	1	1	-4
5.) Interaktions-Kontrast zur Prüfung der Unterschiede von Gesichtern im Vergleich zu Kontrollen unter Exploration vs. Fixation Interaktion Gesichter Exp	1	1	1	1	-4	-1	-1	-1	-1	4
6.) Interaktions-Kontrast zur Prüfung der Unterschiede von Gesichtern im Vergleich zu Kontrollen unter Fixation vs. Exploration Interaktion Gesichter Fix	-1	-1	-1	-1	4	1	1	1	1	-4
7.) Kontrast zur Prüfung des Emotionseffekts Emoⁿ ExpFix > N ExpFix	-3	1	1	1	0	-3	1	1	1	0
8.) Umgekehrter Emotions-Kontrast N ExpFix > Emo ExpFix	3	-1	-1	-1	0	3	-1	-1	-1	0
9.) Explorationskontrast des Emotionseffekts Emo Exp > N Exp	-3	1	1	1	0	0	0	0	0	0
10.) Fixationskontrast des Emotionseffekts Emo Fix > N Fix	0	0	0	0	0	-3	1	1	1	0

Bedingung	N^a Exp^f	F^b Exp	E^c Exp	A^d Exp	K^e Exp	N^a Fix^g	F^b Fix	E^c Fix	A^d Fix	K^e Fix
11.) Interaktions-Kontrast zur Prüfung der Unterschiede von emotionalen Gesichtern im Vergleich zu neutralen unter Exploration vs. Fixation Interaktion Emo Exp	-3	1	1	1	0	3	-1	-1	-1	0
12.) Kontrast zur Prüfung der Unterschiede von Freude und Neutral F > N	-1	1	0	0	0	-1	1	0	0	0
13.) Kontrast zur Prüfung der Unterschiede von Ekel und Neutral E > N	-1	0	1	0	0	-1	0	1	0	0
14.) Kontrast zur Prüfung der Unterschiede von Angst und Neutral A > N	-1	0	0	1	0	-1	0	0	1	0
15.) Kontrast zur Prüfung der Unterschiede bei Exploration von Freude und Neutral F Exp > N Exp	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
16.) Kontrast zur Prüfung der Unterschiede bei Exploration von Ekel und Neutral E Exp > N Exp	-1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
17.) Kontrast zur Prüfung der Unterschiede bei Exploration von Angst und Neutral A Exp > N Exp	-1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
18.) Kontrast zur Prüfung der Unterschiede bei Fixation von Freude und Neutral F Fix > N Fix	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0
19.) Kontrast zur Prüfung der Unterschiede bei Fixation von Ekel und Neutral E Fix > N Fix	0	0	0	0	0	-1	0	1	0	0
20.) Kontrast zur Prüfung der Unterschiede bei Fixation von Angst und Neutral A Fix > N Fix	0	0	0	0	0	-1	0	0	1	0
21.) Kontrast zur Prüfung der Unterschiede von Freude und Ekel F > E	0	1	-1	0	0	0	1	-1	0	0

Bedingung	N^a Exp^f	F^b Exp	E^c Exp	A^d Exp	K^e Exp	N^a Fix^g	F^b Fix	E^c Fix	A^d Fix	K^e Fix
22.) Kontrast zur Prüfung der Unterschiede von Ekel und Freude E > F	0	-1	1	0	0	0	-1	1	0	0
23.) Kontrast zur Prüfung der Unterschiede von Freude und Angst F > A	0	1	0	-1	0	0	1	0	-1	0
24.) Kontrast zur Prüfung der Unterschiede von Angst und Freude A > F	0	-1	0	1	0	0	-1	0	1	0
25.) Kontrast zur Prüfung der Unterschiede von Ekel und Angst E > A	0	0	1	-1	0	0	0	1	-1	0
26.) Kontrast zur Prüfung der Unterschiede von Angst und Ekel A > E	0	0	-1	1	0	0	0	-1	1	0
27.) Kontrast zur Prüfung der Unterschiede von Freude und Ekel unter Exploration F Exp > E Exp	0	1	-1	0	0	0	0	0	0	0
28.) Kontrast zur Prüfung der Unterschiede von Ekel und Freude unter Exploration E Exp > F Exp	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0
29.) Kontrast zur Prüfung der Unterschiede von Freude und Angst unter Exploration F Exp > A Exp	0	1	0	-1	0	0	0	0	0	0
30.) Kontrast zur Prüfung der Unterschiede von Angst und Freude unter Exploration A Exp > F Exp	0	-1	0	1	0	0	0	0	0	0
31.) Kontrast zur Prüfung der Unterschiede von Ekel und Angst unter Exploration E Exp > A Exp	0	0	1	-1	0	0	0	0	0	0
32.) Kontrast zur Prüfung der Unterschiede von Angst und Ekel unter Exploration A Exp > E Exp	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0

Bedingung	N^a Exp^f	F^b Exp	E^c Exp	A^d Exp	K^e Exp	N^a Fix^g	F^b Fix	E^c Fix	A^d Fix	K^e Fix
33.) Kontrast zur Prüfung der Unterschiede von Freude und Ekel unter Fixation F Fix > E Fix	0	0	0	0	0	0	1	-1	0	0
34.) Kontrast zur Prüfung der Unterschiede von Ekel und Freude unter Fixation E Fix > F Fix	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0
35.) Kontrast zur Prüfung der Unterschiede von Freude und Angst unter Fixation F Fix > A Fix	0	0	0	0	0	0	1	0	-1	0
36.) Kontrast zur Prüfung der Unterschiede von Angst und Ekel unter Fixation A Fix > E Fix	0	0	0	0	0	0	-1	0	1	0
37.) Kontrast zur Prüfung der Unterschiede von Ekel und Angst unter Fixation E Fix > A Fix	0	0	0	0	0	0	0	1	-1	0
38.) Kontrast zur Prüfung der Unterschiede von Angst und Ekel unter Fixation A Fix > E Fix	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0

Anmerkungen: ^a Neutral, ^b Freude, ^c Ekel, ^d Angst, ^e Kontrolle, ^f Explorationsbedingung, ^g Fixationsbedingung, ^h Emotion.

3.1.2.8.2 Reduktion und Auswertung der psychophysiologischen Daten

Die Eye-tracking-Daten wurden über die Software iView X (Senso Motoric Instruments, Tretow, Germany) aufgezeichnet und über die Software BeGaze 2.12 (Senso Motoric Instruments, Tretow, Germany) ausgewertet. Diese Software ermöglicht das Erstellen von Experimenten und die Betrachtung von individuellen Betrachtungsmustern. Anhand dieser Betrachtungsmuster wurden die Augenbewegungen jedes Probanden bei jedem einzelnen Bild visuell geprüft. Einzelne Trials wurden als ungeeignet aus der Analyse ausgeschlossen, wenn das Betrachtungsmuster räumlich verschoben war (d.h. die Kalibrierung nicht ausreichend gut erfolgte) oder wenn der Proband unter der Fixationsbedingung das Bild trotzdem exploriert hat (zu diesem Zweck wurden auch die Kontrollstimuli heran gezogen). Als weiteres Ausschlusskriterium einzelner Trials wurde die inkorrekte Antwort des Probanden auf einen Stimulus gewertet.

Auf Basis dieser Kriterien wurden einzelne Trials der Probanden sowie sieben Probanden vollständig von der weiteren Analyse ausgeschlossen, da bei 40 % aller Trials oder mehr die Ausschlusskriterien angewendet werden mussten. In einem zweiten Schritt der Datenaufbereitung wurden über die Software BeGaze auf jedem der 80 Gesichts-Stimuli drei Areas of Interest (AOI) definiert (siehe Abbildung 13).

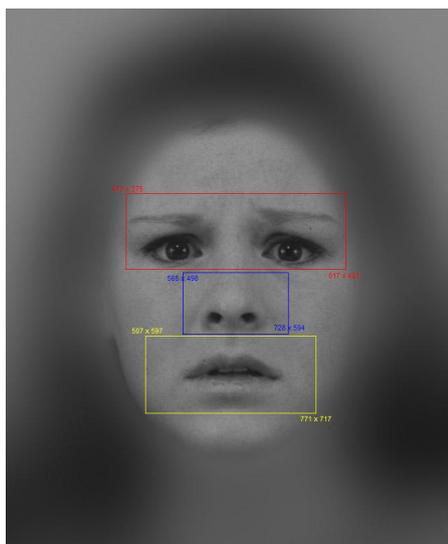


Abbildung 13: Platzierung der AOI über Augen, Nase und Mund. Der Nullpunkt der angegebenen Koordinaten befindet sich oben links.

Tabelle 8: Koordinaten der AOI.

AOI	Bezeichnung	X1	Y1	X2	Y2	Pixelgröße ¹⁸
1	Auge	-163	-137	177	-19	14697
2	Nase	-75	-14	88	82	5712
3	Mund	-133	85	131	205	11550

Anmerkungen: Nullpunkt der Stimulus-Koordinaten in der Bildschirmmitte. X1 und Y1 definieren jeweils den obersten linken Punkt der rechteckigen AOI, X2 und Y2 jeweils den unteren rechten AOI-Koordinatenpunkt.

Die AOI 1 beinhaltet die Augenregion, AOI 2 die Nase und AOI 3 den Mund. Die definierten AOI überschneiden sich nicht und es wurde Wert darauf gelegt, dass die AOI ausreichend groß definiert wurden, so dass bei allen Gesichtsstimuli dieselben Koordinaten verwendet werden konnten (siehe

¹⁸ Die Stimulusgröße betrug insgesamt 205000 Pixel.

Tabelle 8). Dennoch soll bereits an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, dass aufgrund der Gesichtsphysiognomie nicht zu verhindern war, unterschiedliche Größen der drei AOI zu definieren.

Nach der Einteilung in gültige und ausgeschlossene Trials sowie der AOI-Definition wurde mit BeGaze 2.12 (Senso Motoric Instruments, Tretow, Germany) eine so genannte *Event-Statistik* erstellt, in welcher die Eyetracking-Roh-Daten in Bezug auf Fixationen automatisch vorverarbeitet wurden (die Default-Einstellungen des Programms wurden dafür nicht verändert, d.h. eine Fixation wurde ab einer Mindestdauer von 80 ms als solche definiert). Die jeweils erste Fixation eines Trials, die bis 50 ms nach Stimulus-Onset begonnen hatte, musste aus der Analyse herausgenommen werden, da eine Beeinflussung durch das zentral präsentierte Fixationskreuz nicht ausgeschlossen werden konnte. Von einer Analyse der Sakkaden wurde aufgrund der geringen Sampling Rate (60 Hz) und der hohen Ähnlichkeit der Stimuli abgesehen.

Zur Beantwortung der Hypothese drei wurde in SPSS 17.0 (SPSS, Chicago, IL, USA) eine Varianzanalyse mit Messwiederholung für die Parameter Anzahl an Fixationen und mediane Fixationsdauer mit den Faktoren Emotion (zwei, bzw. vier Stufen) durchgeführt. Die mittlere Anzahl an Fixationen je Stimulus und Emotionskategorie wurde ermittelt unter Berücksichtigung der individuell gültigen Anzahl an Bildern, die jeder Proband betrachtet hatte (d.h. die Gesamtanzahl an Fixationen wurde dividiert durch die Anzahl an gültigen Trials je Emotionskategorie).

Zur weiteren Prüfung der Hypothese wurden zum Faktor Emotion (vier Stufen) der zusätzliche Faktor AOI (drei Stufen) in die Varianzanalyse aufgenommen.

Die Ergebnisse der Varianzanalysen werden folgendermaßen abgekürzt dargestellt: $F(df_{\text{Faktorstufen}}, df_{\text{Freiheitsgrade}})$. Die Varianzanalysen mit Messwiederholung wurden mit einem angenommenen Fehler $\alpha = 0.05$ und unter Anwendung der Bonferroni-Korrektur des α -Fehlers durchgeführt. Wann immer die Sphärizität-Annahme verletzt wurde, wird der entsprechende Wert unter Korrektur der Freiheitsgrade nach Greenhouse-Geisser berichtet. Bei signifikanten Haupteffekten oder Interaktionen werden Bonferroni-korrigierte Post-hoc paarweise Vergleiche angegeben.

3.1.2.8.3 Reduktion und Auswertung der behavioralen Daten und Fragebögen

Die während des Experiments gesammelten behavioralen Daten (Bewertung des Geschlechts des präsentierten Gesichts; Beurteilung der Drehrichtung des Strudels) wurden nur zu dem Zweck herangezogen, um die korrekt beantworteten Trials für die Eyetracking-Analyse zu klassifizieren. Lediglich die Reaktionsgeschwindigkeit bei der Beantwortung der emotionalen Gesichter soll deskriptiv dargestellt werden.

Die eingesetzten Fragebögen BDI, STAI-S, STAI-T, ERQ, PANAS, TAS-20 sowie der FEEL-Test wurden entsprechend der Handbuchangaben ausgewertet. Die Mittelwerte der einzelnen Fragebögen und die entsprechenden Standardabweichungen (*SD*) werden berichtet.

3.1.3 Ergebnisse

Da, wie bereits im Kapitel (3.1.2.8.2) beschrieben, eine Reduktion der Eyetracking-Datensätze aufgrund schlechter Compliance der Probanden oder unsauberer Eyetracking-Daten notwendig war und somit nur 17 der gemessenen 24 Probanden in die Eyetracking-Analyse gingen, wurde auch für sämtliche andere Analysen nur diese Gruppe berücksichtigt. Keiner dieser Probanden musste aufgrund einer bestehenden Depression ausgeschlossen werden und auch das Maß der situationalen Angst lag für Männer und Frauen in entsprechenden Normbereichen.

3.1.3.1 Funktionelle Daten

Die im folgenden Abschnitt dargestellten Tabellen enthalten Informationen über signifikante Aktivierungen in den jeweiligen Kontrasten. Alle aufgeführten Strukturen werden in englischer Sprache benannt, um studienübergreifende Vergleiche zu erleichtern.

Auch wenn die Daten eine Vielzahl an weiteren interessanten hypothesengeleiteten Analysen erlauben, sollen aus Gründen der Stringenz dieser Arbeit lediglich die eingangs definierten Hypothesen geprüft und im Rahmen der statistischen Auswertung beschrieben werden.

Prüfung der experimentellen Manipulation: Fixation > Exploration

Zunächst sollte geprüft werden, ob die mit dem Paradigma beabsichtigte Manipulation des Blickverhaltens tatsächlich erfolgte, d.h. ob die beiden angewendeten Betrachtungsmodi der visuellen Exploration bzw. der Fixation überhaupt zu differenziellen Gehirnaktivierungen in Zentren der inhibitorischen Augenbewegungssteuerung geführt haben. Wenn dort Unterschiede festzustellen sind, kann davon ausgegangen werden, dass die experimentelle Manipulation des Blickverhaltens erfolgreich zur Anwendung kam. Besonders das frontale (FEF) und das supplementäre Augenfeld (SEF) sind für die willkürliche Inhibition visueller Exploration und sakkadischer Augenbewegungen essentiell (Parton et al., 2007; Paus, 1996; Pierrot-Deseilligny et al., 1997) und sollen daher herangezogen werden, um zusätzlich zur Analyse der Eyetracking-Daten die experimentelle Manipulation zu verifizieren.

Zu diesem Zweck wurde innerhalb des Kontrasts eins (Fix > Exp; siehe Kontrastübersicht Tabelle 7 auf Seite 92) eine Gesamthirnanalyse durchgeführt, bei der alle Fixationsbedingungen (Gesichter- und Kontrollbedingungen) mit denen der Explorationsbedingungen verglichen wurden. Um die Regionen, die für die willkürliche Sakkadeninhibition verantwortlich sind, abzubilden, wurde der Kontrast eins so definiert, dass geprüft wurde, welche Regionen bei der Fixation signifikant stärkere Aktivierungen zeigten im Vergleich zur Exploration.

Wie auch Tabelle 9 und Abbildung 14 veranschaulichen, bestanden für die beiden a-priori definierten Regionen der FEFs und der SEFs bilateral signifikante Unterschiede zwischen der Fixations- und der Explorationsbedingung, was die erfolgreiche experimentelle Manipulation des Betrachtungsverhaltens annehmen lässt.

Tabelle 9: Differentielle Aktivierungen für Kontrast eins (Exp > Fix).

Region	Rechts (R)/ Links (L)	X MNI	Y MNI	Z MNI	t-Wert
Frontales Augenfeld	R	42	-2	46	6.46
Frontales Augenfeld	L	-38	-4	38	3.44
Supplementäres Augenfeld	R	8	10	48	4.71
Supplementäres Augenfeld	L	-8	12	44	5.23
Insula	R	46	14	0	6.46
Insula	L	-38	14	2	3.94

Anmerkungen: Die korrespondierenden t-Werte der Maxima basieren auf einem unkorrigierten Grenzwert von $p < 0.001$ und einer Mindestgröße von 20 Voxeln, korrigiert über das gesamte Gehirn. MNI-Koordinaten x, y, z [mm].

Als ein zusätzlicher interessanter Befund, der bei der Betrachtung der Aktivierungskarte mit dem Aktivierungsmaximum des gesamten Kontrasts auffällig war, soll die rechte Insula-Aktivierung genannt werden (es gab auch in der linken Insula Aktivierung, die allerdings reduzierter ausfiel): In dieser Region wurde die unterschiedliche Gehirnaktivierung von explorierten und fixierten Stimuli am eindrucklichsten abgebildet. Auch wenn dieser Befund nicht zu den vorab definierten a-priori-Regionen gehört, soll er in die Diskussion der Ergebnisse eingeordnet werden. Eine Übersicht über andere signifikant aktivierte Strukturen des Kontrasts eins sind in Anhang 6.1.9.1 zu finden.

FEF L (-38, -4, 38), R (42, -2, 46)

SEF L (-8, 12, 44), R (8, 10, 48);
Insula L (-38, 14, 2), R (46, 14, 0)

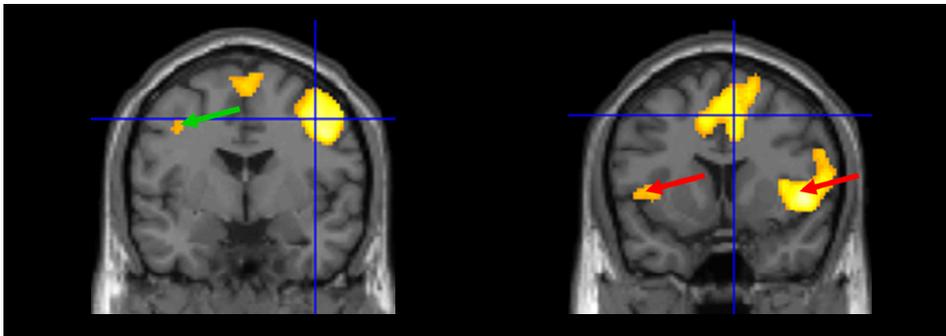


Abbildung 14: Abbildung der signifikant aktivierten Gehirnstrukturen des Kontrasts eins (Fix > Exp). Die roten Pfeile zeigen auf die Insula rechts und links. Der grüne Pfeil markiert das FEF links. Die blauen Fadenkreuze markieren jeweils die übrigen genannten Strukturen. MNI-Koordinaten x, y, z [mm].

Basierend auf dem Wissen der erfolgreichen Manipulation, sollen im Folgenden nun die eigentlichen Hypothesen beantwortet werden.

Hypothese eins a)

Die Betrachtung von Gesichtern führt im Vergleich zur Kontrollbedingung zu signifikanten Aktivierungen in Regionen des „core“ und „extended system“ der Gesichtsverarbeitung (Gobbini und Haxby, 2007) (siehe Kapitel 2.4). Dazu zählen der inferiore okzipitale Gyrus, der superiore temporale Gyrus und Sulkus, der Gyrus fusiformis (FFA), die Insula und die Amygdala. Besonders die Amygdala soll in diesem Kontrast näher untersucht werden.

Wie aus Tabelle 10 und Abbildung 15 ersichtlich, wurden in dem Gesichtskontrast (Kontrast zwei; Gesichter ExpFix > Kontrolle ExpFix; siehe

Kontrastübersicht in Tabelle 7 auf Seite 92) signifikante Aktivierungen für den inferioren okzipitalen Gyrus bilateral, superioren temporalen Gyrus bilateral, bilateralen Gyrus fusiformis (FFA) und bilaterale Amygdala gefunden, jedoch nicht für die Insula. Diese Regionen entsprechen dem von Gobbini und Haxby beschriebenen Modell der Gesichtsverarbeitung (Gobbini und Haxby, 2007).

Tabelle 10: Differentielle Aktivierungen für Kontrast zwei (Gesichter ExpFix > Kontrolle ExpFix).

Region	BA	X MNI	Y MNI	Z MNI	t-Wert	Cluster Size
Fusiform Gyrus	37	40	-50	-20	13.13	9660
Inferior Occipital Gyrus	19	44	-84	-8	8.75	
Cuneus	19	10	-92	24	6.81	
Fusiform Gyrus	37	-40	-52	-20	10.51	1234
Inferior Occipital Gyrus	19	-36	-78	-12	6.21	
Cuneus	18	-28	-102	-6	3.65	
Medial Frontal Gyrus	11	4	42	-18	7.20	981
Rectal Gyrus	11	0	36	-24	6.68	
Medial Frontal Gyrus	25	4	16	-18	3.85	
Inferior Frontal Gyrus	47	34	34	-16	6.66	2310
Inferior Frontal Gyrus	45	52	32	8	6.21	
Parahippocampal Gyrus	Amygdala	22	-8	-20	6.14	
Superior Temporal Gyrus	22	54	-42	10	6.62	3229
Middle Temporal Gyrus	21	52	-12	-16	4.96	
Supramarginal Gyrus	40	50	-58	32	4.94	
Inferior Frontal Gyrus	47	-38	28	-18	6.39	1615
Parahippocampal Gyrus	Amygdala	-20	-8	-18	5.73	
Uncus	28	-30	6	-28	5.09	
Supramarginal Gyrus	40	-58	-60	38	5.61	949
Superior Temporal Gyrus	39	-62	-58	24	4.41	
Inferior Parietal Lobule	40	-48	-55	50	3.40	
Superior Frontal Gyrus	8	-18	38	50	5.46	3768
Superior Frontal Gyrus	9	-8	50	38	5.36	
Superior Frontal Gyrus	8	20	36	46	5.17	
Precentral Gyrus	6	42	-12	66	4.19	122
Precentral Gyrus	6	54	-8	56	3.30	
Middle Temporal Gyrus	21	-54	-14	-12	4.14	380
Middle Temporal Gyrus	21	-62	-16	-18	4.13	
Middle Temporal Gyrus	21	-56	-4	-16	3.43	
Cingulate Gyrus	31	10	-32	44	3.73	145
Paracentral Lobule	31	2	-30	48	3.49	
Paracentral Lobule	31	-4	-22	48	3.32	
Precentral Gyrus	4	-48	-16	60	3.54	102
Precentral Gyrus	4	-40	-26	58	3.52	
Precentral Gyrus	4	-30	-30	66	3.23	
Inferior Frontal Gyrus	45	-52	22	14	3.57	34

Anmerkungen: Fett markiert sind Areale des Gesichtsverarbeitungs-Modells nach Gobbini und Haxby (2007). Die korrespondierenden t-Werte der Maxima basieren auf einem unkorrigierten Grenzwert von $p < 0.001$ und einer Mindestgröße von 20 Voxeln, korrigiert über das gesamte Gehirn. MNI-Koordinaten x, y, z [mm].

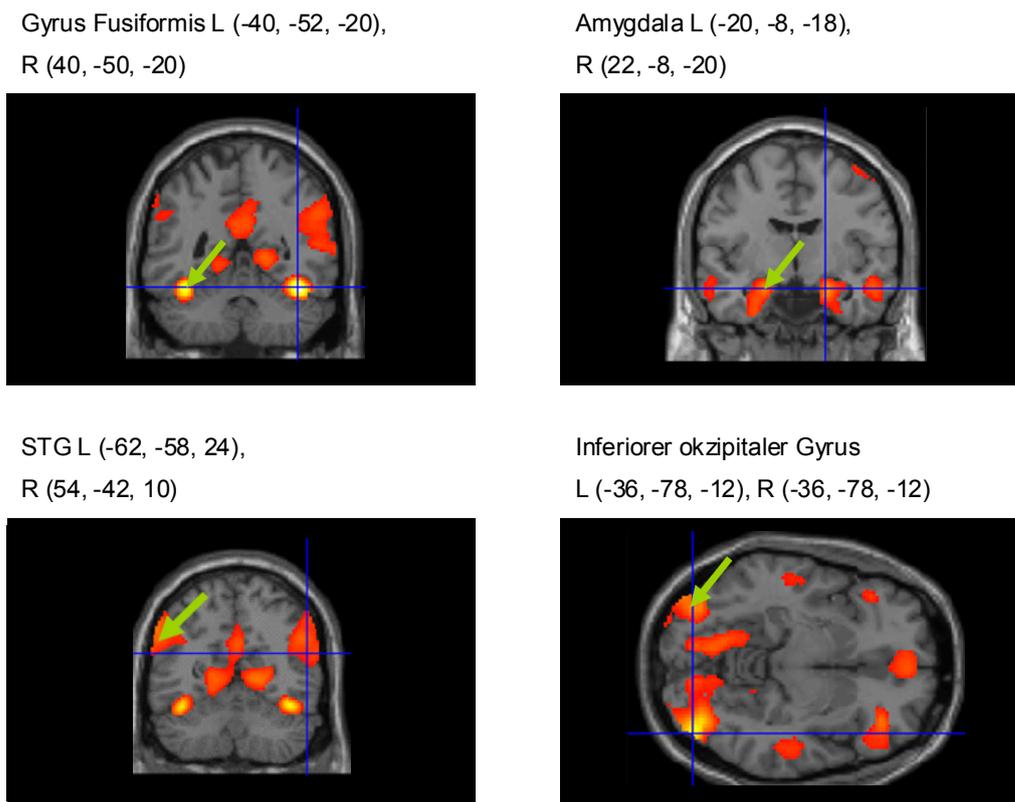


Abbildung 15: Darstellung der signifikant aktivierten Gehirnstrukturen des Kontrasts zwei (Gesichter ExpFix > Kontrolle ExpFix). Der grüne Pfeil markiert die jeweils linksseitigen Koordinaten der Struktur, das blaue Fadenkreuz markiert die jeweils rechtsseitige Struktur.

Darüber hinaus wurden weitere Regionen bei der Betrachtung von Gesichtern signifikant aktiviert, wie z.B. der rechte mediale frontale Gyrus, der mittlere temporale Gyrus bilateral und der linke inferiore Parietallappen. Diese Strukturen werden auch in der Meta-Studie von Fusar-Poli bei der Betrachtung von Gesichtern im Vergleich mit der Fixation auf ein Fadenkreuz berichtet (Fusar-Poli, Placentino, Carletti, Landi, Allen, Surguladze, Benedetti, Abbamonte, Gasparotti, Barale, Perez, McGuire und Politi, 2009).

Da für die Studie drei die Amygdala eine wichtige Rolle spielt, soll ihre Funktion bei der Gesichterbetrachtung näher untersucht werden. Aus diesem Grund wurde aus dem bereits beschriebenen Kontrast zwei das maximal aktivierte Voxel aus rechter und linker Amygdala gewählt (Amygdala L: 22, -8, -20, t-Wert: 6.14; Amygdala R: -20, -8, -18; t-Wert: 5.73). Aus diesem Voxel wurden dann für die zehn verschiedenen Bedingungen (siehe dazu die Übersicht in Tabelle 6 auf Seite 91) die Kontrastgewichte geplottet, die in Abbildung 16 für die rechte Amygdala dargestellt sind (da sich die linke Amygdala-Aktivierung kaum unterschied, wurde auf eine graphische Darstellung verzichtet).

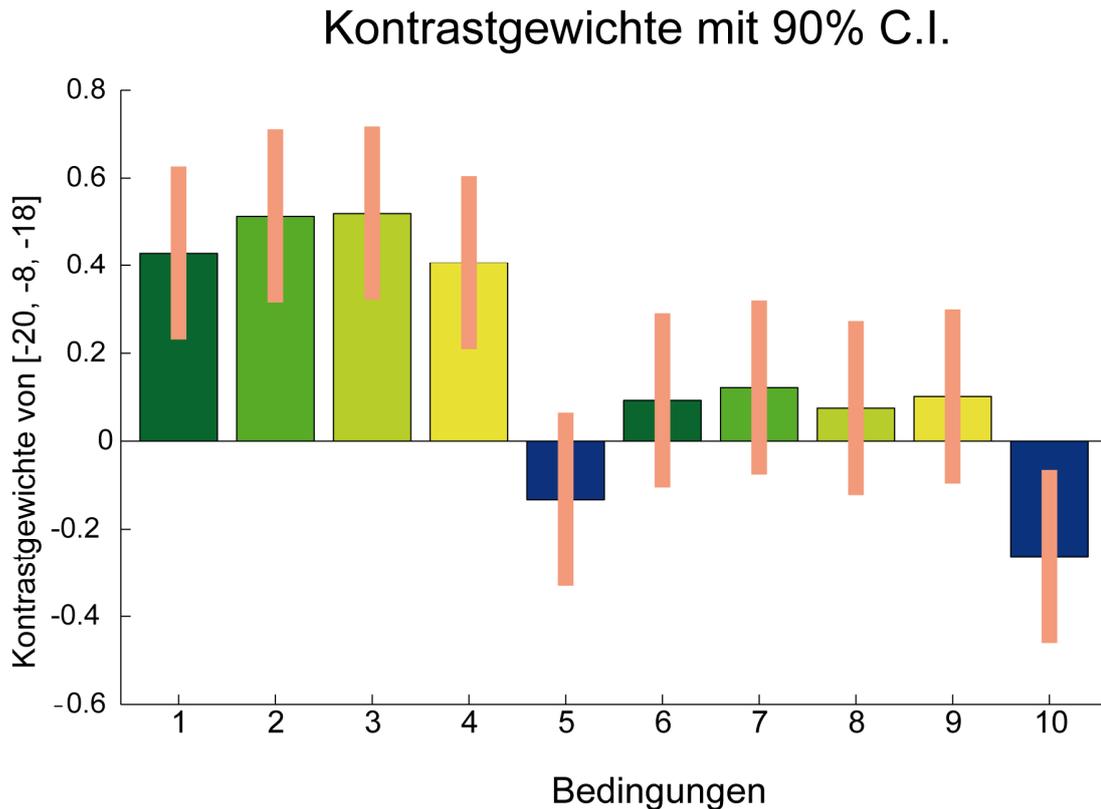


Abbildung 16: Kontrastgewichte der rechten Amygdala aus Kontrast zwei (Gesichter ExpFix > Kontrolle ExpFix) für die verschiedenen Bedingungen. Bedingungen 1 bis 5 waren unter Exploration zu betrachten, Bedingungen 6 bis 10 unter Fixation. Bedingung 1 und 6 = Neutral; 2 und 7 = Freude; 3 und 8 = Ekel; 4 und 9 = Angst; 5 und 10 = Kontrolle.

Zunächst wird aus der Abbildung 16 ersichtlich, dass Gesichtsstimuli in Explorations- und Fixationsbedingung mehr Aktivierung hervorriefen als die Kontrollstimuli. Die separate Berechnung von Explorations- (Kontrast drei; Gesichter Exp > Kontrolle Exp) und Fixationskontrast (Kontrast vier; Gesichter Fix > Kontrolle Fix) bestätigte den visuellen Eindruck der Abbildung, dass die Amygdala bilateral im Vergleich zur Kontrollbedingung sowohl unter explorativer wie fixierter Gesichterbetrachtung signifikant stärker aktiviert wurde (Aktivierungstabellen der Kontraste drei und vier siehe Anhang 6.1.9.1).

Ferner ist aus den Kontrastgewichten erkennbar, dass für jeden Gesichtsausdruck die stärkste Amygdala-Aktivierung bei explorativer Betrachtung zu finden war und dass kaum Unterschiede in der Amygdala-Aktivierung zwischen den verschiedenen Gesichtsausdrücken innerhalb eines Betrachtungsmodus bestanden. Dies gibt einen Hinweis darauf, dass die Valenz der Emotionen keinen Einfluss hatte, da die Kontrastgewichte über die Bedingungen hinweg relativ ähnlich waren. Diese Beobachtung wird an

späterer Stelle (siehe Hypothese drei) mit Hilfe von Einzelvergleichen statistisch bestätigt. Eine visuelle Darstellung der einzelnen Emotionen im Vergleich mit der Kontrollbedingung ist für rechte und linke Amygdala im Anhang 6.1.9.2 zu betrachten.

Hypothese eins a), die gesichtsspezifische Aktivierungen in Arealen des „core“ und „extended system“ der Gesichtsverarbeitung annimmt, konnte weitgehend bestätigt werden. Es wurden signifikante Aktivierungen für den inferioren okzipitalen Gyrus bilateral, superioren temporalen Gyrus bilateral, bilateralen Gyrus fusiformis und bilaterale Amygdala gefunden, allerdings keine Insula-Aktivierung festgestellt. Die Amygdala reagierte sowohl unter Explorations- wie Fixationsbedingung signifikant stärker auf Gesichter als auf Kontrollstimuli.

Hypothese eins b)

Im Vergleich mit der Kontrollbedingung führt die explorative Betrachtung von Gesichtern (Explorationsbedingung) zu stärkeren Aktivierungen in den unter Hypothese eins a) genannten Arealen als unter fixierter Betrachtung (Fixationsbedingung).

Zur Beantwortung dieser Hypothesen wurden zwei Interaktionskontraste gerechnet (Kontrast fünf; Interaktion Gesichter Exp) und (Kontrast sechs; Interaktion Gesichter Fix; Kontrastübersicht siehe Tabelle 7 auf Seite 92). Die jeweiligen signifikant aktivierten Regionen sind Tabelle 11 zu entnehmen.

Für den Interaktionskontrast fünf, der untersucht, welche Strukturen unter explorativer Betrachtung im Vergleich zu fixierter Betrachtung von Gesichtern im Unterschied zur Kontrollbedingung stärker aktiviert waren, tauchten einige der unter Hypothese eins a) bereits genannten Strukturen auf, wie der linke superiore frontale Gyrus und der mediale frontale Gyrus bilateral. Darüber hinaus wurden das rechte posteriore Zingulum sowie der linguale Gyrus aktiviert, was auch in der Meta-Studie von Fusar-Poli berichtet wird (Fusar-Poli, Placentino, Carletti, Landi, Allen, Surguladze, Benedetti, Abbamonte, Gasparotti, Barale, Perez, McGuire und Politi, 2009).

Der umgekehrte Interaktionseffekt (Kontrast sechs), der nach stärkerer Aktivierung in der Fixations- im Vergleich zur Explorationsbedingung bei der Gesichterbetrachtung suchte, konnte auch bereits in Hypothese eins a) genannte Areale, wie den rechten inferioren Parietallappen und linken mittleren temporalen Gyrus bestätigen. An weiterer signifikanter Aktivierung, die auch in der Meta-Analyse genannt wird, waren der linke mittlere okzipitale Gyrus und

der superiore Parietallappen zu berichten (Fusar-Poli, Placentino, Carletti, Landi, Allen, Surguladze, Benedetti, Abbamonte, Gasparotti, Barale, Perez, McGuire und Politi, 2009).

Tabelle 11: Differentielle Aktivierungen für Kontraste fünf (Interaktion Gesichter Exp) und sechs (Interaktion Gesichter Fix).

Region	BA	X MNI	Y MNI	Z MNI	t-Wert	Cluster Size
Kontrast fünf (Interaktion Gesichter Exp)						
Medial Frontal Gyrus	10	-10	46	-10	5.00	704
Medial Frontal Gyrus	11	5	36	-20	4.61	
Rectal Gyrus	11	2	32	-26	4.27	
Superior Frontal Gyrus	8	-8	52	48	4.02	150
Superior Frontal Gyrus	9	-8	52	36	3.96	
Cuneus	17	14	-88	2	3.78	678
Posterior Cingulate	30	6	-72	10	3.71	
Lingual Gyrus	18	6	-80	0	3.64	
Medial Frontal Gyrus	10	8	52	10	3.65	62
Medial Frontal Gyrus	19	6	54	18	3.38	
Kontrast sechs (Interaktion Gesichter Fix)						
Inferior Parietal Lobule	40	36	-40	48	4.51	863
Inferior Parietal Lobule	40	42	-44	54	4.25	
Postcentral Gyrus	5	44	-44	62	4.23	
Middle Occipital Gyrus	37	-48	-72	2	3.97	121
Inferior Temporal Gyrus	37	52	-54	-4	3.73	44
Superior Parietal Lobule	7	-14	-70	56	3.62	62
Postcentral Gyrus	2	56	-24	46	3.56	39
Middle Temporal Gyrus	19	-44	-84	16	3.45	43
Middle Occipital Gyrus	19	-34	-92	12	3.23	
Inferior Parietal Lobule	40	-40	-44	60	3.34	45

Anmerkungen: Die korrespondierenden t-Werte der Maxima basieren auf einem unkorrigierten Grenzwert von $p < 0.001$ und einer Mindestgröße von 20 Voxeln, korrigiert über das gesamte Gehirn. MNI-Koordinaten x, y, z [mm].

Die Hypothese eins b) kann anhand dieser Befunde nicht bestätigt werden, da sowohl für den Explorations-Interaktionskontrast wie den Fixations-Interaktionskontrast signifikante Aktivierungen der unter Hypothese eins a) berichteten Strukturen auftraten. Auffallend war jedoch, dass für den Explorations-Interaktionskontrast frontale, okzipitale und limbische Aktivierungen dominierten, während im Fixations-Interaktionskontrast sechs eher parietale, okzipitale und temporale Strukturen aktiviert wurden.

Hypothese zwei

Die Betrachtung von emotionalen Gesichtern führt im Vergleich mit neutralen Gesichtern zu stärkeren Aktivierungen in Arealen, die für die faziale Emotionserkennung relevant sind (Amygdala, Insula, ventromedialer präfrontaler Kortex (vmPFK), Gyrus fusiformis (FFA)); siehe dazu auch Kapitel 2.6). Diese Hypothese soll auch in Abhängigkeit von den beiden Betrachtungsmodi geprüft werden.

Die Berechnung des Emotionskontrasts (Kontrast sieben; Emo ExpFix > N ExpFix; siehe Kontrastübersicht Tabelle 7 auf Seite 92) ergab für keine der genannten Strukturen signifikante Aktivierungen. Lediglich parahippokampale Aktivierungen, die sich allerdings nicht ganz bis zur Amygdala erstreckten, wurden gefunden. Des Weiteren wurden verschiedene frontale, temporale und posteriore Strukturen aktiviert (siehe Tabelle 12).

Tabelle 12: Differentielle Aktivierungen für Kontrast sieben (Emo ExpFix > N ExpFix).

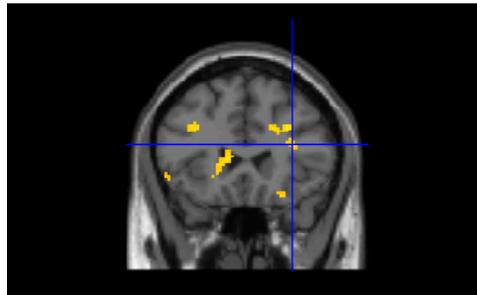
Region	BA	X MNI	Y MNI	Z MNI	t-Wert	Cluster Size
Superior Frontal Gyrus	10	-12	64	24	5.36	159
Middle Frontal Gyrus	10	-26	62	24	3.67	
Middle Temporal Gyrus	22	54	-40	-6	3.90	193
Middle Temporal Gyrus	22	50	-40	8	3.71	
Middle Temporal Gyrus	22	54	-46	0	3.24	
Parahippocampal Gyrus	36	-30	-28	-18	3.86	29
Middle Temporal Gyrus		-52	-36	-2	3.63	53
Middle Temporal Gyrus	22	-52	-48	2	3.60	
Middle Temporal Gyrus	21	-54	-4	-14	3.60	25
Inferior Semi-Lunar Lobule		-12	-82	-48	3.53	24
Inferior Semi-Lunar Lobule		22	-84	-50	3.52	20

Anmerkungen: Die korrespondierenden t-Werte der Maxima basieren auf einem unkorrigierten Grenzwert von $p < 0.001$ und einer Mindestgröße von 20 Voxeln, korrigiert über das gesamte Gehirn. MNI-Koordinaten x, y, z [mm].

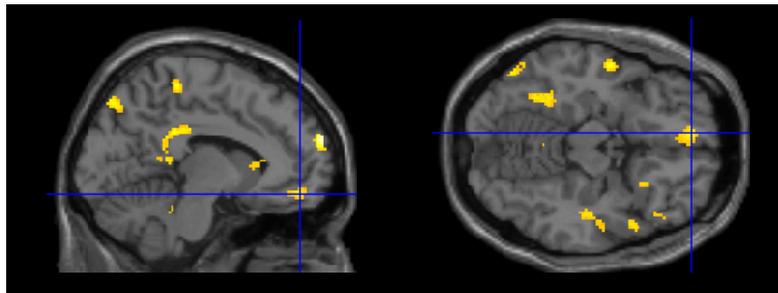
Der umgekehrte Emotionskontrast (Kontrast acht; N ExpFix > Emo ExpFix), der berechnet, welche Strukturen bei neutralen Gesichtern signifikant stärker aktiviert waren als bei emotionalen, ergab keine signifikant aktivierten Voxel.

Zur erweiterten Prüfung der Hypothese zwei wurden der jeweilige Emotionskontrast für die Explorations- (Kontrast neun; Emo Exp > N Exp) und die Fixationsbedingung (Kontrast zehn; Emo Fix > N Fix) separat berechnet.

Insula R (34, 24, 18)



Ventromedialer präfrontaler Kortex L (-8, 50, -14)



Gyrus Fusiformis R (38, -36, -20)

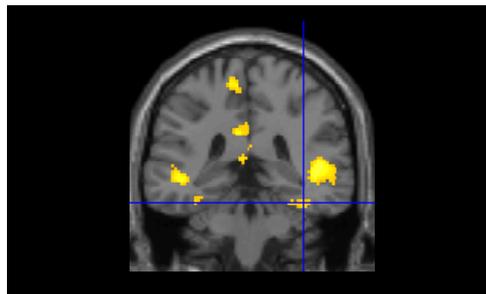


Abbildung 17: Darstellung der signifikant aktivierten Gehirnstrukturen des Kontrasts neun (Emo Exp > N Exp). Das blaue Fadenkreuz markiert die jeweilig genannte Struktur.

Tabelle 13 gibt Auskunft über die signifikant aktivierten Strukturen unter Exploration. In diesem Kontrast sind rechtsseitige Insula, rechtsseitiger fusiformer Gyrus sowie ventromedialer präfrontaler Kortex (vmPFK) links signifikant aktiviert (siehe Abbildung 17). Die Amygdala wurde auch in diesem Kontrast nicht aktiviert, allerdings können auch hier parahippokampale Aktivierungen berichtet werden.

Tabelle 13: Differentielle Aktivierungen für Kontrast neun (Emo Exp > N Exp).

Region	BA	X MNI	Y MNI	Z MNI	t-Wert	Cluster Size
Superior Frontal Gyrus	10	-10	66	24	5.70	236
Parahippocampal Gyrus	36	-28	-28	-20	4.93	203
Superior Temporal Gyrus	38	46	20	-36	4.55	116
Middle Temporal Gyrus	21	44	8	-34	4.22	
Superior Temporal Gyrus	41	48	-32	6	4.51	4638
Middle Temporal Gyrus	21	56	-40	-4	3.75	
Paracentral Lobule	6	-12	-34	62	4.33	86
Medial Frontal Gyrus	10	-24	40	0	4.27	392
Inferior Frontal Gyrus	47	-22	28	-4	4.00	
Caudate	Caudate	-14	22	6	3.87	
	Head					
Inferior Temporal Gyrus	20	48	-22	-18	4.22	112
Middle Temporal Gyrus	21	52	-12	-14	3.43	
Culmen		-2	-50	-4	4.18	558
Cingulate Gyrus	31	-8	-36	30	3.84	
Cingulate Gyrus	31	0	-30	36	3.83	
Superior Temporal Gyrus	22	-46	-36	-4	4.08	81
Middle Temporal Gyrus	22	-52	-38	6	3.27	
Middle Frontal Gyrus	9	-34	20	30	4.01	64
Precuneus	7	-10	-82	52	4.01	90
Medial Frontal Gyrus	11	-8	50	-14	4.00	84
Inferior Frontal Gyrus	47	50	22	-18	4.00	54
Middle Frontal Gyrus	11	28	34	-16	3.52	
Middle Temporal Gyrus	21	-54	-4	-14	3.99	113
Middle Temporal Gyrus	21	-58	-2	-25	3.57	
Middle Temporal Gyrus	39	-30	-60	26	3.97	59
Lentiform Nucleus	Lateral	-20	-8	6	3.90	25
	Globus					
	Pallidus					
Anterior Cingulate	32	16	40	14	3.90	45
		-44	-20	34	3.89	44
Superior Temporal Gyrus	38	-42	12	-36	3.88	43
Insula	13	34	24	18	3.88	25
Precentral Gyrus	6	46	-6	26	3.83	118
Precentral Gyrus	6	54	-8	38	3.53	
Parahippocampal Gyrus	19	-32	-52	-12	3.83	78
Inferior Frontal Gyrus	47	50	28	-12	3.82	77
Inferior Frontal Gyrus	47	40	32	-8	3.20	
Clastrum		28	0	24	3.81	21
Inferior Temporal Gyrus	37	-60	-62	-10	3.80	72
Middle Occipital Gyrus	19	-50	-72	-14	3.73	
Superior Temporal Gyrus	38	54	10	-16	3.78	44
Inferior Parietal Lobule	40	-48	-42	40	3.77	28
Superior Temporal Gyrus	22	-50	-18	-6	3.76	65
Middle Temporal Gyrus	21	-54	-25	-10	3.39	
Inferior Semi-Lunar Lobule		22	-76	-48	3.76	54
Inferior Semi-Lunar Lobule		38	-74	-50	3.76	63
Inferior Semi-Lunar Lobule		44	-55	-50	3.74	
Inferior Temporal Gyrus	37	-60	-62	-10	3.80	72
Middle Occipital Gyrus	19	-50	-72	-14	3.73	
Superior Temporal Gyrus	38	54	10	-16	3.78	44
Inferior Parietal Lobule	40	-48	-42	40	3.77	28
Superior Temporal Gyrus	22	-50	-18	-6	3.76	65
Middle Temporal Gyrus	21	-54	-25	-10	3.39	
Inferior Semi-Lunar Lobule		22	-76	-48	3.76	54

Region	BA	X MNI	Y MNI	Z MNI	t-Wert	Cluster Size
Inferior Semi-Lunar Lobule		38	-74	-50	3.76	63
Inferior Semi-Lunar Lobule		44	-55	-50	3.74	
Middle Frontal Gyrus	9	30	24	30	3.76	73
Medial Frontal Gyrus	9	20	24	30	3.65	
Cingulate Gyrus	32	24	14	34	3.50	
Precuneus	7	18	-48	60	3.71	35
Superior Parietal Lobule	7	-34	-66	58	3.71	129
Superior Frontal Gyrus	10	22	68	14	3.71	24
Fusiform Gyrus	20	38	-36	-20	3.68	45
Middle Frontal Gyrus	47	-44	32	0	3.63	90
Superior Temporal Gyrus	13	-56	-44	16	3.61	51
Superior Temporal Gyrus	22	-55	-42	8	3.49	
Culmen		-12	-38	-24	3.59	30

Anmerkungen: Die korrespondierenden t-Werte der Maxima basieren auf einem unkorrigierten Grenzwert von $p < 0.001$ und einer Mindestgröße von 20 Voxeln, korrigiert über das gesamte Gehirn. MNI-Koordinaten x, y, z [mm].

Der Fixationskontrast zehn zeigte keine signifikant aktivierten Strukturen.

Um herauszufinden, welche Regionen bei der explorativen Betrachtung von emotionalen im Vergleich mit neutralen Gesichtern signifikant aktiviert wurden, wurde der Explorations-Interaktionskontrast 11 gerechnet (Interaktion Emo Exp; siehe Tabelle 14). Dieser bestätigte, dass die Aktivierung in vmPFK und FFA signifikant stärker unter Exploration auftraten als unter Fixation. Allerdings waren die Hemisphären im Vergleich zu Kontrast 18 jeweils verschieden: linksseitige FFA und rechtsseitiger vmPFK. Die rechtsseitige Insula-Aktivierung entfiel in diesem Kontrast.

Um zu prüfen, ob signifikante Unterschiede in den a-priori definierten Strukturen vorlagen, wenn jede einzelne Emotionsbedingung mit der neutralen verglichen wurde, wurden zunächst Einzelvergleiche unabhängig von der Betrachtungsbedingung berechnet (Kontraste 12 bis 14; F > N; E > N; A > N). Wie Tabelle 15 zeigt, konnte nur für den Vergleich Freude > Neutral rechtsseitige Insula-Aktivierung gefunden werden, ansonsten wurde keine der a-priori definierten Regionen signifikant. Eine Analyse der Einzelvergleiche unter Berücksichtigung der Betrachtungsbedingung (Kontraste 15 bis 20; F Exp > N Exp, E Exp > N Exp, A Exp > N Exp, F Fix > N Fix, E Fix > N Fix, A Fix > N Fix) zeigte nur für explorative Betrachtung aktivierte Voxel (Explorations-Einzelvergleiche, Kontraste 15 bis 17 siehe Anhang 6.1.9.1). Darunter waren auch Aktivierungen in a-priori definierten Regionen, die bei Freude im Vergleich mit neutral auf FFA bilateral, Insula bilateral und vmPFK links entfielen, bei Ekel auf linke Insula und vmPFK bilateral.

Tabelle 14: Differentielle Aktivierungen für Kontrast 11 (Interaktion Emo Exp).

Region	BA	X MNI	Y MNI	Z MNI	t-Wert	Cluster Size
Anterior Cingulate	32	-16	32	24	5.01	224
Medial Frontal Gyrus	9	-24	32	22	4.50	
Medial Frontal Gyrus	9	-15	42	28	3.79	
Anterior Cingulate	32	16	40	14	4.28	121
Medial Frontal Gyrus	10	16	52	15	3.85	
Anterior Cingulate	32	8	35	15	3.32	
Parahippocampal Gyrus	36	-26	-28	-22	4.09	95
Parahippocampal Gyrus	36	-34	-30	-24	3.55	
Posterior Cingulate	23	-10	-42	22	4.02	36
Fusiform Gyrus	37	-52	-46	-18	3.94	37
Middle Temporal Gyrus	19	-32	-64	16	3.88	22
Middle Frontal Gyrus	10	-30	48	0	3.87	103
Parahippocampal Gyrus	20	46	-20	-18	3.83	40
Parahippocampal Gyrus	35	30	-26	-30	3.74	66
Parahippocampal Gyrus	35	22	-22	-30	3.74	
Paracentral Lobule	5	20	-46	58	3.73	41
Lentiform Nucleus	Lateral Globus	-18	-4	8	3.65	31
	Pallidus					
Superior Temporal Gyrus	22	44	-34	-4	3.62	22
Precentral Gyrus	9	-32	8	38	3.58	24
Caudate	Caudate Body	-16	20	8	3.53	27

Anmerkungen: Die korrespondierenden t-Werte der Maxima basieren auf einem unkorrigierten Grenzwert von $p < 0.001$ und einer Mindestgröße von 20 Voxeln, korrigiert über das gesamte Gehirn. MNI-Koordinaten x, y, z [mm].

Tabelle 15: Kontraste 12 (F > N), 13 (E > N) und 14 (A > N).

Region	BA	X MNI	Y MNI	Z MNI	t-Wert	Cluster Size
Kontrast 12 (F > N)						
Superior Frontal Gyrus	10	-10	66	24	5.30	190
Middle Frontal Gyrus	10	-26	62	26	3.85	
Superior Frontal Gyrus	9	-25	56	34	3.44	
Middle Frontal Gyrus	9	28	20	32	4.26	93
Insula	13	-50	-42	16	4.20	99
Superior Temporal Gyrus	41	48	-34	8	4.00	33
Middle Temporal Gyrus	21	-54	-4	-12	3.78	80
Superior Temporal Gyrus	38	-54	6	-8	3.47	
Superior Temporal Gyrus	22	-60	4	-2	3.40	
Superior Temporal Gyrus	22	54	0	-4	3.75	48
Paracentral Lobule	6	-12	-34	62	3.73	36
Insula	13	40	-26	22	3.69	74
Insula	13	40	-36	18	3.36	
Postcentral Gyrus	2	40	-28	32	3.30	
Inferior Parietal Lobule	40	-46	-40	42	3.67	21
Parahippocampal Gyrus	37	-28	-46	-12	3.52	31
Parahippocampal Gyrus	37	-32	-38	-14	3.30	
Superior Parietal Lobule	7	-30	-60	48	3.51	23

Region	BA	X MNI	Y MNI	Z MNI	t-Wert	Cluster Size
Kontrast 13 (E > N)						
Inferior Semi-Lunar Lobule		-14	-84	-48	4.05	52
Superior Frontal Gyrus	10	-14	66	24	3.98	37
Inferior Semi-Lunar Lobule		40	-74	-50	3.97	36
Inferior Semi-Lunar Lobule		22	-84	-50	3.95	33
Superior Temporal Gyrus	22	-48	-38	-2	3.75	32
Middle Temporal Gyrus	22	-50	-46	-2	3.27	

Kontrast 14 (A > N)						
Superior Frontal Gyrus	10	-12	64	24	4.14	53

Anmerkungen: Die korrespondierenden t-Werte der Maxima basieren auf einem unkorrigierten Grenzwert von $p < 0.001$ und einer Mindestgröße von 20 Voxeln, korrigiert über das gesamte Gehirn. MNI-Koordinaten x, y, z [mm].

Die Hypothese zwei kann anhand der gewonnenen Ergebnisse nur teilweise bestätigt werden. Für den Kontrast des Haupteffekts Emotion (Kontrast sieben) wurden keine der emotionsassoziierten Strukturen aktiviert. Auch für den umgekehrten Emotionskontrast wurde keine emotionsassoziierte Region gefunden, die bei neutralen Stimuli stärker aktiviert wurde als bei emotionalen (Kontrast acht).

Beim Vergleich von emotionalen mit neutralen Stimuli unter Explorationsbedingung (Kontrast neun) und im Explorations-Interaktionskontrast (Kontrast 11) wurden jedoch signifikante Aktivierungen in apriori definierten Regionen (FFA, vmPFC und für Kontrast acht auch rechtsseitige Insula) gefunden. Dennoch wurde in keinem Kontrast die Amygdala signifikant aktiviert.

Vergleiche der einzelnen Emotionen mit der neutralen Bedingung zeigten unabhängig vom Betrachtungsmodus nur bei Freude (Kontrast 12) Insula-Aktivierung rechts. Weitere Einzelvergleiche erbrachten unter Exploration Aktivierungen bei Freude (Kontrast 15) in FFA bilateral, Insula bilateral und vmPFC und bei Ekel (Kontrast 16) im bilateralen vmPFC und der linken Insula. Der Vergleich der Angstbedingung (Kontrast 17) mit der neutralen ergab unter Exploration keine signifikante Aktivierung in einer der a-priori definierten Regionen. Die entsprechenden Fixationskontraste zeigten keine signifikant aktivierten Voxel.

Hypothese drei

Die verschiedenen Emotionen (Angst, Ekel, Freude) führen zu unterschiedlichen Aktivierungen in den unter Hypothese zwei genannten Arealen und sollen auch in Abhängigkeit vom Betrachtungsmodus untersucht werden.

Zur Beantwortung dieser Hypothese wurden zunächst sechs Einzelvergleiche für die verschiedenen Emotionen unabhängig vom Betrachtungsmodus berechnet (Kontraste 21 bis 26, F > E, E > F, F > A, A > F, E > A, A > E; siehe Kontrastübersicht in Tabelle 7 auf Seite 92). Lediglich die Vergleiche von Freude > Ekel (Kontrast 21) und Freude > Angst (Kontrast 23) erbrachten signifikante Aktivierungen (siehe Tabelle 16). Dabei entfiel allerdings nur für den erstgenannten Kontrast signifikante Aktivierung auf eine der a-priori definierten Regionen, die linke Insula.

Tabelle 16: Differentielle Aktivierungen der Emotions-Einzelvergleiche unabhängig vom Betrachtungsmodus.

Region	BA	X MNI	Y MNI	Z MNI	t-Wert	Cluster Size
Kontrast 21 (F > E)						
Anterior Cingulate	32	24	32	24	4.56	95
Anterior Cingulate	32	15	32	22	4.26	
Insula	13	-46	-38	18	4.18	79
Kontrast 23 (F > A)						
Middle Frontal Gyrus	11	-22	48	-12	4.01	20
Parahippocampal Gyrus	19	32	-46	-6	3.96	60
Precuneus	31	-18	-66	22	3.76	28
Precentral Gyrus	43	54	-8	14	3.72	20
Inferior Frontal Gyrus	47	34	20	-10	3.62	32
Precuneus	31	20	-68	22	3.59	35
Middle Frontal Gyrus	46	-38	32	26	3.51	20

Anmerkungen: Die korrespondierenden t-Werte der Maxima basieren auf einem unkorrigierten Grenzwert von $p < 0.001$ und einer Mindestgröße von 20 Voxeln, korrigiert über das gesamte Gehirn. MNI-Koordinaten x, y, z [mm].

In einem weiteren Schritt sollte geprüft werden, wie die Einzelvergleiche in Abhängigkeit vom Betrachtungsmodus aussehen. Zu diesem Zweck wurden zwölf weitere Einzelvergleiche für die verschiedenen Emotionen getrennt für Explorations- und Fixationsbedingung gerechnet (Kontraste 27 bis 38; Definition der einzelnen Kontraste siehe Tabelle 7 auf Seite 92). Signifikant aktivierte Areale wurden für folgende Kontraste unter Exploration gefunden:

Freude > Ekel (Kontrast 27), Freude > Angst (Kontrast 29), Ekel > Angst (Kontrast 31).

Signifikant aktivierte Areale wurden für folgende Kontraste unter Fixation gefunden: Freude > Ekel (Kontrast 33), Freude > Angst (Kontrast 35), Angst > Ekel (Kontrast 36).

Die signifikant aktivierten Strukturen der Einzelvergleiche sind in Tabelle 17 dargestellt und umfassen einige der bereits für die Gesichtsverarbeitung allgemein relevanten Strukturen.

Tabelle 17: Differentielle Aktivierungen der Emotions-Einzelvergleiche abhängig vom Betrachtungsmodus.

Region	BA	X MNI	Y MNI	Z MNI	t-Wert	Cluster Size
Kontrast 27 (F Exp > E Exp)						
Anterior Cingulate	32	16	32	20	4.45	70
Anterior Cingulate	32	25	30	24	4.09	
Anterior Cingulate	32	-8	22	-10	3.61	27
Kontrast 29 (F Exp > A Exp)						
Superior Temporal Gyrus	38	34	6	-18	4.27	107
Sub-Gyral	21	42	-4	-10	4.07	
Precentral Gyrus	6	-36	-18	34	4.26	31
Rectal Gyrus	11	-2	22	-22	4.18	49
Clastrum		-32	-10	12	4.15	25
Precuneus	19	38	-78	40	4.15	176
Middle Temporal Gyrus	39	30	-56	24	4.02	162
Precuneus	7	24	-52	32	3.51	
Precentral Gyrus	43	54	-8	14	3.99	24
Sub-Gyral	21	-42	-2	-12	3.97	59
Postcentral Gyrus	1	-56	-28	40	3.81	36
Posterior Cingulate	29	16	-50	20	3.64	44
Postcentral Gyrus	3	64	-16	30	3.64	76
Precentral Gyrus	4	54	-18	32	3.45	
Postcentral Gyrus	43	55	-8	20	3.38	
Postcentral Gyrus	5	18	-48	64	3.60	26
Precuneus	31	-18	-66	22	3.60	22
Kontrast 31 (E Exp > A Exp)						
Precentral Gyrus	4	-32	-18	40	3.79	33
Precentral Gyrus	6	-62	-8	30	3.59	35
Kontrast 33 (F Fix > E Fix)						
Superior Temporal Gyrus	41	48	-32	8	4.38	36
Insula	13	-44	-38	18	4.02	59
Superior Frontal Gyrus	10	26	44	24	3.95	79
Medial Frontal Gyrus	9	24	35	15	3.82	
Superior Temporal Gyrus	41	-56	-20	4	3.86	46
Superior Temporal Gyrus	22	52	12	-10	3.83	63
Cingulate Gyrus	24	-12	8	40	3.82	24
Inferior Frontal Gyrus	9	48	6	20	3.71	51
Inferior Frontal Gyrus	9	52	4	28	3.22	

Region	BA	X MNI	Y MNI	Z MNI	t-Wert	Cluster Size
Parahippocampal Gyrus	36	26	-42	-10	3.68	29
Inferior Parietal Lobule	40	68	-26	24	3.53	21
Insula	13	-42	-18	14	3.53	45
Insula	13	-44	-25	18	3.42	

Kontrast 35 (F Fix > A Fix)

Cingulate Gyrus	32	16	24	38	3.85	20
-----------------	----	----	----	----	------	----

Kontrast 36 (A Fix > E Fix)

Cingulate Gyrus	32	-54	-18	-2	3.61	29
-----------------	----	-----	-----	----	------	----

Anmerkungen: Die korrespondierenden t-Werte der Maxima basieren auf einem unkorrigierten Grenzwert von $p < 0.001$ und einer Mindestgröße von 20 Voxeln, korrigiert über das gesamte Gehirn. MNI-Koordinaten x, y, z [mm].

Die Analyse soll sich jedoch, entsprechend der Hypothese, auf die a-priori definierten Regionen von Amygdala, Insula, vmPFC und FFA beschränken. Lediglich für Kontrast 33 (Freude Fix > Ekel Fix) wurde entsprechend der a-priori definierten Areale signifikante Aktivierung in der linken Insula gefunden. Dies bedeutet auch, wie bereits bei der Beantwortung der Hypothese eins genannt, dass keine emotionsspezifische Amygdala-Aktivierungen auf dem Level $p < 0.001$ gefunden wurden. Auch bei einer explorativen Signifikanzschwelle von $p < .05$ trat die Amygdala in keinem der Einzelvergleiche hervor. Dieser Befund galt auch für die anderen a-priori definierten Strukturen (Insula, vmPFC, FFA).

Die Hypothese drei, die annimmt, dass die verschiedenen Emotionen (Angst, Ekel, Freude) unterschiedliche Aktivierungen in emotionsassoziierten Gehirnarealen hervorrufen, konnte nur teilweise bestätigt werden, da lediglich für den Kontrast Freude > Ekel und denselben Vergleich unter Fixation linksseitige Insula-Aktivierung gefunden wurde. Amygdala, vmPFC oder FFA wurden in keinem Vergleich signifikant.

3.1.3.2 Psychophysiologische Daten

Hypothese vier

Es gibt Unterschiede hinsichtlich der Augenbewegungen zwischen emotionalen und neutralen Gesichtern sowie emotionsspezifische Effekte, die sich besonders unter Einbeziehung der drei AOI zeigen.

Zunächst wurde eine ANOVA mit Messwiederholung mit zwei Stufen für emotionale und neutrale Gesichter berechnet. Weder für die abhängige Variable der Fixationsanzahl ($F(1,16) = 0.0$, $p = .990$) noch für die mediane Fixationsdauer ($F(1,16) = 0.9$, $p = .359$) wurden signifikante Unterschiede gefunden. Die Mittelwerte der jeweiligen Bedingungen sind in Tabelle 18 zu finden. Die Anzahl an Fixationen für emotionale und neutrale Gesichter ist mit 5.53 Fixationen identisch ($SD = 1.52$ Fix bzw. 1.27 Fix), die mediane Fixationsdauer jedoch ist bei emotionalen Gesichtern mit 443.85 ms ($SD = 121.91$ ms) deskriptiv kürzer als die für neutrale mit 473.18 ms ($SD = 189.01$ ms).

Tabelle 18: Mittlere Fixationsanzahl und mediane Fixationsdauer je Stimulus für emotionale und neutrale Gesichter.

Emotion	M NrFix	SD NrFix	M Med FixDauer (ms)	SD Med FixDauer (ms)
Neutral	5.53	1.52	473.18	189.01
Emotion	5.53	1.27	443.85	121.91

Anmerkungen: NrFix = Fixationsanzahl; Med FixDauer = Mediane Fixationsdauer.

Im Anschluss wurde eine weitere ANOVA mit Messwiederholung mit den vier Emotions-Stufen berechnet, um nach emotionsspezifischen Unterschieden zu suchen. Für die Anzahl an Fixationen wurde kein signifikanter Effekt gefunden ($F(3,48) = 0.8$, $p = .492$). Die jeweiligen Mittelwerte der verschiedenen Emotionen sind in Tabelle 19 zu sehen. Auch wenn sich die mittleren Fixationsanzahlen je Emotion nicht stark unterscheiden, fällt deskriptiv auf, dass ein Gesicht, das einen angeekelten Ausdruck zeigte, weniger häufig fixiert wurde ($M = 5.35$ Fix, $SD = 1.30$ Fix), als die drei anderen untersuchten Emotionen und freudige Gesichter am häufigsten betrachtet wurden ($M = 5.74$ Fix, $SD = 1.38$ Fix). Abbildung 18 stellt beispielhafte Betrachtungspfade bei unterschiedlichen Gesichtsausdrücken dar.

Tabelle 19: Mittlere Fixationsanzahl und mediane Fixationsdauer je Stimulus in Abhängigkeit von Emotionskategorie.

Emotion	M NrFix	SD NrFix	M Med FixDauer (ms)	SD Med FixDauer (ms)
Neutral	5.53	1.52	473.18	189.01
Freude	5.74	1.38	445.29	152.06
Ekel	5.35	1.30	477.24	139.38
Angst	5.57	1.43	427.68	105.00

Die ANOVA mit Messwiederholung für die abhängige Variable der medianen Fixationsdauer war bezogen auf den Faktor Emotion ebenfalls nicht signifikant ($F(2,35) = 1.3$, $p = .297$). Die deskriptive Betrachtung der mittleren Fixationsdauern jedoch ergab, dass Gesichter, die Ekel zeigten, längere mediane Fixationsdauern hervorriefen ($M = 477.24$ ms, $SD = 139.38$ ms) als die anderen Emotionen. Angstvolle Gesichter demgegenüber evozierten die kürzesten ($M = 427.68$ ms, $SD = 105$ ms) (siehe Tabelle 19).

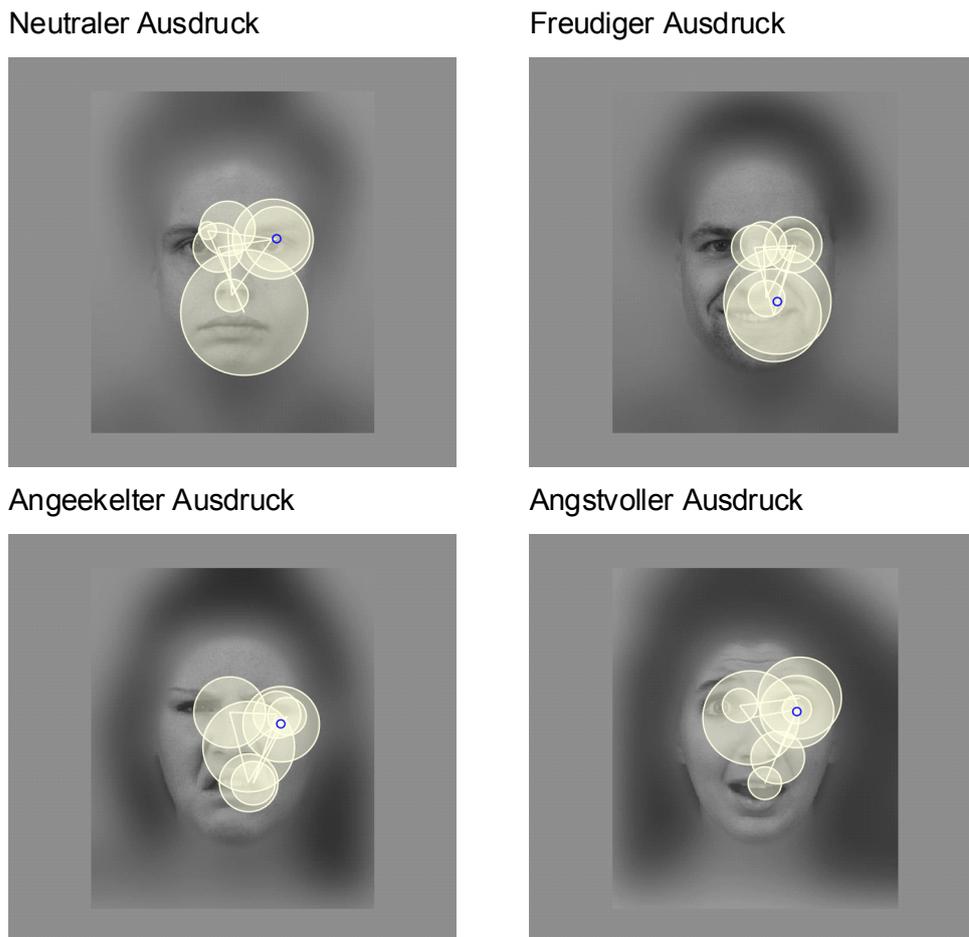


Abbildung 18: Beispielhafte Darstellung von Betrachtungspfaden eines Probanden bei der explorativen Betrachtung von neutralem, freudigem, angeekeltem und angstvollem Gesichtsausdruck. Die Linien geben den Betrachtungspfad wieder, die Kreise beschreiben die Fixationen an der zugrunde liegenden Stelle (je größer der Kreis, desto länger die Fixationsdauer). Der blaue Punkt markiert den Abschlusspunkt der Betrachtung.

Obwohl kein signifikanter Effekt für die Fixationsanzahl gefunden wurde, sollte geprüft werden, ob sich Unterschiede bei der Betrachtung der verschiedenen Emotionen anhand der Fixationen auf den AOI manifestieren. Zur Prüfung

dieser Annahme wurde deshalb als weiterer Faktor „AOI“ mit drei Stufen (Augen, Nase, Mund) in das Modell hinzugenommen.

Die Analyse der abhängigen Variablen Fixationsanzahl wurde für den Hauptfaktor AOI statistisch signifikant ($F(1,21) = 6.7, p < .05$). Dieses Ergebnis konnte durch post-hoc durchgeführte paarweise Vergleiche mit dem signifikanten Unterschied zwischen Augen und Mund erklärt werden. Auf die Augen wurden im Mittel 39.50 % der Fixationen gerichtet, gefolgt von der Nasenregion mit 26.25 % und dem Mund mit 21.70 %. Die restlichen 13.53 % entfielen auf Bereiche außerhalb der drei AOI (AOI 4). Der zweite Hauptfaktor Emotion ($F(3,48) = 0.4, p = .771$) und die Interaktion von Emotion und AOI ($F(6,96) = 1.2, p = .305$) dagegen wurde nicht signifikant. Tabelle 20 zeigt die Verteilung der mittleren Fixationshäufigkeiten in Abhängigkeit von AOI.

Tabelle 20: Mittlere Fixationsanzahl und mediane Fixationsdauern je Stimulus in Abhängigkeit von AOI.

AOI	M NrFix	SD NrFix	% NrFix	M Med FixDauer (ms)	SD Med FixDauer (ms)
Augen	2.13	0.85	38.50	516.63	175.89
Nase	1.47	0.57	26.25	463.77	200.68
Mund	1.16	0.48	21.70	385.42	204.42
AOI 4	0.76	0.55	13.53	428.81	277.39

Anmerkung: AOI 4 = Alle Fixationen außerhalb von Augen, Nase, Mund.

Die statistische Prüfung der medianen Fixationsdauer wurde auch in Abhängigkeit von AOI und Emotion berechnet. Wie für die Fixationsanzahl wurde lediglich der Hauptfaktor AOI signifikant ($F(2,15) = 6.1, p < .05$). Dieser Befund beruht auf dem signifikanten Unterschied der medianen Fixationsdauern zwischen den AOI Augen und Mund, wie post-hoc Vergleiche zeigten. Die Augenregion wurde im Mittel 517 ms ($SD = 176$ ms) betrachtet, während auf den Mund eine mediane Fixationsdauer von 385 ms ($SD = 204$ ms) entfiel (siehe Tabelle 20). Die Nasenregion wurde mit 464 ms ($SD = 201$ ms) als zweithäufigste AOI betrachtet. Der Faktor Emotion ($F(3,48) = 1.6, p = .200$) sowie die Interaktion von Emotion und AOI ($F(2,39) = 1.7, p = .191$) wurden nicht signifikant.

Hypothese drei kann nur eingeschränkt bestätigt werden. Es finden sich weder für den Vergleich emotionaler mit neutralen Stimuli sowie innerhalb der verschiedenen Emotionen signifikante Effekte für Fixationsanzahl und mediane Fixationsdauer. Für die Vergleiche innerhalb der verschiedenen Emotionen

wurde jedoch für beide Parameter ein signifikanter Haupteffekt für AOI gefunden. Die Augen wurden am häufigsten und längsten, der Mund am wenigsten und kürzesten betrachtet.

3.1.3.3 Behaviorale Daten und Fragebögen

Keiner der eingeschlossenen Probanden lag beim Depressionsfragebogen (BDI) in einem klinisch auffälligen Bereich und auch die situationale Angst (STAI-S) war bei Männern ($M = 38.5$) und Frauen ($M = 37.7$) wie auch der Trait Angst ($M = 34.85$) im Normbereich liegend. Vor diesem Hintergrund wurden aufgrund der Fragebogen-Scores keine Probanden aus der Analyse ausgeschlossen.

Auch die Mittelwerte der anderen eingesetzten Fragebögen lagen in der normalen Spanne bzw. unterhalb der jeweiligen Cut-Off-Werte bzw. innerhalb ± 1 SD um den Norm-Mittelwert herum (Normwerte und Cut-Offs sind im Kapitel 3.1.2.7 nachzulesen).

Tabelle 21: Mittelwerte der Fragebögen.

Test	M	SD
BDI	5.00	3.35
STAI-S	38.06	7.61
ERQ-Unterdrückung	3.36	0.75
ERQ-Neubewertung	4.39	0.98
STAI-T	34.85	9.36
PANAS-Positiver Affekt	31.8	7.05
PANAS-Negativer Affekt	14.6	4.32
TAS-20	42.18	9.88

Der mittlere BDI-Wert betrug 5 Punkte ($SD = 3.35$, *Spanne 0 bis 11*). Die Positive Affekt Skala des PANAS hatte im Mittel 31.80 Punkte ($SD = 7.05$, *Spanne 19 bis 41*), die negative Affekt Skala 14.60 Punkte ($SD = 4.33$, *Spanne 10 bis 25*). Der Mittelwert der ERQ-Unterdrückungs-Skala lag bei 3.36 Punkten ($SD = 0.75$, *Spanne 2.25 bis 4.50*), der Mittelwert der Neubewertung betrug 4.39 Punkte ($SD = 0.98$, *Spanne 2.67 bis 6.67*). Die TAS-Werte lagen alle im nicht-alexithymen Bereich, allerdings befanden sich drei der Probanden in dem Bereich der Grauzone zwischen 51 und 61 Punkten. Im Mittel wiesen die Probanden 42.18 Punkte ($SD = 9.88$, *Spanne 20 bis 56*) auf. Alle Fragebogenergebnisse sind in Tabelle 21 aufgelistet.

Den FEEL-Test zur expliziten Emotionserkennung konnten aus organisatorischen Gründen leider nur 12 der 17 Probanden bearbeiten. Bei der Auswertung zeigte sich, dass von den präsentierten Emotionen knapp 84.50 % korrekt erkannt wurden. Zu den Emotionen, die am wenigsten gut erkannt wurden, zählten Ekel und Angst mit 75.00 % bzw. 76.10 % Erkennungsrate. Die beste Erkennungsrate erzielten freudige Gesichter mit durchschnittlich 94.00 %. Eine Varianzanalyse mit Messwiederholung zeigte, dass sich die Reaktionszeiten signifikant voneinander unterschieden ($F(3,38) = 7.2$, $p < .001$). Zu diesem Ergebnis trug besonders die Emotion Freude bei, die im Vergleich zu allen anderen betrachteten Emotionen am schnellsten erkannt wurde.

Leider erlaubte das Studiendesign nicht, die FEEL-Ergebnisse mit den behavioralen Daten aus dem Scanner in Verbindung zu setzen, da dort die implizite und nicht die explizite Emotionserkennung untersucht wurde. Dennoch sollen an dieser Stelle auch die Reaktionszeiten auf die im Scanner untersuchten Emotionen aufgeführt werden. Im Gegensatz zu den Ergebnissen des FEEL-Tests ist kein signifikanter Haupteffekt für die Reaktionszeit zu finden ($F(3,48) = 0.3$, $p = .828$; sämtliche RT liegen um die 540 ms, unabhängig davon, ob das Gesicht frei exploriert oder fixiert betrachtet wurde). Bei den frei explorierten Gesichtern war die Reaktion auf ein freudiges Gesicht am längsten, die auf ein angstvolles Gesicht am kürzesten.

3.1.4 Diskussion und Implikationen für Studie zwei

Die beschriebene Studie diente dem Zweck, die Gesichtsverarbeitung bei gesunden Probanden mittels Eyetracking und funktioneller MRT besser zu verstehen. Zum einen sollte untersucht werden, ob Augenbewegungen überhaupt notwendig sind, um den Beitrag gesichtsverarbeitender Strukturen zu erhöhen. Des Weiteren sollte geprüft werden, ob Augenbewegungen die Beteiligung emotionsassoziierter Strukturen, besonders der Amygdala bei der Gesichtsverarbeitung verstärken.

Der statistische Vergleich der Gehirnaktivität in FEF und SEF bilateral in dem Kontrast Fixation versus Exploration (Kontrast eins) zeigte, dass die experimentelle Manipulation des Betrachtungsverhaltens erfolgreich war. Die beiden vorab definierten Regionen, die für die willkürliche Inhibition von Augenbewegungen verantwortlich sind (O'Driscoll et al., 2000; Schraa-Tam et al., 2008), waren bei der Fixationsbedingung (unabhängig davon, welche

Stimuluskategorie betrachtet wurde) signifikant stärker aktiviert als bei der Explorationsbedingung. Einen interessanten explorativen Befund stellte die bilaterale (jedoch stärker rechts betonte) anteriore Insula-Aktivierung dar. Eine mögliche Erklärung für diesen Befund wäre in der Beteiligung der Insula an der Aufmerksamkeitsausrichtung zu sehen - so weist eine aktuelle Studie die Beteiligung der anterioren Insula an der zeitlichen Orientierung in der Erwartung eines fovealen Zielreizes nach (Coull et al., 2000). Der signifikante Unterschied zwischen fixierten und explorierten Stimuli könnte in der durchgeführten Studie also dadurch erklärt werden, dass in der Fixationsbedingung ein Fadenkreuz erwartet wurde, das in bestimmtem zeitlichem Abstand nach der Instruktion foveal präsentiert wurde und das die Probanden permanent betrachten sollten.

Mit dem Wissen der erfolgreichen experimentellen Manipulation war es möglich, die weitere funktionelle Auswertung der Gehirnaktivierung vorzunehmen. Zunächst konnte gezeigt werden, dass die Betrachtung von Gesichtern im Vergleich mit der Kontrollbedingung verschiedene Gehirnstrukturen aktivierte, die mit der Verarbeitung von Gesichtern in Zusammenhang stehen und im Modell von Gobbini und Haxby (2007) beschrieben werden (Kapitel 2.4). Lediglich die Insula wurde in diesem Kontrast als nicht signifikant angegeben. Dies entspricht aber dem Ergebnis von Ishai, Schmidt und Boesinger (2005), die zeigten, dass bisher in keiner einzigen Studie Aktivierungen in allen dem System zugehörigen Regionen gefunden wurden. Neben den von Gobbini und Haxby (2007) genannten Strukturen wurden in Übereinstimmung mit einer aktuellen Meta-Analyse weitere an der Gesichtsverarbeitung beteiligte Hirnstrukturen gefunden (Fusar-Poli, Placentino, Carletti, Landi, Allen, Surguladze, Benedetti, Abbamonte, Gasparotti, Barale, Perez, McGuire und Politi, 2009). Diese zeigten jedoch keine eindeutige Hemisphärendominanz, was den Befunden einer anderen Meta-Studie entspricht (Fusar-Poli, Placentino, Carletti, Allen, Landi, Abbamonte, Barale, Perez, McGuire und Politi, 2009).

Wider Erwarten wurden jedoch Aktivierungen solcher Strukturen sowohl unter dem Explorations-Interaktionskontrast wie auch dem Fixations-Interaktionskontrast festgestellt. Dies bedeutet, dass auch unter fixierter Betrachtung der Prozess der Gesichtsverarbeitung stattfinden kann. Allerdings sind die beteiligten Strukturen in Abhängigkeit vom Betrachtungsmodus unterschiedlich, so dass stark anzunehmen ist, dass auch die ablaufenden Prozesse der Verarbeitung verschieden sind.

Zur Beantwortung der Frage nach dem Einfluss von Emotionen auf die Gesichtserkennung konnten lediglich im Explorationskontrast, welcher neuronale Aktivierung auf emotionale Gesichter mit neutralen verglich, signifikante Unterschiede in rechtsseitiger Insula, FFA rechts und vmPFC links, nicht jedoch in der Amygdala, gefunden werden. Vergleiche der einzelnen Emotionen mit der neutralen Bedingung ergaben zunächst unabhängig vom Betrachtungsmodus lediglich bei Freude rechtsseitige Insula-Aktivierung und unter Exploration für Freude Aktivierung in FFA bilateral, Insula bilateral und vmPFC links, bei Ekel in vmPFC bilateral und Insula links. Entsprechende Fixationskontraste erbrachten keine signifikant aktivierten Voxel, was folgern lässt, dass Augenbewegungen notwendig sind, um faziale Emotionen als solche wahrzunehmen.

Einzelvergleiche zwischen den verschiedenen Emotionen sollten prüfen, ob emotionsspezifische Unterschiede in den emotionsassoziierten Regionen bestanden. Bis auf den Vergleich von Freude versus Ekel unter Fixationsbedingung und in einem weiteren Kontrast derselben Emotionen unabhängig vom Betrachtungsmodus wurde linksseitige Insula-Aktivierung signifikant. VmPFC, FFA und Amygdala erschienen in keinem der Emotions-Einzelvergleiche.

Insgesamt kann festgestellt werden, dass neben der explorativen auch die fixierte Betrachtung von Gesichtern Strukturen der Gesichtsverarbeitung aktiviert, diese sich jedoch von denen bei explorativer Betrachtung unterscheiden. Darüber hinaus wurde gezeigt, dass die freie Exploration eines emotionalen Gesichts im Vergleich mit neutralen in der Tat mit einer stärkeren Beteiligung in emotionsverarbeitenden Strukturen einhergeht. Unterschiede zwischen den drei Emotionen waren wenig stark ausgeprägt und waren auf die linke Insula begrenzt. Die Untersuchung von Augenbewegungen kann somit indirekt Informationen über die Verarbeitung emotionaler Gesichter liefern und legt die Basis für Studien zwei und drei, die mittels Eyetracking die emotionale Gesichtsverarbeitung weiter erforschen werden.

Ein für Studie drei relevanter Aspekt ist die Reaktion der Amygdala auf Gesichter. Die Auswertung zeigte bilaterale Amygdala-Aktivierung im Kontrast der Gesichter im Vergleich zur Kontrollbedingung. Betrachtungsabhängige Kontraste zeigten, dass die Amygdala sowohl bei explorativer wie fixierter Betrachtung von Gesichtern im Vergleich mit Kontrollen aktiviert war.

Amygdala-Aktivierung bei der Gesichtsverarbeitung wurde bereits in verschiedenen Studien nachgewiesen – dabei waren die Gesichter frei zu

betrachten (Breiter, Etcoff, Whalen, Kennedy, Rauch, Buckner, Strauss, Hyman und Rosen, 1996; Fitzgerald, Angstadt, Jelsone, Nathan und Phan, 2006; Sander et al., 2003; Winston, O'Doherty und Dolan, 2003). Was neu in die Befundlage eingeordnet werden muss, ist der Befund der signifikant stärkeren Amygdala-Aktivierung selbst unter fixierter Betrachtung emotionaler Gesichter im Vergleich zu Kontrollstimuli.

Eine große Zahl an Studien hat sich mit der Frage nach der neuronalen Verarbeitung von emotionalen Gesichtern in Abhängigkeit von der Aufmerksamkeitsausrichtung auf diese Stimuli befasst (Adolphs, 2008; Pessoa, Japee, Sturman und Ungerleider, 2006; Pessoa et al., 2002). Dabei wurde häufig der Beitrag der Amygdala-Antwort bei Bearbeitung zweier verschiedener Aufgaben miteinander verglichen: entweder war die Aufmerksamkeit auf die Verarbeitung des emotionalen Gesichts fokussiert (Geschlechts-Diskrimination, „match of faces“) oder auf eine nicht-emotionale Bedingung gerichtet („bar orientation task, „house-matching task“). Einige Autoren fanden erhöhte Amygdala-Aktivierung besonders auf angstvolle Gesichter, unabhängig davon, ob die Aufgabe eine emotionale Verarbeitung erforderte (Anderson et al., 2003; Vuilleumier, Armony, Driver und Dolan, 2001). Andere demgegenüber beobachteten Amygdala-Aktivierung nur, wenn die Aufmerksamkeit auf das emotionale Gesicht gerichtet wurde, nicht wenn sie davon abgelenkt wurde (Pessoa, McKenna, Gutierrez und Ungerleider, 2002). Eine Erklärung dafür bot Lavie an, die darauf hinwies, dass verschiedene Aufgaben unterschiedlichen „attentional load“ beinhalten und somit unterschiedlich viel freie Aufmerksamkeits-Ressourcen zur Verfügung stellen (Lavie, 2005). Pessoa zeigte dies eindrücklich für die Amygdala und angstvolle nicht primär beachtete Gesichter: die Amygdala-Antwort wurde moduliert durch die Aufgabenschwierigkeit (Pessoa et al., 2005): Je mehr Aufmerksamkeits-Ressourcen dabei zur Verfügung standen, desto stärker war die Amygdala-Aktivierung. In diesem Kontext ist vermutlich die signifikante bilaterale Amygdala-Aktivierung dieser Studie zu sehen: unter Exploration konnte die Aufmerksamkeitsausrichtung auf das Gesicht und seine einzelnen Komponenten gerichtet werden, während bei der Fixationsbedingung weniger freie Aufmerksamkeits-Ressourcen zur Verfügung standen und somit die Aktivierung der Amygdala im Vergleich zur Explorationsbedingung reduzierter ausfiel.

Eine vergleichende Betrachtung von emotionalen Gesichtern mit neutralen und Einzelvergleiche zwischen den Emotionen ergaben weder unter Exploration noch unter Fixation signifikante Unterschiede zwischen den verschiedenen

Gesichtsausdrücken bezogen auf die Amygdala-Aktivierung. Dieser Befund spricht eher für die Rolle der Amygdala als Salienz- und nicht als Valenz-Detektor (Adolphs, 2007; Fitzgerald, Angstadt, Jelsone, Nathan und Phan, 2006; Whalen, 1999).

Neben den funktionellen Fragestellungen sollte außerdem untersucht werden, ob sich Augenbewegungen bei der Betrachtung verschiedener emotionaler Ausdrücke unterscheiden. Bisher wurde in der Literatur lediglich für neutrale Ausdrücke ein charakteristisches dreieckiges Betrachtungsmuster beschrieben, bei dem die meisten Fixationen auf Augen und Mund und die wenigsten auf die Nasenregion gerichtet werden. Als abhängige Variablen wurden in dieser Studie die Fixationsanzahl und die mediane Fixationsdauer analysiert. Bei der Prüfung, ob Unterschiede in Augenbewegungen zwischen emotionalen und neutralen Gesichtern bestehen, konnte kein signifikanter Effekt gefunden werden. Auch die Prüfung der verschiedenen Emotionen ergab keine signifikanten Ergebnisse. Deskriptiv evozierte Ekel jedoch die wenigsten und Freude die meisten Fixationen. Bezogen auf die mediane Fixationsdauer wurde festgestellt, dass angeekelte Gesichtsausdrücke deskriptiv längere mediane Fixationsdauern hervorriefen als die anderen Emotionen. Angstvolle Gesichter demgegenüber evozierten die kürzesten medianen Fixationsdauern.

Eine interessante Beobachtung ist die Länge der medianen Fixationsdauern (die je nach Emotionskategorie Dauern von 427 ms bis 477 ms aufwiesen), die im Vergleich mit denen von Green et al. (Spanne von 315 ms bis 331 ms), um mehr als 100 ms länger ausfielen (Green, Williams und Davidson, 2003). In der Studie von Green et al. wurden, wie auch in der hier beschriebenen Studie die Emotionen Freude, Angst sowie neutrale Ausdrücke untersucht, allerdings keine angeekelten Ausdrücke gezeigt (dafür aber Trauer und Wut) und auch die Aufgabe bei der Betrachtung war bei Green et al. eine andere. Leider ist keine Beschreibung der Verteilungen von Fixationen und ihrer Dauer in Abhängigkeit von AOI enthalten, es wird lediglich die Summe über alle AOI in Relation zum Rest des Stimulus dargestellt. Dies erlaubt es leider nicht, die gewonnenen Ergebnisse sinnvoll zu vergleichen, da diese Werte durch Bildgröße und Präsentationsdauer beeinflusst werden. Außerdem ist ein solcher Vergleich nicht günstig, da Green et al. je Emotion nur zwei Bilder verwendet haben und fraglich ist, ob die gefundenen Ergebnisse nicht stark stimulusabhängig sind. Ferner kann überlegt werden, ob emotionsrelevante Teile eines Gesichts unter expliziter Fragestellung vermehrt erfasst werden als unter impliziter.

Mit Hinzunahme der AOI als weiteren Faktor in die Varianzanalyse wurde sowohl für die Fixationsanzahl wie auch für die mediane Fixationsdauer der Hauptfaktor AOI signifikant. Dieser Unterschied beruhte in beiden Fällen auf der Differenz zwischen Augen- und Mundregion der Gesichter.

Wie bereits für die Betrachtung neutraler Gesichter beschrieben wurde, konnte auch diese Studie zeigen, dass bei der Betrachtung emotionaler Gesichter ein Großteil der Fixationen auf die Augen gerichtet wurde, allerdings nicht wie bei Walker-Smith beschrieben 70 %, sondern ca. 40 % (Walker-Smith, Gale und Findlay, 1977). Als weiterer Unterschied muss hervorgehoben werden, dass im Gegensatz zu Walker-Smith et al. (1977) nicht der Mund als zweithäufigste AOI fixiert wurde, sondern die Nase und als dritthäufigste AOI der Mund. Diese Diskrepanz war jedoch bei neutralen Gesichtern am wenigsten stark ausgeprägt, hier wurden Nase und Mund in etwa gleich häufig fixiert.

Die Annahme, dass für die Evaluation verschiedener Ausdrücke unterschiedliche Gesichtsmerkmale relevant sind, wie die Studie von Green et al. beschreibt, konnte nicht bestätigt werden (Green, Williams und Davidson, 2003). Die fehlenden Unterschiede bei der Betrachtung distinkter emotionaler Gesichtsausdrücke sollten jedoch relativiert gewertet werden, da nur wenige Trials je Emotionskategorie zur Auswertung zur Verfügung standen. Zunächst wurden in der Explorationsbedingung nur zehn Stimuli je Emotion präsentiert. Davon wurden jedoch nur die Stimuli in die Analyse einbezogen, die korrekt beantwortet wurden (insgesamt 93%) und bei denen die Fixationen durch den Eyetracker nicht verschoben aufgezeichnet wurden (falsch beantwortete Bilder wurden nicht in die Analyse aufgenommen, da offensichtlich die Aufgabenbearbeitung so schwer war, dass nicht sichergestellt werden konnte, dass das Betrachtungsmuster dem der einfacheren Geschlechtererkennung entspricht). Somit blieben im Schnitt für jede der Emotionen nur 8.4 Stimuli je Proband zur Auswertung übrig. Auf Basis dieser Ausgangsdaten und der relativ großen Varianz in Augenbewegungen zwischen den Probanden wird ersichtlich, dass für die Durchführung einer weiteren Studie mit Augenbewegungen und Emotionserkennung die Verwendung einer größeren Anzahl an Stimuli je Emotionskategorie angeraten ist. Zusätzlich sollte auch die Instruktion der expliziten Emotionserkennung gegeben werden, da nicht ausgeschlossen werden kann, dass die Geschlechterunterscheidung in dieser Studie Augenbewegungsmuster verändert. Dem soll hinzugefügt werden, dass der Einsatz der übrigen Basisemotionen (Überraschung, Trauer, Wut) auch dazu führen könnte, Differenzen in Augenbewegungen bei der Betrachtung

unterschiedlicher emotionaler Gesichtsausdrücke aufzuzeigen, wie es bei Green, Williams und Davidson erfolgte (2003).

Ein weiterer Punkt, der die Untersuchung von Augenbewegungen bei der Gesichtsbetrachtung begleitet, ist die Frage nach der AOI-Definition. Die Mehrheit der Forscher gründet ihre Arbeiten auf der Annahme, dass die verschiedenen Gesichtsmerkmale Aufmerksamkeit auf sich ziehen, unabhängig von der Größe des jeweiligen Objektes. Dennoch sollte angemerkt werden, dass die Region der Augen meist diejenige ist, die die größte Anzahl an Pixeln beinhaltet. Ferner handhaben es Forscher unterschiedlich, ob sie die AOI für die verschiedenen Gesichtsregionen über alle Stimuli gleich groß anlegen oder in Abhängigkeit von der individuellen Physiognomie eines Gesichts die AOI definieren. Die durchgeführte Studie hat einen Mittelweg gewählt, indem dieselben AOI-Koordinaten über alle Stimuli hinweg gewählt wurden, allerdings die AOI-Größen von Augen, Mund und Nase variierten. Zukünftige Forschung sollte sich diesem grundlegenden Thema ausführlicher widmen.

Als abschließender Punkt soll in dieser Diskussion die Frage nach der impliziten bzw. der expliziten Emotionserkennung angesprochen werden. In der durchgeführten Studie wurde bewusst keine explizite Emotionserkennungsaufgabe von den Probanden gefordert, da die implizite Emotionserkennung eher der Situation in der täglichen zwischenmenschlichen Auseinandersetzung entspricht, das stark vom Senden und Empfangen unbewusster mimischer Signale geprägt ist. Verschiedene Studien, die Vergleiche zwischen impliziter und expliziter Emotionserkennung in einem fMRT-Paradigma durchgeführt haben, kommen zu teilweise widersprüchlichen Ergebnissen. So wird beispielsweise berichtet, dass die implizite Emotionserkennung die Gehirnaktivierung, besonders in der Amygdala verstärkt (Critchley, Daly, Phillips, Brammer, Bullmore, Williams, Van Amelsvoort, Robertson, David und Murphy, 2000), während andere Studien dieses Ergebnis nicht bestätigen können oder gar das Gegenteil berichten (Fusar-Poli, Placentino, Carletti, Landi, Allen, Surguladze, Benedetti, Abbamonte, Gasparotti, Barale, Perez, McGuire und Politi, 2009; Gorno-Tempini et al., 2001; Lange, Williams, Young, Bullmore, Brammer, Williams, Gray und Phillips, 2003; Winston, O'Doherty und Dolan, 2003). Allen Studien gemein ist jedoch die Annahme, dass verschiedene emotionsassoziierte Gehirnregionen den fazialen Ausdruck verarbeiten, selbst wenn dessen Erkennung nicht aufgabenrelevant ist (Blair und Curran, 1999; Breiter, Etcoff, Whalen, Kennedy, Rauch, Buckner, Strauss, Hyman und Rosen, 1996; Fusar-Poli, Placentino, Carletti, Landi, Allen,

Surguladze, Benedetti, Abbamonte, Gasparotti, Barale, Perez, McGuire und Politi, 2009; Morris, Frith, Perrett, Rowland, Young, Calder und Dolan, 1996; Vuilleumier, Armony, Driver und Dolan, 2001). Die Kehrseite der impliziten Emotionserkennung liegt auf der Hand: es kann nicht überprüft werden, wie der Proband einen Stimulus wahrgenommen und eingeschätzt hat. Um diesem Manko entgegen zu wirken und in einer Form zu gewährleisten, dass die Emotionserkennungsfähigkeit der Stichprobe gegeben ist, wurde zum einen die Alexithymie-Skala von den Probanden ausgefüllt und der FEEL-Test bearbeitet. Sowohl der Fragebogen wie auch der Computer-basierte Test zur Emotionserkennung zeigten für alle Probanden normgerechte Werte.

Von der Durchführung eines zusätzlichen Post-Scan-Ratings der gezeigten Emotionsausdrücke wurde nach der Durchführung bei fünf Probanden abgesehen, da durch die Auswahl von nur drei Emotionen und neutralen Gesichtsausdrücken, die Aufgabe von den Probanden als sehr monoton beschrieben wurde und keine Fehler bei der Bewertung gemacht wurden.

Eine weitere Kehrseite der Anwendung impliziter Emotionserkennung besteht darin, dass eine für die Fragestellung zunächst irrelevante Aufgabe von den Probanden bearbeitet werden soll, um die Aufmerksamkeit der Probanden sicherzustellen. In dieser Studie wurde die relativ einfache Aufgabe der Geschlechtsdiskrimination gewählt. Diese bereitete den Probanden auch wenige Probleme, lediglich 7 % aller Gesichtsstimuli unter Explorationsbedingung wurden über alle Probanden gemittelt falsch beantwortet. Allerdings kann nicht ausgeschlossen werden, dass diese Aufgabenstellung sowohl die Gehirnaktivierung wie auch die Augenbewegungen beeinflusst und diese im natürlichen Kontext der aufmerksamen Gesichtsbetrachtung ohne Aufgabe anders ausgefallen wäre.

3.2 Studie zwei: Psychophysiologische Korrelate der expliziten wiederholten Emotionserkennung bei Gesunden

3.2.1 Herleitung der Fragestellung und Hypothesen

Die Ergebnisse der Studie eins konnten zeigen, dass Augenbewegungen die Beteiligung bestimmter emotionsassoziiierter Gehirnareale bei der Betrachtung von emotionalen Gesichtsausdrücken im Vergleich zu neutralen signifikant verstärkten. Daraus kann geschlossen werden, dass Augenbewegungen als Indikator für die Emotionserkennung verwendet werden können. Ferner wurde gezeigt, dass die Verteilung von Fixationshäufigkeit und medianer Fixationsdauer in Abhängigkeit von der betrachteten AOI signifikant variiert. So werden die Augen über alle Emotionen hinweg am häufigsten und längsten, der Mund am wenigsten und kürzesten betrachtet. Dabei konnten jedoch keine signifikanten emotionsspezifischen Unterschiede in den Augenbewegungen festgestellt werden.

Da nur drei Emotionen (Angst, Ekel, Freude) sowie neutrale Gesichter mit einer geringen Präsentationshäufigkeit (max. zehn Stimuli je Bedingung pro Proband) eingesetzt wurden, sollen mit Studie zwei mögliche Unterschiede in bestimmten Augenbewegungsparametern in Abhängigkeit vom betrachteten Gesichtsausdruck weiter untersucht werden. Dafür sollen alle sechs nach Ekman (1993) definierten Basisemotionen (Angst, Ekel, Freude, Überraschung, Trauer, Wut) sowie neutrale Gesichtsausdrücke verwendet werden. Zu diesem Zweck kommt dasselbe bearbeitete Stimulus-Set wie in Studie eins zum Einsatz unter Anwendung von expliziter Emotionserkennung, d.h. nach jedem Gesicht sollen die Probanden angeben, welcher Emotionskategorie sie das gerade betrachtete Gesicht zuordnen würden, so dass ein Indikator für die subjektive Emotionserkennung in die Datenanalyse einfließen kann. Sowohl eine größere Anzahl an Stimuli je Emotionskategorie (16 Gesichter) wie auch eine größere Stichprobe sollen ermöglichen, die Hypothesen adäquat zu beantworten.

Die Betrachtungszeit der Stimuli wurde zusätzlich von vier auf sechs Sek. erhöht, da Probanden in einer Vorstudie diese Zeit zur Emotionserkennung als am angenehmsten empfanden (auch eine explorative Analyse der

Betrachtungsmuster dieser Probanden zeigte für die Mehrheit aller Trials keine Überlagerungen der Betrachtungsmuster).

Ferner soll diese Studie untersuchen, ob und, wenn ja, wie sich Augenbewegungsmuster und Emotions-Erkennungsrate bei wiederholter Betrachtung derselben Stimuli bei gesunden Probanden mit einem Abstand von sieben Tagen unterscheiden.

Folgende Hypothesen liegen dem Experiment zugrunde:

Hypothesen

1. Es bestehen Unterschiede in den Parametern der medianen Fixationsdauer, der Fixationsanzahl und der Summe der Fixationsdauern in Abhängigkeit von der Betrachtung emotionaler versus neutraler Bilder.
2. Es existieren emotionsspezifische Unterschiede in den Parametern der medianen Fixationsdauer, der Fixationsanzahl und der Summe der Fixationsdauern für die Emotionen Angst, Ekel, Freude, Überraschung, Trauer, Wut und neutrale Gesichter.
3. Wenn Hypothese zwei bestätigt wird, lassen sich diese emotionsspezifischen Unterschiede auf die verschiedenen relevanten Gesichtsmerkmale (Augen, Nase, Mund) zurückführen.
4. Die mediane Fixationsdauer und deren Summe sowie die Fixationsanzahl ändern sich, wenn dieselben Stimuli ein zweites Mal betrachtet werden.
- 5a. Die unterschiedlichen Emotionen beeinflussen, auf welches Gesichtsmerkmal (AOI) die erste Fixation gelenkt wird und wie lange die erste Fixation dauert.
- 5b. Bezogen auf Hypothese fünf a) gibt es auch einen Unterschied zwischen erster und zweiter Betrachtung eines Bildes.
6. Die Emotions-Erkennungsrate sowie die Reaktionszeiten bei wiederholter Betrachtung derselben Stimuli ändern sich von erster zu zweiter Erhebung nicht signifikant.

3.2.2 Methode

3.2.2.1 Rekrutierung

Die Rekrutierung der Probanden erfolgte wie bereits bei Studie eins beschrieben zum einen über die Auswahl aus der Probanden-Datenbank der Abteilung Medizinische Psychologie gemäß entsprechender Ein- und Ausschlusskriterien. Als zweite Rekrutierungsmaßnahme wurden die Fachschaften der Universität Bonn über das Stattfinden der Studie in Kenntnis gesetzt mit der Bitte, dies über ihren jeweiligen Email-Verteiler weiter zu geben. Interessenten sollten sich telefonisch oder per Email melden.

Telefonisch wurde mit jedem Studien-Interessenten ein ca. 20-minütiges Interview durchgeführt (siehe Anhang 6.1.1, allerdings ohne die Fragen zur MRT-Tauglichkeit), bzw. bei Probanden aus der Datenbank wurde die Aktualität der gespeicherten Daten überprüft. In dem Interview wurden die Ein- und Ausschlusskriterien zur Studienteilnahme besprochen. Dabei ging es zentral um die Frage, ob der Proband mittels Eyetracking getestet werden kann.

Einschlusskriterien

- Alter zwischen 18 und 30 Jahren
- rechtswirksame, schriftliche Einverständniserklärung des Probanden zur Teilnahme an der Studie
- anamnestischer Ausschluss internistischer, neurologischer und psychiatrischer Erkrankungen
- Rechtshändigkeit

Ausschlusskriterien

- (frühere) psychiatrische Erkrankungen
- Therapie mit Psychopharmaka
- umschriebene hirnorganische Erkrankung
- Störungen des Augenbewegungsapparates (bes. Hornhautverkrümmung)

- Hohe Werte auf Depressionsskala (BDI), da Depressionen sich auf Augenbewegungen auswirken können
- fehlende Compliance
- Teilnahme an einer Studie der Abteilung Medizinische Psychologie, in der Emotionsverarbeitung untersucht wurde

Nach Prüfung der Ein- und Ausschlusskriterien wurden die beiden Testtermine im Abstand von sieben Tagen vereinbart. Dem Probanden wurde per Email eine Bestätigung des Termins samt Wegbeschreibung zum Testraum geschickt. Außerdem enthielt die Email Kontaktdaten, wie z.B. Telefonnummern, für den Fall, dass der Proband die Teilnahme kurzfristig absagen muss.

3.2.2.2 Stichprobe

43 gesunde Probanden (davon 21 Männer und 22 Frauen) wurden an je zwei Messzeitpunkten untersucht. Alle Probanden waren (ehemalige) Studenten, die die oben genannten Einschlusskriterien erfüllten.

Der Altersdurchschnitt lag bei 24.07 Jahren ($SD = 2.93$ Jahre, *Spanne 19 bis 33 Jahre*). Jedem Probanden wurde eine Aufwandsentschädigung von 10 € pro Stunde gezahlt. Da im Rahmen der Erhebung dieser Studie noch ein zweites Paradigma gemessen wurde, erhielten die Probanden für ihre drei-stündige Teilnahme insgesamt 30 € per Überweisung durch die Verwaltung des Uniklinikums auf ihr Konto. Um die Motivation zur Teilnahme auch beim zweiten Erhebungstermin zu gewährleisten, wurde mit den Probanden vor Studienteilnahme vereinbart, dass sie für die ausschließliche Teilnahme am ersten Termin nur einen Betrag von 10 € bekommen würden, bei Teilnahme an beiden Terminen würde die Entlohnung 30 € betragen.

3.2.2.3 Stimulusmaterial und Apparate

In dieser Studie wurden ein Remote-Eyetracker zur Aufzeichnung der Augenbewegungen sowie ein Laptop zur Erhebung der psychologischen Daten eingesetzt. Zur Erfassung der Augenbewegungen wurde ein anderer Eyetracker als der aus Studie eins verwendet, da der Eyetracker in die Videobrille des Scanners eingebaut ist und somit für eine rein behaviorale

Messung nicht verwendet werden kann. Für die Erhebung der Studie zwei wurde der binokulare Remote-Eyetracker (Interactive Minds, Dresden, Deutschland) mit dem Eyegaze Analysis System (LC Technologies, VA, USA) verwendet. Der Eyetracker besitzt eine Interleaved Sampling Rate von 120 Hz und eine Genauigkeit von 0.45° . Das System basiert auf dem Prinzip der Kornea-Reflexion, um die Augenbewegungen zu erfassen. Fixationen werden anhand des Detektions-Algorithmus von LC Technologies definiert: der Fixations-Onset wird als ein solcher gewertet, wenn sechs aufeinander folgende Samples innerhalb eines Umkreises von weniger als 25 Pixeln identifiziert wurden. Sobald das Onset-Kriterium verletzt wird, wird dies als Offset gewertet.

Die Bilder wurden auf einem 17-Zoll Farbbildschirm (Samsung Syncmaster 740B, refresh rate 60 Hz, reaction time fünf ms) mit einer Auflösung von 1280 x 1024 Pixeln präsentiert. Die beiden Infrarot-sensitiven Video-Kameras befinden sich fest montiert an der Unterseite des Monitors. Über die auf dem Eyetracking-Rechner installierte Software „Presentation“ in der Version 10.3 (Neurobehavioral Systems, Albany, CA, USA) wurde das Paradigma präsentiert und die Antworten der Probanden aufgezeichnet. Zudem hat Presentation nach erfolgter Instruktion die Kalibrierung des Eyetrackers gestartet und die Datenaufnahme synchronisiert.

Die Probanden saßen in 60 cm Entfernung vor dem Monitor, so dass der Bildschirm in einem Sehwinkel von 28° horizontal und 21° vertikal stand. Über eine Kinnstütze wurde der Kopf des Probanden fixiert, um Artefakte durch Kopfbewegungen zu reduzieren.

Da der Proband nach jedem Bild anzeigen sollte, welcher Emotionskategorie er das gerade betrachtete emotionale Gesicht zuordnen würde, war die Belegung von acht Tasten der PC-Standard-Tastatur zur Speicherung der Antworten nötig. Von der linken Hand betätigte der kleine Finger, Ringfinger, Mittelfinger und Zeigefinger die Tasten „A“ (Angst), „S“ (Ärger), „D“ (Trauer), „F“ (Ekel). Von der rechten Hand drückten Zeigefinger, Mittelfinger, Ringfinger und kleiner Finger auf die Tasten „J“ (Freude), „K“ (Überraschung), „L“ (Neutral), „Ö“ (Weiß nicht). Alle Tasten wurden mit weißen, von eins bis acht durchnummerierten, angerauten Aufklebern für die Probanden markiert, so dass diese sowohl visuell wie auch haptisch die Tasten gut identifizieren konnten. Der rechte kleine Finger wurde lediglich dann gebraucht, wenn der Proband als Antwortalternative „weiß nicht“ auswählen wollte.

Verschiedene Fragebögen zur Persönlichkeit wurden nach Abschluss der Eyetracking-Experimente eingesetzt: STAI-S, BDI, PANAS und ERQ (Beschreibung der Fragebögen siehe Kapitel 3.1.2.7 und Anhang 6.4). Alle Fragebögen waren am Laptop zu beantworten.

3.2.2.4 Versuchsablauf

Die Interessenten, die die Einschlusskriterien der Studie erfüllten, wurden einzeln zum Labor der Abteilung Medizinische Psychologie des Universitätsklinikums Bonn eingeladen. Dort wurden sie mündlich wie auch schriftlich (Anhang 6.2.1) über Studienablauf und -ziele informiert und es gab für sie die Möglichkeit Fragen zu stellen. Demographische Daten, Händigkeit sowie die Ein- und Ausschlusskriterien und die Voraussetzungen zur Teilnahme am Eyetracking wurden erneut abgefragt und protokolliert sowie das Einverständnis zur Teilnahme eingeholt (Anhang 6.1.5, 6.2.2).

Ferner wurde der Proband gefragt, ob er in die Probandendatenbank der Abteilung aufgenommen werden bzw. in dieser gespeichert bleiben wolle (Anhang 6.1.4). Außerdem wurde ein Bogen mit Bankverbindung und Adresse zur Überweisung der Vergütung vom Probanden ausgefüllt (Anhang 6.1.6).

Nachdem dem Probanden das Labor mit seinen Geräten gezeigt wurde, wurde er in einem bequemen Stuhl mit Rückenlehne vor dem Eyetracking-Bildschirm platziert. Danach wurde der Raum mit Jalousien abgedunkelt.

Um den Probanden mit dem Experiment vertraut zu machen, wurde nach gegebener Instruktion ein Trainingsexperiment durchgeführt. Bei diesem sollte der Proband in einem ersten Teil lernen, welche Taste für welche Antwort zu drücken ist. Der Computer hat zu diesem Zweck Emotionsbegriffe vorgegeben, die der Proband durch Drücken der entsprechenden Taste auswählen sollte. Z.B. gab der Computer den Begriff „Angst“ vor und der Proband musste daraufhin die Taste „1“ drücken. Nach erfolgtem Tastendruck gab der PC dem Probanden Rückmeldung, ob er die richtige Taste gewählt hatte. Dies wurde so lange geübt, bis der Proband zur Beantwortung nicht mehr auf die Tasten gucken musste und eine Trefferquote von über 80 % erreicht hatte. Ein solches Plateau wurde gewählt, um Lerneffekten während der Durchführung des eigentlichen Experiments entgegen zu wirken. In dem zweiten Teil des Trainings wurde der Proband mit dem Ablauf des Experiments vertraut gemacht und dieser geübt. Das Training dauerte insgesamt ca. 15 Min. Im Gegensatz zur Studie eins wurde dem Probanden in der Instruktion gesagt,

dass er Gesichter mit unterschiedlichem emotionalem Ausdruck sehen werde und dass es seine Aufgabe sei, diesen Ausdrücken explizit Emotionen zuzuordnen.

Bevor das eigentliche Experiment begann, wurde der Stuhl des Probanden so eingestellt, dass der Kopf bequem auf der an der Tischplatte befestigten Kinnstütze gebettet werden konnte. Für eine angenehmere Haltung wurde zusätzlich ein Kissen zwischen Rücken des Probanden und Stuhllehne gesteckt. Das Experiment begann mit einer kurzen Wiederholung der Instruktion. Dieser folgte eine Neun-Punkt-Kalibrierung des Eyetrackers zur Ausrichtung der Kamera und Schärfereinstellung. Zu diesem Zweck präsentierte eine Autosequenz von Presentation nacheinander neun Punkte an verschiedenen Orten auf dem Bildschirm. Der Proband sollte diese mit den Augen fixieren. Anschließend wurde die maximale Abweichung der Blickbewegungen in Grad gemessen und das System entschied, ob die Kalibrierung valide Ergebnisse geliefert hatte (maximal 0.19 Inches Abweichung dürfen bei der Kalibrierung erreicht werden). Nach erfolgreicher Kalibrierung startete Presentation das Experiment. Die Durchführung des Experiments dauerte ca. 20 Min.

Im Anschluss an das Experiment fand ein weiteres Experiment statt (mit einem anderen Forschungsschwerpunkt). Danach wurde der Proband in einen anderen Raum begleitet, in dem er die Fragebögen am PC bearbeiten konnte. Am ersten und zweiten Testtermin hatte der Proband BDI, STAI-S, ERQ und PANAS auszufüllen. Der ERQ wurde lediglich am ersten Termin appliziert, da Variationen innerhalb von einer Woche wenig wahrscheinlich sind.

3.2.2.5 Paradigma

Als Gesichtsstimuli wurden wie in Studie eins Bilder aus dem Set von *The Karolinska Directed Emotional Faces* (KDEF) gewählt (Lundqvist et al., 1998), welche mit Photoshop wie beschrieben, bearbeitet wurden (siehe Kapitel 3.1.2.5).

Es wurden die sechs nach Ekman beschriebenen Basisemotionen (Angst, Ekel, Wut, Trauer, Freude, Überraschung) sowie neutrale Gesichter als Stimuli eingesetzt (Ekman, 1993) (siehe Abbildung 19). Um ausreichend Augenbewegungsdaten je emotionaler Kategorie zu erhalten, wurden 16 Bilder pro Bedingung ausgewählt, d.h. insgesamt 112 Stimuli präsentiert (alle Stimuli sind im Anhang 6.2.3 abgebildet).

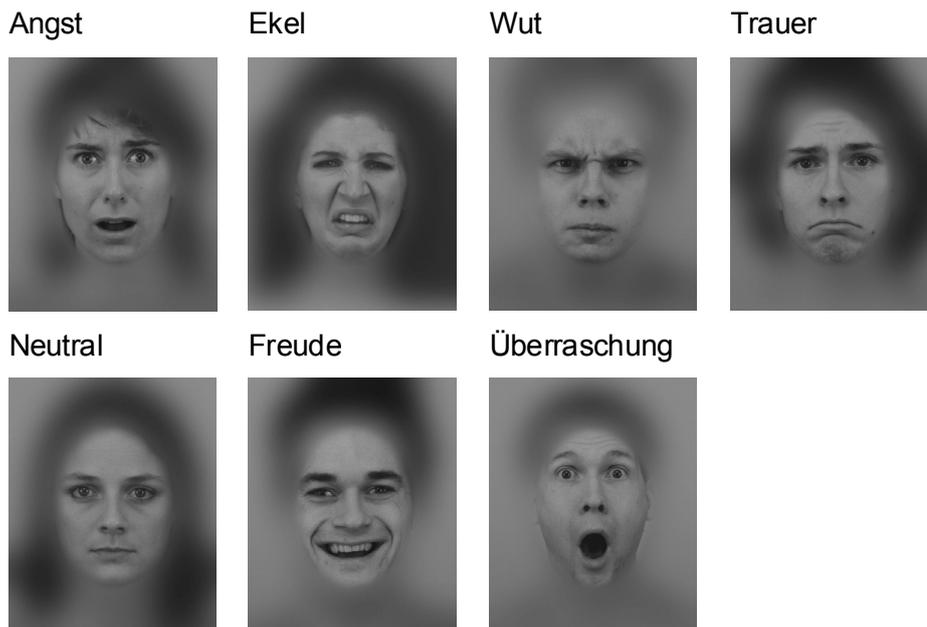


Abbildung 19: Beispiele für die in Studie zwei verwendeten Stimuli.

Jeder Trial begann mit einem Fixationskreuz, das randomisiert in einer der vier Bildschirmecken für eineinhalb bis drei Sek. (in 500 ms Intervallen) gezeigt wurde. Die Bildschirmecken wurden gewählt, um zu verhindern, dass der Ausgangspunkt des Betrachtungsmusters auf dem Gesicht liegt. Danach erschien für sechs Sek. einer der 112 Stimuli (auch hier in randomisierter Reihenfolge) auf grauem Grund. Anschließend wurde der Proband gebeten zu beantworten, welcher Emotionskategorie er diesen Stimulus zuordnen würde. Zur Beantwortung hatte der Proband unbegrenzt Zeit, jedoch wurde er bereits im Training instruiert, möglichst schnell und dennoch korrekt zu antworten. Zur Veranschaulichung des Ablaufs siehe Abbildung 20. Jede Antwort des Probanden wurde samt Reaktionszeit in Presentation gespeichert.

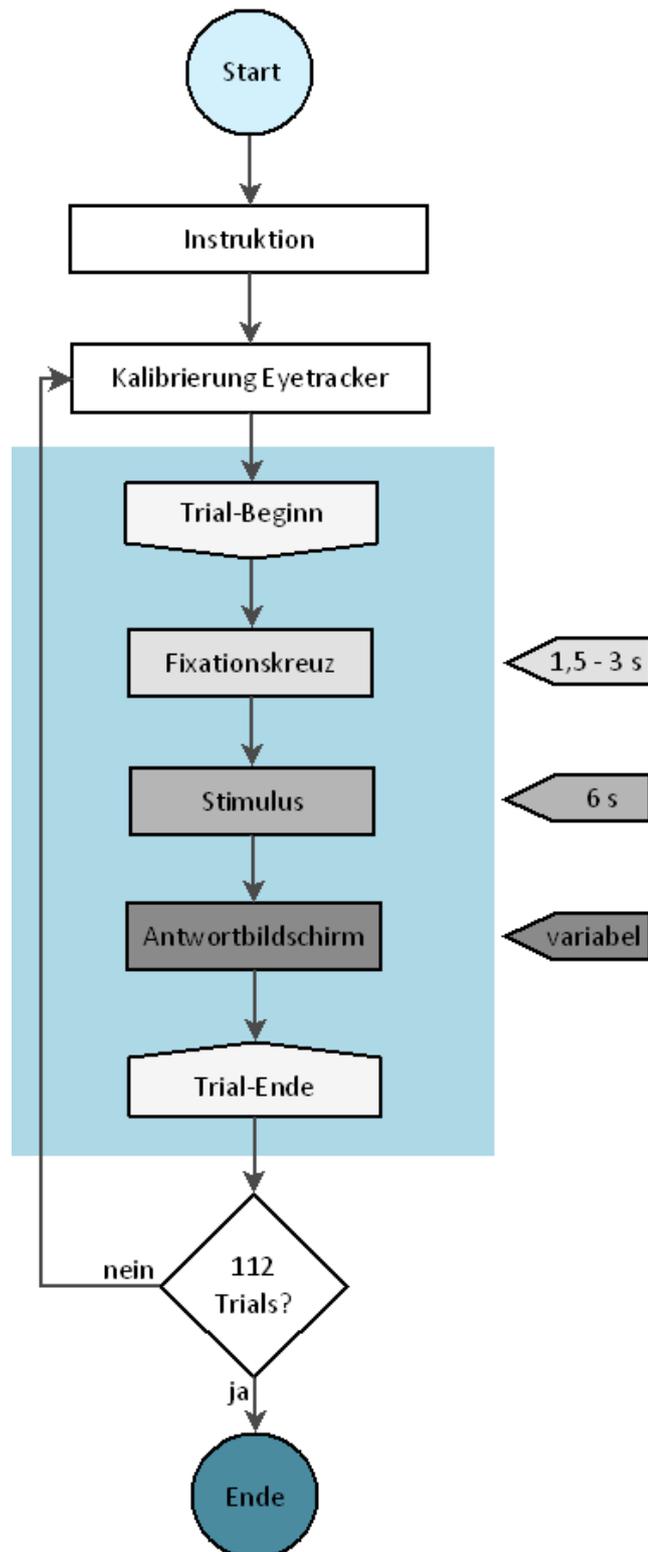


Abbildung 20: Paradigma der Studie zwei.

3.2.2.6 Datenreduktion und Auswertung

3.2.2.6.1 Reduktion und Auswertung der psychophysiologischen Daten

Im Folgenden soll zunächst die Aufbereitung der Eyetracking-Daten beschrieben werden. Aufgrund technischer Probleme konnten die Eyetracking-Daten von je einem Probanden zur ersten wie zur zweiten Erhebung nicht in die Analyse eingehen. Zu hohe BDI-Werte führten zum Ausschluss eines weiteren Probanden für beide Erhebungszeitpunkte. Insgesamt liegen somit die Eyetracking-Daten von 41 Probanden zum Messzeitpunkt eins und die von 41 Probanden zum Messzeitpunkt zwei vor.

Nach der Datenerhebung wurden die Rohdaten der Augenbewegungen aufbereitet, um statistische Analysen vornehmen zu können. Zunächst wurden die so genannten Areas of Interest (AOI) über den Gesichts-Stimuli im Bereich der Augen (AOI 1), Nase (AOI 2) und Mund (AOI 3) definiert. Der Rest des Bildes wurde in AOI 4 zusammengefasst. Die Position der AOI entspricht exakt den Koordinaten von Studie eins, die in Abbildung 13 (auf Seite 96) und Tabelle 8 (auf Seite 96) aufgelistet sind.

Im Gegensatz zur Studie eins kann die jeweils erste Fixation eines Trials in die Analyse mit aufgenommen werden, da ein randomisiert in den Bildschirmecken eingeblendetes Fixationskreuz vor Stimulus-Onset gezeigt wurde und somit eine Sakkade nötig war, um den Stimulus, präsentiert in der Bildschirmmitte, betrachten zu können. Durch dieses Vorgehen wird verhindert, dass die erste Fixation durch das zentrale Fixationskreuz beeinflusst wird, in dem z.B. der Blick an diesem Punkt haften bleibt und nicht mehr frei von der Person „gewählt“ wird.

Nach der Definition der AOI wurden die Eyetracking-Rohdaten-Files und die Presentation-Logfiles zeitlich synchronisiert. Danach konnten alle Fixationen (mediane Fixationsdauer¹⁹, mittlere Fixationsdauer der ersten Fixation, Summe der Fixationsdauern, Fixationsanzahl) in Abhängigkeit von der präsentierten Emotionskategorie sowie den AOI ausgewertet werden. Aufgrund der geringen Fehlerzahl von 12.5 % über beide Erhebungszeitpunkte und alle Stimuluskategorien gemittelt, gehen die Eyetracking-Daten aller Trials in die Analyse ein, unabhängig davon, ob sie jeweils korrekt oder inkorrekt

¹⁹ Der Median der Fixationsdauer ist robuster gegen Ausreißer und wurde daher dem Mittelwert vorgezogen. Außerdem sollten u.U. entstandene Verzerrungen durch die relativ lange Präsentationsdauer der Stimuli reduziert werden (z.B. durch besonders lange Fixationen zum Ende der Bildbetrachtung).

beantwortet wurden. Dies war im Gegensatz zur Studie eins möglich, da keine neuronalen Korrelate mit untersucht wurden, welche durch Unsicherheit in der Antwortauswahl beeinflussbar sind.

Die Definition der AOI, die zeitliche Synchronisierung sowie Zuordnung zu Emotion und AOI erfolgte mit einem zu diesem Zweck geschriebenen JAVA-Script (JAVA™, Version 6, Sun Microsystems Inc., Santa Clara, CA, USA). Abschließend ist anzumerken, dass Fixationen, die schon vor dem Erscheinen des Bildes begonnen haben (d.h. Onset der Fixation < 0), von der Auswertung ausgeschlossen wurden.

Die ermittelten Daten wurden in SPSS Statistics 17.0 (SPSS, Chicago, IL, USA) ausgewertet. Für die Prüfung der Hypothesen eins und zwei wurden je eine Varianzanalyse (ANOVA) mit Messwiederholung mit dem Innersubjektfaktor Faktor Emotion (zwei Stufen) bzw. Emotion (sieben Stufen) für die abhängigen Variablen mediane Fixationsdauer, Anzahl an Fixationen und Summe der Fixationsdauern gerechnet. Zur Beantwortung der Hypothese drei wurde in die ANOVA mit Messwiederholung ein weiterer Faktor, die AOI (drei Stufen), hinzugenommen und für die mediane Fixationsdauer, die Anzahl an Fixationen sowie die Summe der Fixationsdauern berechnet. Hypothese vier erforderte die Faktoren Erhebung (zwei Stufen), Emotion (sieben Stufen) und AOI (drei Stufen) für die bereits bei Hypothese drei genannten Augenbewegungsparameter. Die Hypothese fünf a) wurde mittels einer ANOVA mit Messwiederholung mit den Faktoren Emotion (sieben Stufen) und AOI (vier Stufen) bezogen auf die Häufigkeit der ersten Fixation und deren durchschnittlicher Dauer berechnet. Hypothese fünf b) nahm zusätzlich noch den Faktor Erhebung (zwei Stufen) auf.

In die Analysen der Hypothesen eins bis drei und fünf a) gingen jeweils nur die Daten der ersten Erhebung ein, in die der Hypothese vier und fünf b) die von erster und zweiter Testung.

Die Ergebnisse der verschiedenen Varianzanalysen werden folgendermaßen abgekürzt dargestellt: $F(df_{\text{Faktorstufen}}, df_{\text{Freiheitsgrade}})$. Die Varianzanalysen wurden mit einem angenommenen Fehler $\alpha = 0.05$ und unter Anwendung der Bonferroni-Korrektur des α -Fehlers angewendet. Wann immer die Sphärizität-Annahme verletzt wurde, wird der entsprechende Wert unter Korrektur der Freiheitsgrade nach Greenhouse-Geisser berichtet. Bei signifikanten Haupteffekten werden post-hoc paarweise Vergleiche unter Bonferroni-Korrektur angegeben.

3.2.2.6.2 Reduktion und Auswertung der behavioralen Daten

Die Analyse der Daten zur Emotions-Erkennungsrate sowie Reaktionszeiten (Hypothese sechs) erfolgte durch eine ANOVA mit Messwiederholung mit den Faktoren Testzeitpunkt (zwei Stufen) sowie Emotion (sieben Stufen). Dieselben Probanden, wie bereits bei der Psychophysiologie-Auswertung berichtet (siehe Kapitel 3.2.2.6.1), gehen in die Analyse ein und es werden zur Ergebnisdarstellung ebenfalls dieselben Parameter angewendet.

Eine individuelle Extremwertbereinigung für jeden Probanden wurde für die Reaktionszeiten durchgeführt. Dazu wurden die Quartile der Reaktionszeiten individuell für jeden Probanden pro Emotion und Testzeitpunkt definiert (Palermo und Coltheart, 2004). Nur Reaktionszeiten einer korrekten Antwort wurden zu diesem Zweck berücksichtigt. Auf Basis des Tukey-Kriteriums wurde eine Reaktionszeit als Ausreißer definiert, wenn ihr Wert um mehr als das 1.5-Fache von $(Q3-Q1)$ über $Q3$ oder unter $Q1$ liegt, also wenn $RT > Q3 + 1.5 (Q3-Q1)$ oder $RT < Q1 - 1.5 (Q3-Q1)$. Sämtliche Reaktionszeiten, mit denen im Weiteren gearbeitet wird, sind also extremwertbereinigt und basieren auf einer korrekten Antwort des Probanden.

3.2.2.6.3 Auswertung der Fragebögen

In dieser Studie wurden der BDI, STAI-S, ERQ sowie PANAS von den Probanden am Laptop ausgefüllt. Eine Beschreibung der Fragebögen ist im Kapitel 3.1.2.7 zu finden, die Vorlagen sind im Anhang 6.4 einzusehen.

Für die Berechnung von Korrelationen der Fragebögen bzw. deren Subskalen mit den behavioralen Daten (Emotions-Erkennungsrate, Reaktionszeit und Augenbewegungsparameter: Mediane Fixationsdauer, Summe der Fixationsdauern, Anzahl an Fixationen) zu beiden Testzeitpunkten wurde zunächst mittels Shapiro-Wilk-Test auf Normalverteilung geprüft. Ergab die Auswertung ein signifikantes Ergebnis auf dem 5 %-Niveau, bedeutete dies die Ablehnung der Annahme einer Normalverteilung. In diesem Fall wurde der Zusammenhang zweier Variablen mithilfe der Berechnung von Rangkorrelationskoeffizienten nach Spearman zweiseitig auf Signifikanz getestet. Bei Beibehaltung der Annahme einer Normalverteilung fand die Berechnung über eine Produkt-Moment-Korrelation nach Pearson statt. Koeffizienten auf dem 5 %-Niveau (*) und auf dem 1 %-Niveau (**) gelten als signifikante Korrelation. Mittelwerte der Fragebögen werden mit ihrer Standardabweichung (*SD*) berichtet.

3.2.3 Ergebnisse

Die Ergebnisse der psychophysiologischen und behavioralen Daten werden im Folgenden hypothesengeleitet präsentiert. Im Anschluss folgen die Darstellung der Ergebnisse der Fragebögen sowie eine explorative Korrelations-Untersuchung von Fragebögen und verschiedenen behavioralen Variablen.

3.2.3.1 Psychophysiologische Daten

Hypothese eins

Es bestehen Unterschiede in den Parametern der medianen Fixationsdauer, der Fixationsanzahl und der Summe der Fixationsdauern in Abhängigkeit von der Betrachtung emotionaler versus neutraler Bilder.

Sowohl für die mediane Fixationsdauer ($F(1,40) = 5.9, p < .05$) wie auch die Anzahl an Fixationen ($F(1,40) = 15.1, p < .001$) ergaben sich signifikante Haupteffekte für den Faktor Emotion. Dieser wurde für die Summe der Fixationsdauern nicht signifikant ($F(1,40) = 0.4, p = .510$).

Die mediane Fixationsdauer war bei neutralen Gesichtern signifikant länger ($M = 277\text{ ms}, SD = 48\text{ ms}$) als bei emotionalen ($M = 270\text{ ms}, SD = 44\text{ ms}$). Bezogen auf die Anzahl der Fixationen waren diese jedoch bei emotionalen mehr als bei neutralen Gesichtern je Stimulus ($M = 15.34\text{ Fix}, SD = 2.57\text{ Fix}$ vs. $14.66\text{ Fix}, SD = 2.98\text{ Fix}$). Hypothese eins kann somit für die mediane Fixationsdauer und die Fixationsanzahl bestätigt werden: Es gibt Unterschiede bei der Betrachtung von neutralen und emotionalen Gesichtsausdrücken. Für die Summe der Fixationsdauern ist die Hypothese widerlegt.

Hypothese zwei

Es existieren emotionsspezifische Unterschiede in den Parametern der medianen Fixationsdauer, der Fixationsanzahl und der Summe der Fixationsdauern für die Emotionen Angst, Ekel, Freude, Überraschung, Trauer, Wut und neutrale Gesichter.

Die mediane Fixationsdauer zeigte keinen signifikanten Effekt für den Faktor Emotion ($F(4,180) = 2.0, p = .089$). Deskriptiv waren die längsten medianen Fixationsdauern bei neutralen ($M = 277\text{ ms}, SD = 48\text{ ms}$) und die kürzesten bei traurigen Gesichtern ($M = 268\text{ ms}, SD = 44\text{ ms}$) zu finden (siehe Tabelle 22).

Demgegenüber erwies sich die Anzahl an Fixationen je Emotionskategorie als deutlich signifikant ($F(5,198) = 16.9, p < .001$) (siehe Tabelle 22). Angstvolle Gesichter zogen die meisten Fixationen auf sich ($M = 16.06$ Fix, $SD = 2.72$ Fix), gefolgt von traurigen Gesichtern ($M = 15.68$ Fix, $SD = 2.64$ Fix). Die Betrachtung von freudigen Gesichtern ($M = 14.48$ Fix, $SD = 2.61$ Fix) und neutralen Gesichtern ($M = 14.66$ Fix, $SD = 3.02$ Fix) rief die wenigsten Fixationen hervor. Abbildung 21 veranschaulicht dies.

Post-hoc durchgeführte paarweise Vergleiche der Fixationsanzahlen zeigten, dass sich angstvolle Gesichter signifikant von allen anderen Gesichtsausdrücken, bis auf traurige, unterschieden. Auch freudige Gesichter waren signifikant unterschiedlich im Vergleich mit allen anderen Gesichtern bis auf neutrale Ausdrücke. Zudem unterschieden sich überraschte und neutrale sowie traurige und neutrale Gesichter signifikant voneinander.

Tabelle 22: Mediane Fixationsdauer, mittlere Fixationsanzahl und Summe der Fixationsdauern je Stimulus in Abhängigkeit von Emotionskategorie.

Emotion	M (SD) Med FixDauer (ms)	M (SD) NrFix	M (SD) Sum FixDauer (Sek)
Angst	270 (± 45)	16.06 (± 2.72)	4.80 (± 0.29)
Ekel	274 (± 50)	15.25 (± 2.73)	4.73 (± 0.28)
Wut	269 (± 44)	15.19 (± 2.84)	4.67 (± 0.33)
Überraschung	269 (± 47)	15.40 (± 2.70)	4.73 (± 0.28)
Trauer	268 (± 44)	15.68 (± 2.64)	4.73 (± 0.27)
Neutral	277 (± 48)	14.66 (± 3.02)	4.69 (± 0.31)
Freude	271 (± 46)	14.48 (± 2.61)	4.63 (± 0.30)

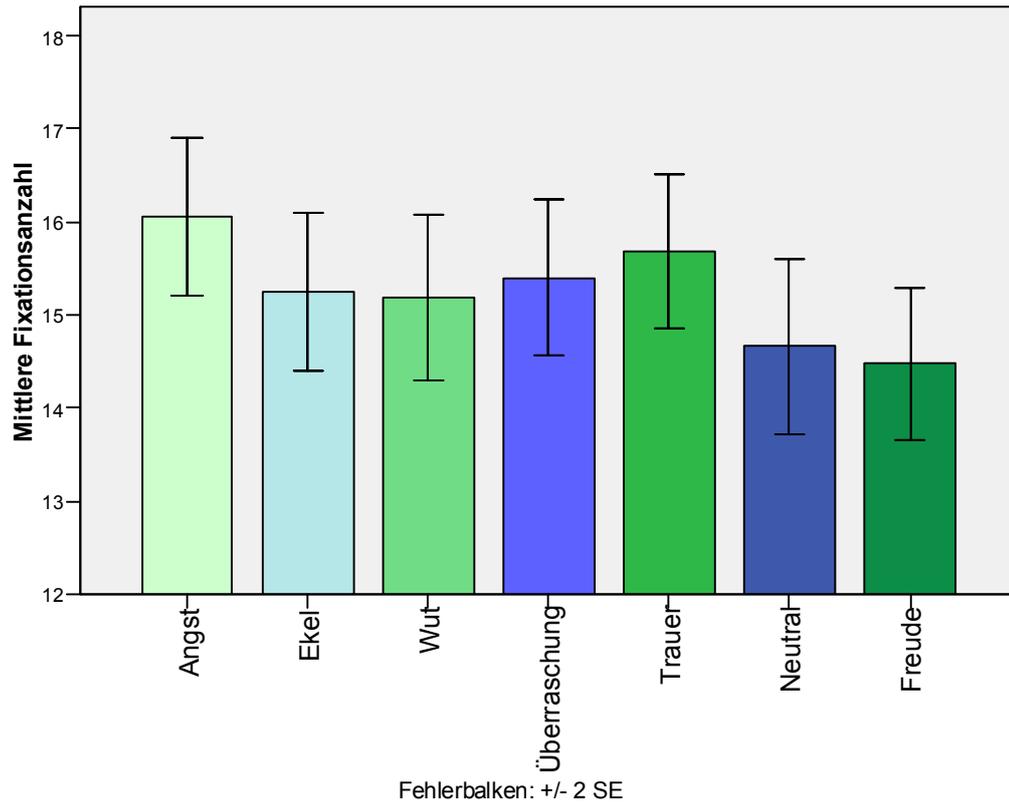


Abbildung 21: Mittlere Anzahl an Fixationen je Stimulus in Abhängigkeit von Emotionskategorie²⁰.

Die Summe der Fixationsdauern zeigte für den Faktor Emotion ebenfalls einen signifikanten Effekt ($F(4,162) = 4.6, p \leq .001$) (siehe Abbildung 22). Die Summe der Fixationsdauern in Abhängigkeit von der Emotion rief bei angstvollen Gesichtsausdrücken die längste Summe hervor ($M = 4.80 \text{ Sek.}, SD = 0.29 \text{ Sek.}$), bei Freude die kleinste ($M = 4.63 \text{ Sek.}, SD = 0.30 \text{ Sek.}$). Die Werte der einzelnen Emotionen sind in Tabelle 22 eingetragen. Post-hoc Tests der paarweisen Vergleiche zeigten, dass sich angstvolle Gesichter signifikant von Wut, Trauer, Neutral und Freude unterschieden. Angeekelte Ausdrücke unterschieden sich signifikant von Wut und neutralen Gesichtern. Wut-Ausdrücke unterschieden sich von Überraschung. Überraschte Gesichter unterschieden sich zudem signifikant von neutralen und freudigen.

²⁰ Da die statistische Prüfung auf dem Standardfehler basiert, soll in den Abbildungen zur Studie zwei der zweifache Standardfehler und nicht die Standardabweichung angegeben werden, die zur deskriptiven Beschreibung der Unterschiede im Text verwendet wird. Siehe dazu Koschack (2008).

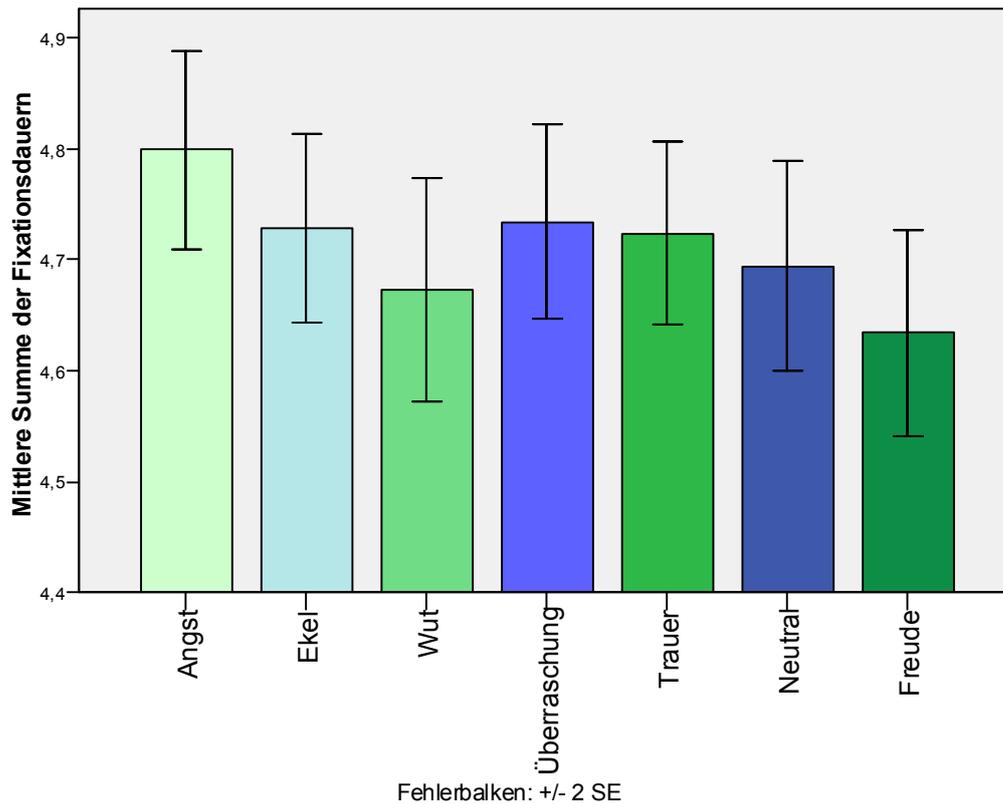


Abbildung 22: Mittlere Summe der Fixationsdauern je Stimulus in Abhängigkeit von Emotionskategorie.

Somit kann auch Hypothese zwei zumindest teilweise bestätigt werden: Die Betrachtung unterschiedlicher Emotionen beeinflusst die Anzahl an Fixationen und die Summe der Fixationsdauern signifikant, nicht jedoch die mediane Fixationsdauer.

Hypothese drei

Wenn Hypothese zwei bestätigt wird, lassen sich diese emotionsspezifischen Unterschiede auf die verschieden relevanten Gesichtsmerkmale (Augen, Nase, Mund) zurückführen.

Obwohl unter Hypothese zwei kein signifikanter Effekt für die mediane Fixationsdauer gefunden wurde, soll Hypothese drei dennoch untersucht werden. Bezogen auf die mediane Fixationsdauer wurden der Hauptfaktor AOI ($F(1,58) = 5.6, p < .05$) sowie die Interaktion von Emotion und AOI ($F(5,194) = 3.5, p \leq .05$) signifikant. Der Faktor Emotion wurde wie bereits bei Hypothese zwei beschrieben, nicht signifikant ($F(4,165) = 0.7, p = .614$).

Die Abbildung 23 zeigt, dass die drei AOI unterschiedlich lange betrachtet wurden. Die Augen riefen die längsten medianen Fixationsdauern mit 267 ms ($SD = 46$ ms) hervor, gefolgt von Nase ($M = 256$ ms, $SD = 45$ ms) und Mund ($M = 238$ ms, $SD = 72$ ms). Post-hoc Vergleiche zeigten, dass der Unterschied zwischen der medianen Fixationsdauer auf den Augen und dem Mund dieses Ergebnis hervorgerufen hatte.

Bei näherer Betrachtung des Interaktionseffekts wird ersichtlich, dass der Mund in Abhängigkeit von der betrachteten Emotion die größte Spannweite zeigt: die kürzeste mediane Fixationsdauer war bei angeekelten Gesichtsausdrücken zu finden ($M = 203$ ms, $SD = 123$ ms), die längste bei überraschten Gesichtern ($M = 275$ ms, $SD = 93$ ms). Hervorzuheben ist ferner, dass Überraschung die einzige Emotion war, bei der die mediane Fixationsdauer auf dem Mund länger dauerte als die auf Augen ($M = 251$ ms, $SD = 48$ ms) und Nase ($M = 258$ ms, $SD = 60$ ms).

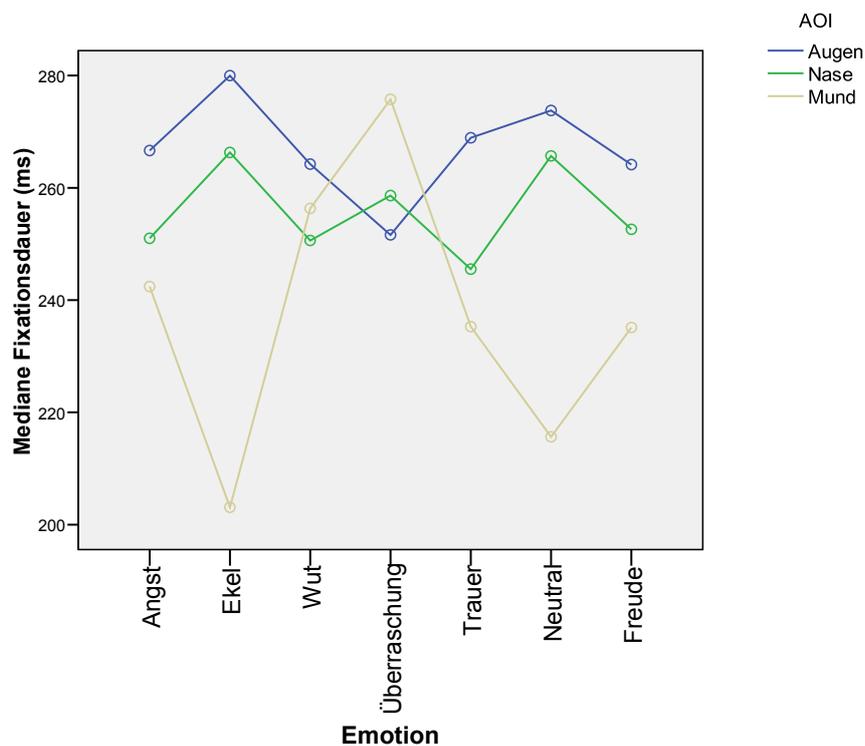


Abbildung 23: Mediane Fixationsdauer je Stimulus in Abhängigkeit von Emotion und AOI.

Die Analyse der Anzahl an Fixationen wurde für die beiden Faktoren Emotion ($F(6,240) = 21.4$, $p < .001$) und AOI ($F(2,64) = 75.6$, $p < .001$) signifikant und ergab außerdem eine signifikante Interaktion ($F(3,105) = 20.2$, $p < .001$). Der Haupteffekt Emotion wurde bereits unter Hypothese zwei näher beschrieben. Wie in Abbildung 24 ersichtlich, führen, wie auch bei der medianen

Fixationsdauer, die drei AOI zu unterschiedlichen Anzahlen an Fixationen. Auf die Augen wurden 6.64 Fixationen ($SD = 2.06$ Fix) je Stimulus gerichtet, auf die Nase 3.87 ($SD = 3.09$ Fix) und den Mund 1.09 ($SD = 1.17$ Fix).

Zur signifikanten Interaktion zwischen Emotion und AOI trug die Anzahl an Fixationen auf den Augen bei Angst und bei Trauer sowie die Anzahl an Fixationen auf dem Mund bei Überraschung bei, was post-hoc Tests zeigten.

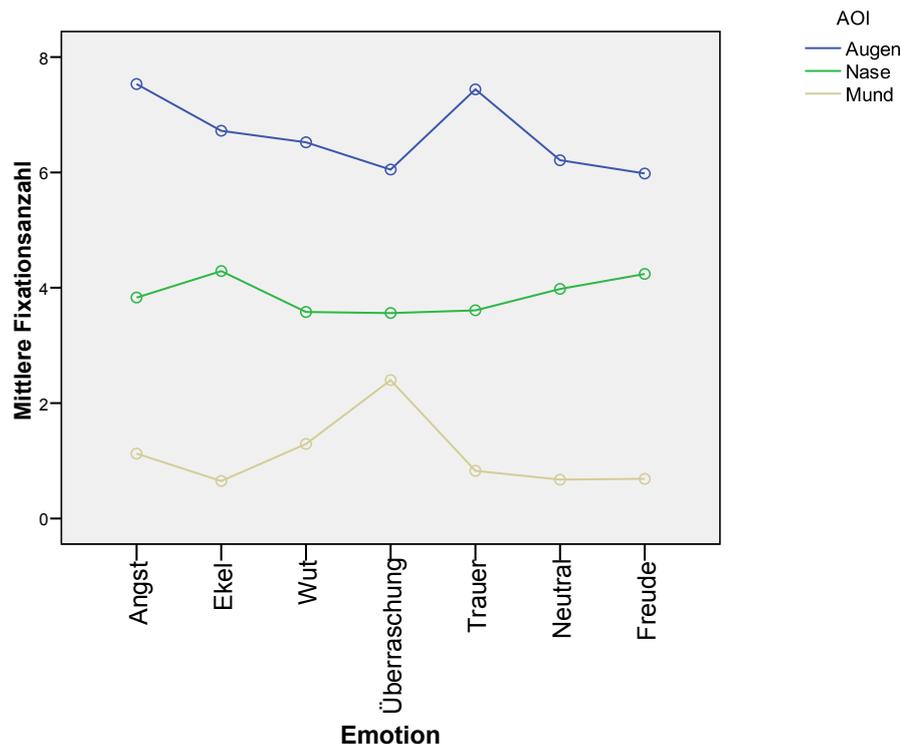


Abbildung 24: Mittlere Fixationsanzahl je Stimulus in Abhängigkeit von Emotion und AOI.

Die Auswertung der Summe der Fixationsdauern ergab signifikante Haupteffekte für Emotion ($F(5,188) = 10.0, p < .001$) und AOI ($F(2,62) = 67.6, p < .001$) sowie für deren Interaktion ($F(3,112) = 19.4, p < .001$). Auch hier wurde der Haupteffekt Emotion bereits unter Hypothese eins berichtet. Wie bei der medianen Fixationsdauer und der Anzahl an Fixationen auch dargestellt, erhielt die AOI Augen die größte Summe an Fixationen je Stimulus ($M = 2.06$ Sek., $SD = 0.62$ Sek.), gefolgt von Nase ($M = 1.15$ Sek., $SD = 0.71$ Sek.) und schließlich dem Mund ($M = 0.33$ Sek., $SD = 0.36$ Sek.).

Wie Abbildung 25 darstellt, trug besonders die Summe der Fixationen auf den Augen und auf den Mund bei überraschten Gesichtsausdrücken im Vergleich zu den anderen Emotionen wesentlich zur signifikanten Interaktion bei.

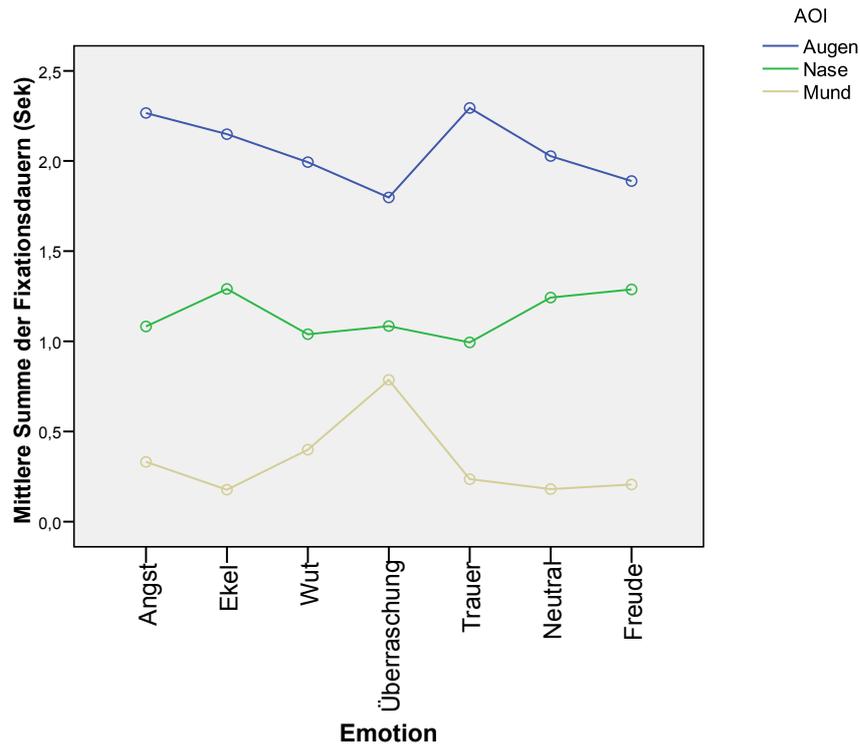


Abbildung 25: Mittlere Summe der Fixationsdauern in Abhängigkeit von Emotion und AOI.

Für alle drei untersuchten Augenbewegungsparameter zeigten sich signifikante Haupteffekte der AOI und signifikante Interaktionen von Emotion und AOI, was die Gültigkeit der Hypothese drei belegt. Besonders der Mund schien über die Parameter hinweg zwischen den verschiedenen Emotionen am stärksten zu unterscheiden.

Hypothese vier

Die Fixationsdauer (Median, Summe) und Fixationsanzahl ändern sich, wenn dieselben Stimuli ein zweites Mal betrachtet werden.

Die ANOVA mit Messwiederholung zeigte keine signifikanten Unterschiede für den Haupteffekt Erhebung oder dessen Interaktion mit Emotion oder AOI für die drei untersuchten Augenbewegungsparameter (Mediane Fixationsdauer: Erhebung $F(1,39) = 0.5$, $p = .493$; Erhebung * Emotion $F(5,176) = 0.6$, $p = .688$; Erhebung * AOI $F(1,52) = 1.8$, $p = .171$; Erhebung * Emotion * AOI $F(6,228) = 0.4$, $p = .898$; Summe der Fixationsdauern: Erhebung $F(1,39) = 0.9$, $p = .357$; Erhebung * Emotion $F(6,234) = 1.8$, $p = .101$; Erhebung * AOI $F(2,78) = 0.0$, $p = .996$; Erhebung * Emotion * AOI $F(6,223) = 0.7$, $p = .738$;

Fixationsanzahl: Erhebung $F(1,39) = 0.4$, $p = .528$; Erhebung * Emotion $F(6,234) = 0.5$, $p = .794$; Erhebung * AOI $F(2,78) = 0.9$, $p = .430$; Erhebung * Emotion * AOI $F(12,468) = 0.8$, $p = .658$.

Die mittleren Werte von Fixationsdauer, Fixationsanzahl und Summe an Fixationen in Gegenüberstellung von Erhebung eins und zwei sind im Anhang 6.2.4 einsehbar.

Es zeigten sich jedoch auch hier, die bereits unter Hypothese zwei und drei beschriebenen Effekte: Für die mediane Fixationsdauer ergab sich in der dreifaktoriellen ANOVA mit Messwiederholung ein signifikanter Haupteffekt für AOI ($F(2,61) = 9.3$, $p \leq .001$) und die Interaktion von Emotion und AOI ($F(5,177) = 7.7$, $p < .001$). Die Anzahl und die Summe der Fixationsdauern erbrachten jeweils signifikante Haupteffekte für Emotion (Anzahl: $F(6,234) = 31.8$, $p < .001$; Summe Fixationsdauern: $F(4,167) = 12.0$, $p < .001$), AOI (Anzahl: $F(2,60) = 72.6$, $p < .001$; Summe Fixationsdauern: $F(2,59) = 64.2$, $p < .001$) sowie die Interaktion von Emotion und AOI (Anzahl: $F(2,88) = 26.1$, $p < .001$; Summe Fixationsdauern: $F(2,97) = 25.5$, $p < .001$).

Die wiederholte Betrachtung von emotionalen Bildern führte somit zu keinen signifikanten Veränderungen der Parameter mediane Fixationsdauer, Fixationsanzahl oder Summe der Fixationsdauern bei der Betrachtung emotionaler Gesichtsausdrücke, was die Hypothese vier widerlegt.²¹

Hypothese fünf

a) Die unterschiedlichen Emotionen beeinflussen, auf welches Gesichtsmerkmal (AOI) die erste Fixation gelenkt wird und wie lange die erste Fixation dauert.

b) Bezogen auf Hypothese fünf a) gibt es auch einen Unterschied zwischen erster und zweiter Betrachtung eines Bildes.

Eine signifikante Interaktion von Emotion und AOI konnte für die Häufigkeit der ersten Fixation bei erstmaliger Betrachtung der Bilder nicht gefunden werden ($F(8,330) = 1.5$, $p = .149$). Für die mediane Fixationsdauer ($F(7,275) = 1.9$, $p = .069$) wurde ein statistischer Trend gefunden. Lediglich der Faktor AOI führte zu einem signifikanten Haupteffekt bezogen auf die Häufigkeit

²¹ Auch eine ANOVA mit Messwiederholung mit den Faktoren Erhebung (zwei Stufen), Emotion (zwei Stufen, Neutral vs. Emotionen), AOI (drei Stufen) zeigte keine signifikanten Haupteffekte oder Interaktionen für bzw. mit dem Faktor Erhebung.

($F(2,69) = 19.3$, $p < .001$) und die mittlere Dauer der ersten Fixation ($F(2,80) = 27.1$, $p < .001$). Der Faktor Emotion wurde nicht signifikant (Häufigkeit: $F(6,240) = 1.1$, $p = .356$; mediane Fixationsdauer $F(5,184) = 0.2$, $p = .983$).

Auf den Augen landeten über alle Emotionskategorien hinweg im Mittel 36.87 % der Fixationen bei der ersten Betrachtung eines Gesichts, auf der Nase 23.98 % und auf dem Mund 14.06 % (siehe Tabelle 23). 25.09 % aller Fixationen landeten auf einem anderen Punkt im Gesicht (AOI 4). Post-hoc durchgeführte paarweise Vergleiche zeigten, dass sich dabei besonders die Fixationsanzahl auf den Augen signifikant von den anderen AOI unterschied. Aber auch Nase und Mund sowie Mund und restliche Bildfläche unterschieden sich signifikant.

Tabelle 23: Mittlere Fixationshäufigkeit und mediane Fixationsdauer der ersten Fixation je Stimulus auf den verschiedenen AOI.

AOI	M NrFix	SD NrFix	% NrFix	M Med FixDauer (ms)	SD MedFixDauer (ms)
Augen	5.98	2.82	36.87	209	61
Nase	3.89	2.22	23.98	161	60
Mund	2.28	1.65	14.06	117	55
AOI 4	4.07	1.92	25.09	133	33

Die mittleren Fixationsdauern zeigten, unabhängig von der zugrunde liegenden Emotion, dass auf die Augenregion die längsten ($M = 209$ ms, $SD = 61$ ms) und auf den Mund die kürzesten ($M = 117$ ms, $SD = 55$ ms) ersten Fixationen gerichtet wurden (siehe Tabelle 23). Dabei kam der signifikante Haupteffekt besonders durch die Differenzen von Augen mit den drei anderen AOI sowie der Nase mit dem Mund und schließlich der Nase mit der restlichen Bildfläche zustande, wie Post-hoc Tests ergaben.

Der Vergleich der Häufigkeit und medianen Dauer der ersten Fixationen von erster und zweiter Betrachtung erbrachte in Abhängigkeit von Emotion und/ oder AOI keinen Haupt- oder Interaktionseffekt, lediglich für den Faktor Erhebung bezogen auf die Häufigkeit wurde ein statistischer Trend angegeben (Häufigkeit: Erhebung $F(1,39) = 3.4$, $p = .072$; Erhebung * Emotion $F(6,234) = 1.2$, $p = .261$; Erhebung * AOI $F(2,78) = 0.1$, $p = .900$; Erhebung * Emotion * AOI $F(12,468) = 0.2$, $p = .999$); Mediane Fixationsdauer: Erhebung $F(1,39) = 0.1$, $p = .754$; Erhebung * Emotion $F(6,234) = 1.0$, $p = .409$; Erhebung * AOI $F(2,78) = 0.8$, $p = .441$; Erhebung * Emotion * AOI

$F(7,284) = 1.4, p = .143$). Ein Einfluss durch den Faktor Erhebung kann somit auf die erste Fixation ausgeschlossen werden.

Somit wird die Hypothese fünf a) widerlegt, da kein statistisch signifikanter Einfluss von Emotion und AOI für das Auftreten der ersten Fixation bzw. deren durchschnittliche Dauer festzustellen ist (lediglich für die mediane Fixationsdauer wurde ein statistischer Trend gefunden). Zudem ist kein signifikanter Unterschied zwischen erstem und zweitem Beobachtungszeitpunkt bezogen auf die Häufigkeit der ersten Fixation in Abhängigkeit von Emotion und AOI zu konstatieren, so dass auch Hypothese fünf b) nicht bestätigt wurde.

3.2.3.2 Behaviorale Daten

Hypothese sechs

Die Emotions-Erkennungsrate sowie die Reaktionszeiten bei wiederholter Betrachtung derselben Stimuli ändern sich von erster zu zweiter Erhebung nicht signifikant.

Bei der Rate korrekt erkannter Emotionen gab es einen signifikanten Haupteffekt für den Faktor Emotion ($F(3,104) = 24.8, p < .05$) und eine signifikante Interaktion zwischen Emotion und Testzeitpunkt ($F(2,98) = 2.9, p < .05$). Der Faktor Testzeitpunkt wurde nicht signifikant ($F(1,40) = 0.4, p = .536$).

Über beide Erhebungen gemittelt, haben die Probanden 13.75 von 16 Stimuli je Emotionskategorie richtig erkannt. Jedoch gab es klare Unterschiede zwischen den Emotionen (siehe Tabelle 24): Am wenigsten gut erkannt wurden angstvolle Gesichter ($M = 10.91$ Richtige, $SD = 3.65$ Richtige), am besten wurden wütende ($M = 15.12$ Richtige, $SD = 1.69$ Richtige) und freudige Gesichter ($M = 15.13$ Richtige, $SD = 2.23$ Richtige) erfasst.

Tabelle 24: Mittlere Anzahl an korrekt erkannten Gesichtern (Hit-Rate) gemittelt über T1 und T2 für die verschiedenen Emotionen.

Emotion	M Hit-Rate	SD Hit Rate	% Hit Rate
Angst	10.91	3.65	68.19
Ekel	12.84	2.12	80.25
Wut	15.12	1.69	94.50
Überraschung	13.56	2.49	84.75
Trauer	14.19	2.01	88.69
Neutral	14.51	2.45	90.69
Freude	15.13	2.23	94.56

Post-hoc Tests veranschaulichen die Differenz zwischen angstvollen und anderen emotionalen Gesichtern nachdrücklich: jeder der Vergleiche wurde signifikant. Ferner unterschieden sich angeekelte Gesichter signifikant von wütenden, traurigen und neutralen. Die Erkennungsrate wütender Gesichter war statistisch verschieden von überraschten und traurigen. Überraschte Gesichter schließlich unterschieden sich signifikant von neutralen und freudigen.

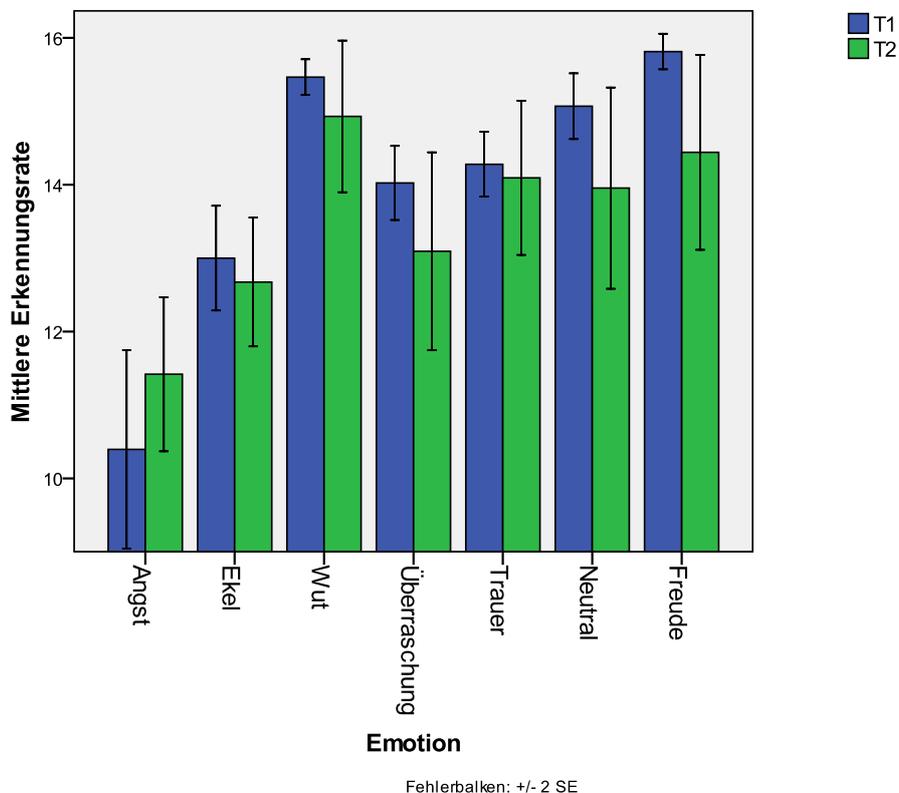
**Abbildung 26:** Mittlere Erkennungsrate der verschiedenen Emotionen zu T1 und T2. Maximal 16 Stimuli konnten je Emotionskategorie korrekt erkannt werden.

Abbildung 26 stellt die unterschiedlichen Erkennungsraten aufgedgliedert nach Erhebungszeitpunkt eins und zwei dar. Es ist festzustellen, dass bis auf Angst-Stimuli, alle anderen Emotionen bei der zweiten Testung signifikant schlechter erkannt wurden als bei der ersten, was zur signifikanten Interaktion von Emotion und Erhebung geführt hat.

Bei der mittleren Reaktionsgeschwindigkeit wurden beide Haupteffekte signifikant (Testzeitpunkt: $F(1,40) = 26.3$, $p < .05$; Emotion: $F(2,71) = 3.5$, $p < .05$). Die Interaktion der beiden Effekte erwies sich jedoch als nicht signifikant ($F(1,55) = 0.7$, $p = .614$). Dies bedeutet, dass auch wenn sich die Reaktionsgeschwindigkeit insgesamt verringert hat, keine Veränderung des Verhältnisses bezogen auf die Emotionen festzustellen war.

Während der ersten Testung waren die mittleren Reaktionszeiten über alle Emotionskategorien hinweg signifikant länger als bei der zweiten Erhebung (1.5 Sek. vs. 1.2 Sek.). Auch für die verschiedenen Emotionen zeigten sich unterschiedliche Dauern für die Bewertung an T1 und T2 (siehe Abbildung 27 und Tabelle 25).

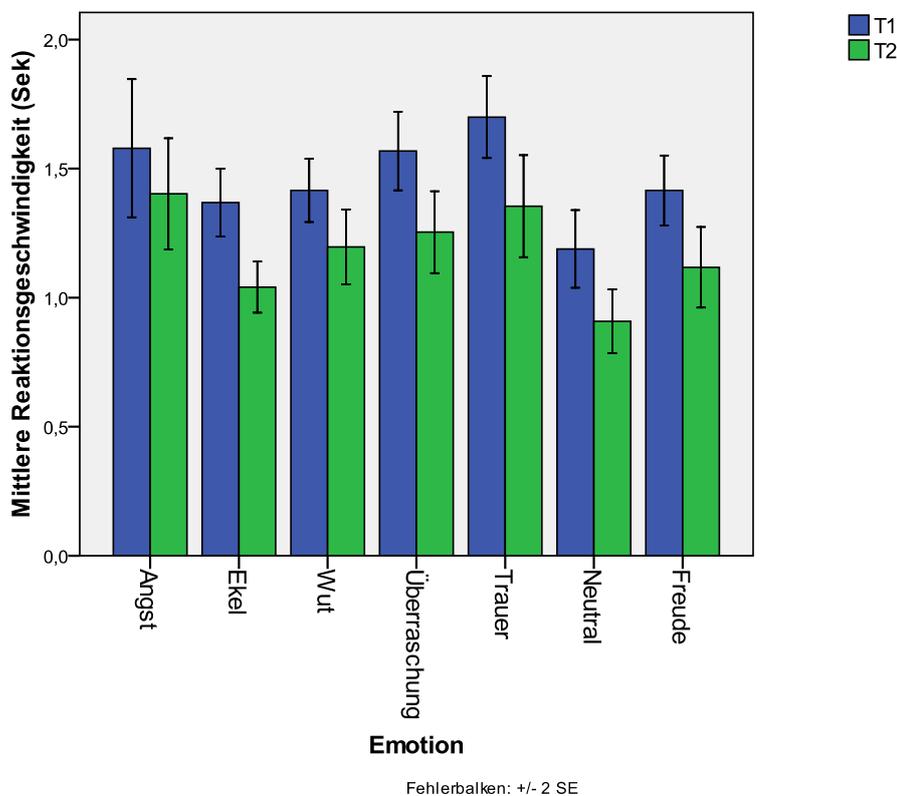


Abbildung 27: Mittlere Reaktionsgeschwindigkeit der Emotions-Kategorisierung zu T1 und T2.

Post-hoc Tests ergaben, dass sich die Reaktionsgeschwindigkeiten für die Emotionen Ekel und Trauer signifikant unterschieden, des Weiteren die von Wut und Trauer sowie die von Überraschung und Neutral. Insgesamt wurden neutrale Gesichtsausdrücke ($M = 0.93 \text{ Sek.}$, $SD = 0.41 \text{ Sek.}$) am schnellsten erkannt und die von traurigen Gesichtern ($M = 1.30 \text{ Sek.}$, $SD = 0.53 \text{ Sek.}$) am langsamsten.

Tabelle 25: Mittlere Reaktionsgeschwindigkeit (Sek) gemittelt über T1 und T2 für die verschiedenen Emotionen.

Emotion	M RT (Sek)	SD RT (Sek)
Angst	1.18	0.77
Ekel	1.05	0.34
Wut	1.05	0.42
Überraschung	1.18	0.53
Trauer	1.30	0.53
Neutral	0.93	0.41
Freude	1.13	0.49

Hypothese sechs ist somit für die Erkennungsrate widerlegt, da ein signifikanter Unterschied für die beiden Erhebungszeitpunkte in Abhängigkeit von der bewerteten Emotion festgestellt wurde. Bis auf angstvolle Gesichter wurden alle anderen Emotionen und neutrale Gesichter am zweiten Erhebungszeitpunkt schlechter erkannt als am ersten. Für die Reaktionszeit wurden signifikante Unterschiede zwischen den Emotionen und beiden Testzeitpunkten ermittelt, allerdings wurde keine Interaktion zwischen den Faktoren gefunden. Folglich kann die Hypothese auch für die Reaktionszeit nicht bestätigt werden.

3.2.3.3 Fragebögen

Aufgrund von zu hohen BDI-Werten an beiden Testzeitpunkten wurde ein Proband, wie bereits beschrieben, aus der Analyse aller Daten ausgeschlossen (BDI-Wert > 14 Punkte).

Die Mittelwerte aller anderen Fragebögen lagen innerhalb der normalen Spanne, d.h. unterhalb der jeweiligen Cut-Off-Werte bzw. innerhalb $\pm 1 \text{ SD}$ um den Norm-Mittelwert herum (Normwerte und Cut-Offs sind in Kapitel 3.1.2.7 nachzulesen). Die Fragebogenergebnisse sind in Tabelle 26 aufgelistet.

Tabelle 26: Mittelwerte der Fragebögen.

Fragebogen	M	SD
BDI T1	3.96	3.53
BDI T2	3.01	2.86
ERQ-Unterdrückung T1	3.48	1.11
ERQ-Neubewertung T1	4.85	0.88
STAI-State T1	34.85	9.36
STAI-State T2	33.85	7.47
PANAS-Positiver Affekt T1	32.63	5.27
PANAS-Positiver Affekt T2	34.24	5.58
PANAS-Negativer Affekt T1	16.73	5.57
PANAS-Negativer Affekt T2	14.37	4.30

Anmerkungen: T1 = Testzeitpunkt 1, T2 = Testzeitpunkt 2.

Der mittlere BDI-Wert betrug für die erste Testung 3.96 Punkte ($SD = 3.53$, *Spanne 0 bis 13*) und für die zweite Testung 3.01 Punkte ($SD = 2.86$, *Spanne 0 bis 9*). Der Mittelwert der ERQ-Unterdrückungs-Skala lag bei 3.48 Punkten ($SD = 1.11$, *Spanne 1 bis 5.75*), der Mittelwert der Neubewertung bei 4.85 Punkten ($SD = 0.88$, *Spanne 2.17 bis 6.83*). Der STAI-S betrug zur ersten Testung im Mittel 34.85 Punkte ($SD = 9.36$, *Spanne 22 bis 61*), bei der zweiten Testung 33.85 Punkte ($SD = 7.47$, *Spanne 20 bis 48*). Die Skala positiver Affekt des PANAS wies zur ersten Testung im Mittel 32.63 Punkte auf ($SD = 5.27$, *Spanne 21 bis 43*) und bei der zweiten Testung 34.24 Punkte ($SD = 5.58$, *Spanne 23 bis 43*). Die Skala negativer Affekt des PANAS erbrachte im Mittel 16.73 Punkte ($SD = 5.57$, *Spanne 10 bis 36*) zum ersten Testzeitpunkt und 14.37 Punkte ($SD = 4.30$, *Spanne 10 bis 26*) zum zweiten.

3.2.3.3.1 Explorative Analyse der Korrelationen von Fragebögen mit behavioralen Daten

Im Folgenden werden die Korrelationen der Fragebögen bzw. deren Subskalen mit behavioralen Daten (Emotions-Erkennungsrate, Reaktionszeit, verschiedene Augenbewegungsparameter) beschrieben, welche explorativ untersucht wurden.

Zunächst werden die Korrelationen der behavioralen Daten mit verschiedenen Maßen zur momentanen Befindlichkeit beschrieben. Für den Testzeitpunkt eins konnte eine signifikante Korrelation zwischen negativer Angespanntheit (eine Unterskala des PANAS) und der mittleren Fixationsdauer überraschter Gesichter gefunden werden ($r = .315^*$). Je angespannter die Versuchspersonen waren, desto länger betrachteten sie überraschte Gesichter.

Zudem wurde ein signifikanter Zusammenhang von positivem Affekt und der Erkennung trauriger Gesichter ($r = .386^*$) festgestellt. Somit fiel es positiv gestimmten Personen leichter, traurige Gesichter zu erkennen. Zum zweiten Testzeitpunkt korrelierte die Unterskala situationsabhängiger Angst des STAI signifikant negativ mit der Anzahl an Fixationen auf angstvolle Gesichter ($r = -.321^*$). Somit neigten eher ängstlich gestimmte Probanden dazu, den Blick auf die angstvollen Gesichter zu vermeiden. Ansonsten konnten keine Zusammenhänge mit situationsabhängiger Angst gefunden werden. Die momentane Befindlichkeit scheint eine Auswirkung auf Emotionserkennung und Augenbewegungen zu haben, allerdings kann kein systematischer Zusammenhang festgestellt werden, da die Retest-Reliabilität nur gering ausfällt.

Es konnten keine emotionsübergreifenden Zusammenhänge zwischen dem Ausprägungsgrad depressiver Symptome (BDI) und Ergebnissen der Emotionserkennung oder Reaktionsgeschwindigkeit gefunden werden. Zwar konnte zum ersten Testzeitpunkt eine signifikante Korrelation zwischen dem BDI und der Erkennungsrate trauriger Gesichter ($r = -.324^*$) festgestellt werden und auch zum zweiten Testzeitpunkt ergab sich eine signifikante Korrelation. In dieser Messung korrelierten die BDI-Ergebnisse allerdings mit der Emotionserkennung überraschter Gesichter ($r = .315^*$). Somit ist nicht von einem systematischen Zusammenhang auszugehen. Dem ist hinzu zu fügen, dass Probanden mit zu hohen BDI-Scores nicht in die Analysen der Augenbewegungen eingingen, so dass eine Korrelation von hohem BDI und anderen behavioralen Daten nicht ausgeschlossen werden kann.

Im nächsten Abschnitt sollen Korrelationen mit Persönlichkeitsmaßen berichtet werden. Die gewohnheitsmäßige Präferenz der Emotionsregulationsstrategien wurde mit dem ERQ auf zwei Skalen gemessen. Es ließ sich feststellen, dass am zweiten Testzeitpunkt die mittlere Fixationsdauer emotionaler Gesichter signifikant mit der Strategie der Unterdrückung des negativen Ausdrucks korrelierte ($r = -.305^*$). Je höher die Präferenz für diese Strategie ausgeprägt war, desto kürzer wurden die emotionalen Gesichter betrachtet, was angesichts eines suppressiven Vorgehens plausibel erscheint. Dieser Zusammenhang über alle Emotionen hinweg ließ sich allerdings nur zum zweiten Testzeitpunkt feststellen und erwies sich daher als wenig reliabel. Zum ersten Zeitpunkt ergab sich aber zumindest bei der mittleren Fixationsdauer überraschter Gesichter eine signifikante negative Korrelation zu der Präferenz einer Unterdrückungsstrategie ($r = -.466^{**}$). Des Weiteren fand sich zu diesem Zeitpunkt ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Erkennungsrate

wütender Gesichter und der Unterdrückung emotionalen Ausdrucks ($r = -.309^*$).

Mit der Strategie der kognitiven Neubewertung konnten zu beiden Testzeitpunkten signifikante Korrelationen der mittleren Fixationsdauer über alle Emotionen hinweg gefunden werden ($r = -.379^*$ bzw. $r = -.377^*$). Allerdings war auch diese Korrelation negativ, wie bereits bei der Strategie der Unterdrückung: Je eher ein Proband zu dieser Emotionsregulationsstrategie neigte, desto kürzer dauerten seine Fixationen an. Aus diesem Grund sind die erhaltenen Ergebnisse mit Vorsicht zu interpretieren.

Weiterhin korrelierte zum ersten Zeitpunkt die Anzahl an Fixationen über alle Emotionskategorien hinweg signifikant positiv mit dem Regulationsstil der kognitiven Neubewertung ($r = .432^{**}$). Der Regulationsstil kognitiver Neubewertung scheint also mit einem erkundungs-freudigeren Blickbewegungsstil einher zu gehen. Der Zusammenhang mit dieser Subskala wird durch zahlreiche emotionsbezogene Korrelationen sowohl mit der Dauer, als auch mit der Häufigkeit von Fixationen zu beiden Zeitpunkten bestärkt. So korreliert beispielsweise die Unterskala der kognitiven Neubewertung signifikant positiv mit der Häufigkeit der Fixation angstvoller Gesichter ($r = .442^*$) zum ersten Testzeitpunkt. Gleiches gilt auch für fröhliche Gesichter ($r = .439^{**}$). Beispielhaft sei auch noch eine Korrelation aus der zweiten Testung erwähnt: die Korrelation der mittleren Fixationsdauer trauriger Gesichter mit der Unterskala kognitive Neubewertung fiel deutlich signifikant aus ($r = -.411^{**}$).

3.2.4 Diskussion und Implikationen für Studie drei

Die Ergebnisse bestätigen, dass sich Augenbewegungen bei der Betrachtung neutraler im Vergleich zu emotionalen Stimuli signifikant unterscheiden. So waren die medianen Fixationsdauern auf neutralen Gesichtern deutlich länger und Probanden benötigten eine geringere Anzahl an Fixationen im Vergleich zu emotionalen. Dies kann dadurch erklärt werden, dass der Proband erst evaluieren musste, ob es sich um einen emotionalen Ausdruck handelt oder nicht, was eine vergleichsweise lange Fixationsdauer erforderte. Erfolgte dann jedoch die Erkennung eines neutralen Ausdrucks, reduzierte sich die Fixationsanzahl und die Bewertung konnte insgesamt schneller (d.h. mit einer kurzen Reaktionszeit) abgegeben werden als bei allen anderen Emotionen. Dieses Ergebnis bestätigt die Annahme, dass Unterschiede in der

perzeptuellen Erkennung emotionaler und neutraler Gesichtsausdrücke bestehen. Allerdings könnte einschränkend bewertet werden, dass auf ein neutrales Gesicht sechs emotionale Gesichter gezeigt wurden, so dass der Befund möglicherweise von der ungleichen Häufigkeitsverteilung beeinflusst wurde.

Bei der weiterführenden Analyse der einzelnen Basisemotionen und deren Einfluss auf Augenbewegungen konnten ein signifikanter Haupteffekt für die Summe der Fixationsdauern und die Anzahl an Fixationen festgestellt werden. Die Betrachtung von fröhlichen Gesichtern rief insgesamt die wenigsten Fixationen mit der kürzesten Summe der Fixationsdauern hervor, die von angstvollen evozierte die meisten Fixationen mit der insgesamt längsten Summe der Fixationsdauern. Diese Beobachtung kann dadurch ergänzt werden, dass die Erkennungsrate bei angstvollen Gesichtern im Vergleich mit allen anderen Emotionen am schlechtesten war, die von Freude am besten ausfiel (Fehlerrate bei der Erkennung angstvoller und fröhlicher Gesichter 35.0 % bzw. 1.2 %), was mit Verteilungen zahlreicher anderen Studien übereinstimmt (Ekman, Sorenson und Friesen, 1969; Palermo und Coltheart, 2004). Der Schwierigkeitsgrad der Erkennung schlägt sich somit direkt in den Augenbewegungen nieder: angstvolle Gesichter scheinen schwerer zu erkennen zu sein und bedürfen häufigerer Betrachtung, wohingegen freudige Gesichter einfacher klassifizierbar sind und deshalb weniger häufig fixiert werden müssen. Die Befunde zur Fixationsanzahl sind allerdings nicht mit denen von Green et al. vereinbar (Green, Williams und Davidson, 2003). Dort wurde zwar auch für die Fixationsanzahl ein signifikanter Haupteffekt für den Faktor Emotion (bestehend aus Freude, Trauer, Wut, Angst, Neutral) gefunden, allerdings mit den häufigsten Fixationen auf neutralen und den wenigsten auf angstvollen und traurigen Gesichtern. Leider kontrolliert die Studie nicht die Emotionserkennung (in der Instruktion wird der Proband gebeten, sich in die gezeigte Person hinein zu versetzen), so dass fraglich ist, ob die Probanden, die Emotionen überhaupt als solche wahrgenommen haben, was gerade bei der Verwendung von nur zwei Stimuli je Emotionskategorie sehr wichtig zu überprüfen wäre. Darüber hinaus ist es für Probanden vermutlich deutlich schwieriger, sich in eine Person mit neutralem Ausdruck hinein zu versetzen, als in eine Person mit emotionalem Ausdruck, was erklären könnte, warum bei neutralem Ausdruck die höchste Fixationsanzahl gefunden wurde. Aus diesen Gründen ist die fehlende Vergleichbarkeit mit der Studie von Green et al. als wenig relevant einzuschätzen und mindert nicht die Vergleichbarkeit mit den anderen genannten Studien.

Obwohl sich signifikante Unterschiede in Augenbewegungsparametern in Abhängigkeit von Emotion und AOI zeigten, sind diese weniger distinkt als erwartet. Basierend auf der Arbeit von Smith et al. (Smith, Cottrell, Gosselin und Schyns, 2005) wurde deutlich, dass die verschiedenen Basisemotionen je ein Kernmerkmal (Augen, Nase, Mund) oder die Kombinationen mehrerer Merkmale im Gesicht für die entsprechende Emotions-Erkennung erfordern. Dennoch verteilten sich in dieser Studie die verschiedenen Augenbewegungsparameter relativ homogen - die Augen zogen die meisten und längsten Fixationen auf sich, gefolgt von Nase und schließlich dem Mund. Lediglich einzelne Emotionen durchbrachen in dieser Studie das Muster: So verzeichnete der Mund bei überraschten Gesichtern die längste mediane Fixationsdauer, gefolgt von der Nase und erst dann den Augen. Die Fixationsanzahl sowie die Summe der Fixationen haben zusätzlich die besondere Rolle des Mundes bei überraschten Gesichtern hervorgehoben. Auch bei wütenden Gesichtern spielte der Mund eine wichtigere Rolle im Vergleich mit den anderen Emotionen (außer Überraschung), da die mediane Fixationsdauer von Augen, Nase und Mund in etwa gleich lange war. So bleibt festzuhalten, dass der Mund bezogen auf die verschiedenen Emotionen am ehesten zwischen diesen differenzierte. Ein Effekt der relativ langen Präsentationsdauer der Stimuli kann nicht als Erklärung für das Fehlen deutlicherer Emotionseffekte herangezogen werden, da auch Auswertungen unterschiedlicher Zeiteinheiten (z.B. Analyse der ersten vier Sek. der Bildbetrachtung) keine signifikant anderen Ergebnisse erbrachte.

Ein Punkt, der im Widerspruch zu bisher veröffentlichten Studien steht (Walker-Smith, Gale und Findlay, 1977), besteht darin, dass die Nase häufiger und länger fixiert wurde als der Mund anstatt umgekehrt. Dieses Ergebnis wurde bereits in Studie eins für die implizite Emotionserkennung gewonnen. Dabei stellt der Mund neben den Augen wegen seiner Vielzahl an Muskeln die informativste Gesichtsregion für die faziale Ausdruckserkennung dar (Davies, Ellis und Shepherd, 1977; Fraser, Craig und Parker, 1990; Haig, 1985; Haig, 1986; Mertens, Siegmund und Grusser, 1993; Sergent, 1984; Tanaka und Farah, 1993).

Wodurch konnte also der berichtete Befund zustande kommen bzw. wie kann er interpretiert werden? Für die Auswertung der Studie wurden dieselben AOI-Koordinaten von Augen, Mund und Nase auf alle Stimuli angewendet, so dass ein Einfluss durch unterschiedliche Größen ausgeschlossen werden konnte. Dies erforderte entsprechend eine ausreichend große AOI-Definition, so dass für manche Stimuli die AOI größer ausfielen, als sie hätten sein müssen. Vor

diesem Hintergrund kann spekuliert werden, ob nicht einige der Fixationen auf der Nase eher den Augen oder dem Mund zuzuordnen wären, was bedeutet, dass ein methodisches Problem die Ursache für die relativ häufige Fixation der Nase darstellen würde. Die Bestimmung kleinerer, für jeden Stimulus individuell positionierter AOI wurde jedoch nicht angewendet, da hierbei nicht ausgeschlossen werden kann, dass erhaltene signifikante Unterschiede ein Artefakt der unterschiedlichen AOI-Größe darstellen. Eine saubere Lösung dieses Problems kann mit natürlichen Gesichts-Stimuli nicht erreicht werden, sondern wäre nur über die Anwendung von Avataren kontrollierbar (was wiederum die ökologische Validität negativ beeinflussen kann).

Das visuelle Erkennen von Gesichtern rief an zwei, im Abstand von einer Woche gemessenen, Erhebungen keinen signifikanten Unterschied hervor. Die visuelle Gesichtsexploration erwies sich somit in der vorliegenden Studie über die verschiedenen Basisemotionen hinweg als ein zeitstabiler Prozess. Offensichtlich verfügt der Mensch über ein Repertoire unterschiedlicher Betrachtungsmuster, welche er in Abhängigkeit von der zugrunde liegenden Emotion abrufen und einsetzen. Mit dem Wissen, dass das Erkennen und der Ausdruck der sechs Basisemotionen universell sind, wären auch universelle visuelle Betrachtungsmuster für die mimisch kodierte Emotionserkennung denkbar. Um diese näher zu beschreiben, bedarf es allerdings weiterer Augenbewegungsparameter, wie Sakkaden-Amplitude, Geschwindigkeit der Sakkadenausführung etc., die mit höher auflösendem Eyetracker gesammelt werden können. Ferner sollten häufigere Erhebungszeitpunkte mit unterschiedlichen Intervallen eingeplant werden. Auch eine vergleichende Betrachtung von Personen unterschiedlicher Herkunft wäre in diesem Kontext aufschlussreich, so wie das Jack et al. in einer aktuellen Studie getan haben (Jack et al., 2009). Ob sich dieser Prozess über zusätzliche Betrachtungszeitpunkte hinweg verändern würde oder stabil bliebe, gilt es in weiteren Studien zu bestimmen. So zeigte Heisz erste Hinweise darauf, dass sich das Betrachtungsmuster von neutralen Gesichtern nach wiederholter Betrachtung derselben Stimuli (in dieser Studie viermalige Betrachtung) änderte (Heisz und Shore, 2008). Dabei spielte neben dem Effekt der Betrachtungshäufigkeit auch der Zeitraum der wiederholten Betrachtung eine nicht zu vernachlässigende Rolle, da ein Übergang von unbekanntem Gesichtern zu familiären Gesichtern stattfindet und in Verbindung mit anderem Betrachtungsverhalten steht (Heisz und Shore, 2008). Die Übertragung dieser Fragestellung auf unterschiedliche Gesichtsausdrücke wäre äußerst

interessant zu bearbeiten und ihr wurde, nach Wissen der Autorin, bisher noch nicht nachgegangen.

Bei der ersten Testung zeigten sich die Reaktionszeiten zur Bewertung der jeweils betrachteten Emotion signifikant langsamer als bei der zweiten. Demgegenüber war die Erkennungsrate der verschiedenen Emotionen, bis auf die angstvoller Gesichter, bei der ersten Testung deutlich besser als bei der zweiten. Ob die insgesamt schnelleren Reaktionszeiten, d.h. sowohl für korrekt wie auch falsch erkannte Gesichter, bei der zweiten Erhebung ein Trade-Off der Antwortkorrektheit darstellen, kann vermutet werden. Der selektive Profit in der Erkennensleistung durch wiederholte Stimuluspräsentation bei der Emotion Angst sticht hervor, kann jedoch nicht zufrieden stellend erklärt werden, da auch hier eine Beschleunigung der Reaktionszeit zum zweiten Erhebungszeitpunkt zu konstatieren ist.

Die explorative Korrelation von Augenbewegungsparametern mit Persönlichkeits- und Befindlichkeitsmaßen zeigte insgesamt verschiedene Zusammenhänge der momentanen Befindlichkeit, wie PANAS und STAI-S sowie mit Persönlichkeits-Traits, z.B. dem ERQ. Verschiedene Studien haben sich in den letzten Jahren mit dem Zusammenhang von Emotionserkennung im Allgemeinen sowie Persönlichkeitseigenschaften und genetischen Polymorphismen befasst (Beaver et al., 2008; Bishop et al., 2004; Canli et al., 2006; Csukly et al., 2008; Isaacowitz, 2006; Perlman, Morris, Vander Wyk, Green, Doyle und Pelphrey, 2009; Pezawas et al., 2005). Eine Weiterführung solcher Arbeiten auch mit zusätzlicher Untersuchung des visuellen Explorationsverhaltens der Probanden wäre, wie durch Studie zwei belegt, wichtig. So könnten Variationen der Stimulusexploration aufgrund von unterschiedlicher Wahrnehmung basierend auf der individuellen Persönlichkeit resultieren. Beispielsweise könnten Probanden in Übereinstimmung mit der Trait-Congruency-Hypothese einen negativen Stimulus präsentiert bekommen und diejenigen mit hohen Neurotizismus-Werten suchen bei der Betrachtung bevorzugt nach den negativsten Informationen, was dazu führt, dass sie einen stärker salienten Stimulus wahrnehmen als Probanden mit hohem Optimismus, die ihre Aufmerksamkeit auf positivere Aspekte des Stimulus richten (Perlman, Morris, Vander Wyk, Green, Doyle und Pelphrey, 2009).

3.3 Studie drei: Psychophysiologische Korrelate der expliziten Emotionserkennung bei Patienten mit mesiotemporalen Läsionen im Vergleich mit klinischen und gesunden Kontrollen

3.3.1 Herleitung der Fragestellung und Hypothesen

Basierend auf den Ergebnissen von Studien eins und zwei sollen die Befunde zu Augenbewegungen und Emotionserkennung bei Betrachtung mimisch kodierter Basisemotionen erweitert werden.

Studien eins und zwei konnten zeigen, dass

- Augenbewegungen die emotionale Beteiligung von emotionsassoziierten Gehirnarealen bei der Betrachtung verschiedener Gesichtsausdrücke signifikant verstärkten (Studie eins),
- die Amygdala sowohl bei fixierter wie auch bei explorativer Betrachtung verschiedener Gesichtsausdrücke im Vergleich zu Kontrollstimuli aktiviert ist - ihre Beteiligung bei explorativer Betrachtung von Gesichtsausdrücken jedoch am stärksten war (Studie eins),
- sich bestimmte Augenbewegungsparameter (mediane Fixationsdauer, Anzahl an Fixationen) bei der Betrachtung von neutralen und emotionalen (Angst, Ekel, Freude, Trauer, Überraschung, Wut) Gesichtsausdrücken signifikant unterschieden (Studie zwei),
- signifikante Interaktionen von AOI (Augen, Nase, Mund) und Emotion (Angst, Ekel, Freude, Trauer, Überraschung, Wut, Neutral) für die abhängigen Augenbewegungsparameter mediane Fixationsdauern, Anzahl an Fixationen und Summe der Fixationsdauern bestanden (Studie zwei),
- es keine signifikanten Unterschiede in den drei genannten Augenbewegungsparametern für erstmalige und wiederholte Betrachtung (im Abstand von sieben Tagen) gab (Studie zwei),
- sich die Emotionserkennung signifikant zwischen erster Betrachtung und wiederholter Betrachtung unterschied: bis auf angstvolle Gesichter wurden zum zweiten Erhebungszeitpunkt alle Emotionen schlechter erkannt. Allerdings waren auch die Reaktionszeiten bei der zweiten Erhebung signifikant kürzer als bei der ersten Betrachtung (Studie zwei).

Studie drei hat zum Ziel, die Fragestellung nach Augenbewegungen und Emotionserkennung bei der Betrachtung verschiedener Gesichtsausdrücke dahin gehend zu vertiefen, als dass Patienten mit mesiotemporalen Läsionen (besonders der Amygdala) in die Stichprobe eingeschlossen werden sollen.

Es wurde gezeigt, dass Patienten mit Läsion in der Amygdala (im Folgenden als „Amygdala-Patienten“ bezeichnet) Informationen von den Augen des Gegenübers nur unzureichend nutzen (Adolphs, 2007). Zahlreiche Studien belegen ferner, dass Emotionsausdrücke negativer Valenz (Angst, Wut, Ekel, Trauer) von den Patienten schlecht erkannt werden (Adolphs, 1999; Adolphs, Tranel, Hamann, Young, Calder, Phelps, Anderson, Lee und Damasio, 1999; Schmolck und Squire, 2001), besonders jedoch Angst (Adolphs, Tranel, Damasio und Damasio, 1995; Anderson und Phelps, 2000; Broks, Young, Maratos, Coffey, Calder, Isaac, Mayes, Hodges, Montaldi, Cezayirli, Roberts und Hadley, 1998; Calder, Young, Perrett, Etcoff und Rowland, 1996; Sprengelmeyer, Young, Schroeder, Grossenbacher, Federlein, Buttner und Przuntek, 1999). Auch in face-to-face-Konversationen zeigen Patienten mit Amygdalaläsion Beeinträchtigungen im Blickkontakt. Bezüglich des Einflusses der Läsions-Hemisphäre auf das Erkennen emotionaler Gesichtsausdrücke gibt es widersprüchliche Befunde (Adolphs et al., 1996; Young et al., 1993). Die Analyse eines Betrachtungsmusters einer Patientin mit bilateraler Amygdalaläsion bei der Betrachtung emotionaler Gesichtsausdrücke erbrachte, dass die Augen der Gesichter nicht fixiert wurden. Gerade beim Emotionsausdruck Angst sind diese jedoch ein zentraler Indikator der zugrunde liegenden Emotion. Auf das Fehlverhalten aufmerksam gemacht, war es der Patientin kurzfristig möglich, auch angstvolle Gesichter richtig zu erkennen, indem sie auch die Augen bei der Emotionserkennung betrachtete (Adolphs, Gosselin, Buchanan, Tranel, Schyns und Damasio, 2005).

Diese Befunde, basierend auf Experimenten mit einer einzigen Patientin mit chronischer bilateraler Amygdalaläsion, sollen mit mehreren Patienten mit akuter unilateraler mesiotemporaler Läsion repliziert werden. Zum einen sollen die Emotionserkennung (Zuordnung von Emotionen zu einem betrachteten Gesichtsausdruck) der Patienten mit denen von klinischen Kontrollen (Patienten mit Läsion außerhalb mesiotemporaler Areale) und gesunden Kontrollen verglichen werden und zum anderen die Augenbewegungen bei der Betrachtung verschiedener Gesichtsausdrücke analysiert werden.

Die Amygdala-Patienten wurden am Universitätsklinikum Bonn aufgrund von Epilepsien oder Hirntumoren einem neurochirurgischen Eingriff unterzogen. Eine prä- wie auch zwei postoperative Testungen der Amygdala-Patienten wie

auch der klinischen Kontrollen waren geplant (die Testungen fanden statt am Tag vor der Operation (T1), eine Woche postoperativ (T2), drei Monate postoperativ (T3)). Dieser Prüfplan, der vorsieht Emotionserkennung und Augenbewegungen von Patienten vor und nach Amygdala-Exstirpation einzuschließen, ist nach Kenntnis der Autorin bisher in keiner Studie vorgenommen worden.

Obwohl die geplante Studie mit der von Adolphs (Adolphs, Gosselin, Buchanan, Tranel, Schyns und Damasio, 2005) vergleichbar sein sollte, wurde ein wichtiger Punkt verändert: das vor der Präsentation eines Gesichts gezeigte Fixationskreuz wurde nicht zentral eingeblendet, sondern randomisiert in einer der vier Bildschirmecken gezeigt. Dies verhindert ein „Haftenbleiben“ des Blicks am Fixationskreuz (viele Fixationen der Patientin liegen auf oder um die Nasen herum verteilt).

Die Studie drei besteht aus einer stark modifizierten Version des Computerbasierten "Facially Expressed Emotion Labeling Test" (FEEL-Test; (Kessler et al., 2002). Beschreibung des Original FEEL-Tests siehe Kapitel 3.1.2.7.7. Bei diesem Experiment wurden, nicht wie in Studien eins und zwei Bilder aus dem Karolinska-Set verwendet, sondern Ekman-Stimuli (Matsumoto und Ekman, 1988) präsentiert. Dies hat zwar den Nachteil, dass die Ergebnisse der Patienten und Probanden nicht direkt mit denen aus Studie eins und zwei vergleichbar sind, allerdings wurden diese Stimuli in allen veröffentlichten Patienten-Studien ausgewählt. Um die Übertragbarkeit und Vergleichbarkeit der Ergebnisse mit anderen Patienten-Studien zu erhöhen, wurde daher das Stimulus-Material für Studie drei entsprechend angepasst.

Da, wie in der Beschreibung der Stichprobe (Kapitel 3.3.2.2) näher erläutert, insgesamt nur drei klinische Kontroll-Patienten aufgrund verschiedener Ursachen, in die finale Auswertung eingehen konnten, werden sie im Ergebnisteil nicht berücksichtigt. Aus diesem Anlass wurden die Hypothesen entsprechend angepasst und berücksichtigen nur Amygdala-Patienten und gesunde Kontrollen. Ferner wird der Erhebungszeitpunkt zwei (eine Woche nach der Operation) aufgrund der Nähe zur Operation und der unterschiedlichen Genesung der Patienten in die Hypothesen und die Auswertung nicht einbezogen.

Folgende Hypothesen sollen geprüft werden:

Hypothesen

1. Die unilaterale Exstirpation der Amygdala führt dazu, dass Amygdala-Patienten die Emotion Angst nach der Operation (T3) weniger gut erkennen als zu T1 und als gesunde Kontrollprobanden.
2. Nicht nur die Angsterkennung wird durch die Amygdala-Exstirpation beeinträchtigt, sondern auch die Erkennungsrate an T3 für andere negativ valenzierte Emotionen (Ärger, Ekel, Trauer) sinkt im Vergleich zu T1 und zu gesunden Kontrollen.
3. Die falsche Erkennung angstvoller Gesichtsausdrücke geht im Gegensatz zur korrekten Erkennung bei Amygdala-Patienten mit im Mittel reduzierter Fixationsanzahl auf der Augenregion (AOI 1) der präsentierten Gesichter einher. Dieser Unterschied wird bereits zu T1 angenommen, aber ausgeprägter zu T3 erwartet und soll mit den Erkennungsraten der gesunden Kontrollen verglichen werden.
4. Patienten mit Amygdalaläsion fixieren nach der Operation (T3) die Augenregion der betrachteten Gesichter, unabhängig von ihrem mimischen Ausdruck, deutlich weniger als vor der Operation und als gesunde Kontrollen.
5. Patienten mit Amygdalaläsion fixieren nach der Operation (T3) die Augenregion der betrachteten Gesichter allgemein und die angstvoller Stimuli im Speziellen mit einer kürzeren medianen Dauer als vor der Operation und als gesunde Kontrollen.
6. Wie in Studie zwei an Gesunden gezeigt werden konnte, variierten die Fixationsanzahlen je Emotionskategorie an zwei verschiedenen Zeitpunkten (Abstand von einer Woche) nicht signifikant. Auch für die gesunden Kontrollen dieser Studie werden keine signifikanten Variationen von T1 zu T2 (Abstand von einer Woche) innerhalb der verschiedenen Kategorien erwartet. Ferner wird unter Einbeziehung von T3 (Abstand zu T1 drei Monate) auch kein signifikanter Unterschied zwischen den drei Betrachtungszeitpunkten angenommen. Bei den Amygdala-Patienten dagegen werden bezogen auf die Fixationsanzahl je Emotionskategorie Schwankungen von T1 zu T3 angenommen.

3.3.2 Methode

3.3.2.1 Rekrutierung

Die primäre Rekrutierung der Patienten erfolgte über einen Oberarzt der Neurochirurgie. Anhand der Voruntersuchungen prüfte dieser die Eignung eines Patienten und leitete Namen, aufnehmende Station und Datum der Operation an die Autorin dieser Arbeit weiter. Bei den Patienten handelte es sich meist um Epilepsie-Patienten, deren Epilepsie-auslösender Fokus entfernt werden sollte, da eine medikamentöse Anfallskontrolle nicht erfolgreich war, oder um Tumorpatienten. Patienten, die an mesiotemporalen Strukturen operiert werden, sind selten und entsprechend schwierig gestaltete sich das Sammeln einer ausreichend großen Stichprobe.

Nach stationärer Aufnahme des Patienten, in der Regel am Tag vor der Operation, wurde der Patient unter vier Augen und/ oder, wenn der Patient das wünschte, im Beisein der Familie über die Studie informiert. Wenn der Patient Interesse an der Studienteilnahme zeigte, wurden die Einschlusskriterien gründlich geprüft. Bei Eignung des Patienten wurde dieser am selben Tag von der Station ins Labor der Abteilung für Medizinische Psychologie gebracht, das Eyetracking-Experiment durchgeführt sowie verschiedene Fragebögen bearbeitet.

Eine Woche nach der Operation fand dann die zweite Erhebung statt. Zu diesem Zeitpunkt waren die Patienten noch immer stationär aufgenommen. Gut die Hälfte der Patienten litt aber aufgrund des chirurgischen Eingriffs unter Schwellungen im Gesicht (besonders im Bereich der Augen), so dass die Eyetracking-Untersuchung nicht durchgeführt werden konnte. In diesem Fall wurden lediglich die Fragebögen ausgefüllt.

Zum dritten Messzeitpunkt drei Monate nach der Operation kamen die Patienten regulär zur ambulanten klinischen Kontrolle (entweder in die Epileptologie der Universitätsklinik oder in die Tumorsprechstunde der Neurochirurgie der Universitätsklinik). Im Rahmen dieser Kontrolle wurden die Patienten erneut gebeten an der Studie teilzunehmen. Für die Teilnahme an der Studie wurde den Patienten keine Aufwandsentschädigung gezahlt.

Die Rekrutierung der gesunden Kontrollen erfolgte über eine Pressemitteilung der Universitätsklinik Bonn, welche in diversen Zeitungen gedruckt wurde. Außerdem wurden Flyer in der Innenstadt verteilt sowie in Geschäften und Arztpraxen in der Nähe der Universitätsklinik ausgelegt. Interessenten haben sich daraufhin per Mail oder Telefon über die Studie informiert und bei weiter

bestehendem Interesse wurden im Rahmen eines Telefoninterviews die Einschluss- bzw. Ausschlusskriterien überprüft.

Ferner wurde bei den Kontrollen darauf geachtet, dass sie bezüglich Alter, Geschlecht und Schulbildung zu den Amygdala-Patienten passten, d.h. ein geeignetes Match darstellten. Für die Teilnahme an den drei Erhebungsterminen erhielten die gesunden Kontrollprobanden eine Aufwandsentschädigung in Höhe von 15 € pro Messung. Um die Motivation zur Teilnahme an der zweiten Erhebung zu erhöhen, wurde vorab mit den Probanden vereinbart, dass nach erfolgter zweiter Messung die Aufwandsentschädigung in Höhe von 30 € ausgezahlt werde. Wenn allerdings nur die erste Teilnahme stattgefunden hatte, betrug die Entschädigung lediglich 10 €, die entweder bar abgeholt oder aufs Konto überwiesen werden konnte. Nach der dritten Messung, drei Monate später, wurden 15 € in bar im Anschluss an die Messung ausgehändigt.

Im Folgenden (Tabelle 27 und Tabelle 28) werden die zugrunde liegenden Ein- bzw. Ausschlusskriterien für Amygdala-Patienten, klinische Kontroll-Patienten und gesunde Kontrollen aufgelistet.

Tabelle 27: Einschlusskriterien von Amygdala-Patienten, klinischen Kontroll-Patienten und gesunden Kontrollprobanden.

Einschlusskriterien <i>Amygdala-Patienten</i>	Einschlusskriterien <i>klinische Kontroll- Patienten</i>	Einschlusskriterien <i>gesunde Kontroll- Probanden</i>
Alter zwischen 18 und 60 Jahren	Alter zwischen 18 und 60 Jahren	Alter zwischen 18 und 60 Jahren
rechtswirksame, schriftliche Einverständniserklärung des Patienten zur Teilnahme an der Studie	rechtswirksame, schriftliche Einverständniserklärung des Patienten zur Teilnahme an der Studie	rechtswirksame, schriftliche Einverständniserklärung des Probanden zur Teilnahme an der Studie
Geplante neurochirurgische Entfernung von Strukturen im Bereich des limbischen Systems bzw. mesiotemporalen Kortex (vorwiegend Amygdala)	Geplante neurochirurgische Entfernung von Strukturen außerhalb des Bereichs des limbischen Systems bzw. mesiotemporalen Kortex	anamnestischer Ausschluss internistischer, neurologischer und psychiatrischer Erkrankungen
Rechtshändigkeit	Rechtshändigkeit	Rechtshändigkeit

Tabelle 28: Ausschlusskriterien von Amygdala-Patienten, klinischen Kontroll-Patienten und gesunden Kontrollprobanden.

Ausschlusskriterien Amygdala-Patienten und klinische Kontroll-Patienten	Ausschlusskriterien gesunde Kontroll-Probanden
(akute) psychiatrische Erkrankung relevanten Ausmaßes	(frühere) psychiatrische Erkrankungen
Therapie mit Psychopharmaka	Therapie mit Psychopharmaka
Aktuelle Substanzabhängigkeit	Aktuelle Substanzabhängigkeit
Schwere körperliche Erkrankung	Schwere körperliche Erkrankung
Störungen des Augenbewegungsapparates (bes. Hornhautverkrümmung)	Störungen des Augenbewegungsapparates (bes. Hornhautverkrümmung)
fehlende Compliance	fehlende Compliance
Mangelnde Beherrschung der deutschen Sprache	Mangelnde Beherrschung der deutschen Sprache
	Teilnahme an einer Studie der Abteilung Medizinische Psychologie, in der Emotionsverarbeitung untersucht wurde

3.3.2.2 Stichprobe

An der Studie haben bisher insgesamt 27 Patienten und 15 gesunde Kontrollen teilgenommen.²² Von den 27 Patienten eigneten sich allerdings aufgrund verschiedener Ursachen²³ lediglich die Eyetracking-Daten von fünf Amygdala-Patienten und drei klinischen Kontroll-Patienten zur vergleichenden Auswertung, d.h. jeder der eingeschlossenen Patienten hatte mindestens an Erhebungszeitpunkt T1 und T3 teilgenommen. Eine gesunde Kontrolle musste wegen zu hohen Alkoholkonsums von der Analyse ausgeschlossen werden, eine weitere gesunde Kontrollperson wollte den dritten Erhebungstermin nicht wahrnehmen und wurde deshalb nicht in die Analysen eingeschlossen, so dass insgesamt die Daten von 13 gesunden Kontrollen berücksichtigt wurden.

Die Einteilung der Patienten in Amygdala-Patienten und Kontroll-Gruppe wurde aufgrund von anatomischen Aufnahmen und Operationsberichten in Zusammenarbeit mit einem Oberarzt der Neurochirurgie und einem

²² Die Erhebung läuft vorraussichtlich noch bis 2012, um eine größere Stichprobe an Amygdala-Patienten sowie klinischen und gesunden Kontrollen zu gewinnen, die statistisch aussagekräftigere Auswertungen ermöglicht.

²³ Ursachen für das Nicht-Einschließen von Patienten: erneute Testung nicht gewünscht, zu stark angeschwollenes Gesicht nach Operation, starke Migräne oder Übelkeit postoperativ, Sehen von Doppelbildern postoperativ, Nachbetreuung des Patienten in einer anderen Klinik etc.

Neurologen vorgenommen. Da es bei Erwachsenen keinen beschriebenen Zusammenhang zwischen Schulbildung und Fähigkeit der Emotionserkennung gibt, wurde diese Variable nicht primär berücksichtigt.

Die Gruppe der Amygdala-Patienten bestand aus drei Männern und zwei Frauen, die im Mittel 42.40 Jahre alt waren ($SD = 13.2$ Jahre).

Die klinischen Kontroll-Patienten waren zwei Männer und eine Frau im mittleren Alter von 46.3 Jahren ($SD = 5.9$ Jahre).

Von den 13 gesunden Kontrollen waren sieben männlich und sechs weiblich mit einem mittleren Alter von 40.00 Jahren ($SD = 10.21$ Jahre).

Zur besseren Veranschaulichung gibt Tabelle 29 Auskunft über Geschlecht, Alter und Intelligenzquotienten der Patienten und Probanden sowie Angaben darüber, von welchen Erhebungszeitpunkten Eyetracking-Daten der Personen vorliegen. Weitere Charakterisierungen der Patienten sind in Tabelle 32 zu finden.

Tabelle 29: Übersicht über Patienten und Probanden.

Gruppe	Vpn	Geschlecht	Alter in Jahren	IQ	ET-Daten Vorhanden
1	1	M	49	n.e.	T1, T2, T3
1	3	W	57	n.e.	T1, T3
1	7	M	48	112	T1, T2, T3
1	14	M	21	104	T1, T3
1	23	W	37	112	T1, T2, T3*
M (SD)		3 M, 2 W	42.40 (± 13.20)	109.33 (± 4.62)	
2	2	W	44	n.e.	T1, T2, T3
2	5	M	53	n.e.	T1, T2, T3
2	10	M	42	107	T1, T2, T3
M (SD)		2 M, 1 W	46.30 (± 5.90)		
3	100	M	41	130	T1, T2, T3
3	102	M	48	107	T1, T2, T3
3	104	W	43	130	T1, T2, T3
3	105	M	49	112	T1, T2, T3
3	106	W	48	107	T1, T2, T3
3	107	W	41	112	T1, T2, T3
3	108	W	21	101	T1, T2, T3
3	109	M	21	97	T1, T2, T3
3	110	M	44	118	T1, T2, T3
3	111	M	29	112	T1, T2, T3
3	112	W	52	112	T1, T2, T3
3	113	W	38	145	T1, T2, T3
3	114	M	45	124	T1, T2, T3
M (SD)		7 M, 6 W	40.00 (± 10.21)	115.92 (± 13.27)	

Anmerkungen: Gruppe: 1 = Amygdala-Patient, 2 = Klinische Kontrolle, 3 = Gesunde Kontrolle; M = Mittelwert, SD = Standardabweichung; Geschlecht: M = männlich, W = weiblich; ET(Eyetracking)-Daten vorhanden: T1 = Testzeitpunkt 1 (ein Tag vor der Operation, T2 = Testzeitpunkt 2 (eine Woche postoperativ), T3 = Testzeitpunkt 3 (drei Monate postoperativ). n.e. = nicht erhoben. IQ = Intelligenzquotient erhoben mittels MWT-B.
* Vpn 23 hat zu T3 kein Eyetracking absolvieren können, hat aber die Stimuli behavioral nach Emotionsausdruck bewertet.

3.3.2.3 Stimulusmaterial und Apparate

In dieser Studie wurden ein Remote-Eyetracker zur Aufzeichnung der Augenbewegungen sowie ein Laptop zur Erhebung der (neuro)psychologischen Daten eingesetzt. Bei dem verwendeten Eyetracker handelt es sich um denselben Remote-Eyetracker samt PC wie bereits in Studie zwei beschrieben (Interactive Minds, Dresden, Deutschland; siehe Kapitel 3.2.2.3).

Zur Präsentation des Experiments wurde nicht die Presentation-Software verwendet. Die neue Software wurde in der Programmiersprache C++ unter dem Betriebssystem Microsoft Windows XP geschrieben. Das Programm setzt sich zusammen aus zwei Komponenten: der eigentliche Test bestehend aus der Darbietung der Stimuli und der Antworteingaben des Patienten/ Probanden sowie der Datenpflege, bestehend aus Eingabe und Anzeige der Probandendaten. Eine detaillierte Beschreibung zur Programmierung findet sich in der Dissertation von Kessler (2001). Die modifizierende Bearbeitung des Programms gemäß den Anforderungen der hier durchgeführten Studie wurde von einem Informatiker der Universität Ulm umgesetzt.

Für den Wechsel der Stimulationssoftware gab es zwei Gründe: Zum einen war das Ausgangsexperiment (FEEL-Test) unseres Gesichter-Experiments bereits in C++ programmiert. Zum anderen sollten die anschließenden Bewertungen der Bilder für die Patienten und Probanden so einfach wie möglich gestaltet werden. Mit C++ ist es möglich, dass der Proband per Mausklick seine Antwort am Bildschirm direkt auswählt. Ein Auswendig-Lernen der Tastenbelegung, wie es bei Studie zwei mit jungen gesunden Hochschulabsolventen nötig war, konnte somit wegfallen. Die neue Stimulationssoftware sicherte zudem die Aufnahme der Augenbewegungen sowie der Antworten samt Reaktionszeiten der Patienten und Probanden.

Verschiedene Fragebögen zur Persönlichkeit wurden erhoben: STAI-S und -T, PANAS, BDI, MWTB, ERQ, TAS-20. Außerdem wurde der neuropsychologische Test zur Erfassung des Aufmerksamkeits-Index „Alertness“ aus der Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAP) bei jeder Messung jeweils vor und nach dem Eyetracking-Experiment erfasst. Die Fragebögen und die Alertness wurden teilweise online am Laptop bearbeitet, einige Fragebögen (BDI, STAI-T, ERQ und TAS-20) wurden als Paper-Pencil-Version den Patienten zum Ausfüllen auf der Station oder nach Hause mitgegeben. Die Probanden füllten alle Fragebögen am Laptop aus.

3.3.2.4 Versuchsablauf

Die Studie ist ein Kooperationsprojekt mit Partnern an der Universitätsklinik Ulm, der Epileptologie und der Neurochirurgie des Universitätsklinikums Bonn.

Die Ulmer Partner waren mit der Programmierung der Software betraut. Die Neurochirurgie vermittelte die Patienten und die Epileptologie lieferte weitere

Informationen über die Patienten und half zudem bei der Organisation der dritten Messung drei Monate nach der Operation.

Die Einschlusskriterien sowie Ablauf und Ziele der Studie wurden mit den Patienten bereits im Aufklärungsgespräch geprüft bzw. erläutert. Bei den gesunden Probanden erfolgte dies über ein Telefoninterview (Anhang 6.3.1).

Die Patienten und Probanden, die die Einschlusskriterien erfüllten, wurden einzeln in das Labor der Abteilung Medizinische Psychologie des Universitätsklinikums Bonn gebeten. Dort wurden das Informationsblatt der Studie sowie die Einwilligungserklärung (Anhang 6.3.2, 6.3.3, 6.3.4, 6.3.5) gemeinsam besprochen sowie einige demographische Angaben erhoben (Anhang 6.1.5). Bei den gesunden Probanden wurde zusätzlich ein Bogen zur Aufnahme in die Probandendatenbank der Abteilung zum Ausfüllen bei Interesse ausgehändigt (Anhang 6.1.4). Bei der zweiten und dritten Messung wurde lediglich die Einwilligungserklärung ausgefüllt.

Nachdem dem Patienten/ Probanden im Rahmen der ersten Erhebung das Labor mit seinen Geräten gezeigt wurde, wurde zunächst die TAP-Alertness am Laptop durchgeführt. Im Anschluss wurden am selben Laptop der STAI-S und der PANAS ausgefüllt. Danach wechselte der Patient/ Proband den Stuhl und nahm auf einem bequemen Stuhl mit Rückenlehne vor dem Eyetracking-Monitor Platz. Danach wurde der Raum abgedunkelt. Als erstes erfolgte ein fünf-minütiges Training am Eyetracking-PC, bei dem der Patient/ Proband mit der Aufgabe des Gesichter-Experiments vertraut gemacht wurde. Nach einer ausführlichen Instruktion mit sieben Trainingsbildern wurde die Eyetracker-Kalibrierung, bestehend aus 13 Punkten, wie in Studie zwei, gestartet.

Danach erfolgte die Durchführung des Gesichts-Experiments mit einer Dauer von ca. zehn Min. Während dieser Zeit ruhte das Kinn des Probanden auf einer Kinnstütze. Im Rahmen der Erhebung wurde noch ein weiteres Experiment mit den Patienten und Probanden durchgeführt. Dabei handelte es sich um ein ähnliches Paradigma wie bei den Gesichtern: emotionale Bilder aus dem Pool des International-Affective-Picture-System (IAPS) sollten betrachtet und bewertet werden (Lang et al., 2005). Die Darstellung dieses Experiments geht allerdings über den Rahmen dieser Arbeit hinaus und wird daher nicht näher behandelt.

Nach der Eyetracker-Erhebung wurde erneut die TAP Alertness durchgeführt, um die Ermüdung durch das Bearbeiten der beiden Experimente erfassen zu können und im Anschluss der STAI-S ausgefüllt, um Veränderungen der situativen Angst abbilden zu können. Bis zu diesem Punkt lief die Testung an

jedem der drei Erhebungstermine nach gerade vorgestelltem Muster ab. Je nach Erhebungszeitpunkt folgten allerdings unterschiedliche Fragebögen, die von den Patienten/ Probanden auszufüllen waren: Bei der ersten Messung (T1) wurden BDI, STAI-T und MWTB ausgegeben, bei der zweiten (T2) BDI, ERQ und TAS-20 sowie bei der dritten (T3) ausschließlich der BDI.

Die Patienten konnten die Fragebögen später am Testtag auf ihrem Zimmer ausfüllen. Dies diente dem Zweck, die Anstrengung etwas zu reduzieren. Die Fragebögen wurden dann am nächsten Tag von der Station abgeholt. Nach der dritten Messung, die im Rahmen eines ambulanten Aufenthalts erfolgte, wurde dem Patienten ein adressierter und frankierter Rückumschlag mitgegeben und er wurde gebeten, den Fragebogen per Post zurück zu senden. Die gesunden Probanden füllten alle Fragebögen direkt im Labor am Laptop aus.

Allen Patienten und Probanden wurde nach jeder Erhebung für ihre Teilnahme gedankt und den Probanden wurde die Aufwandsentschädigung auf ihr Konto überwiesen (Anhang 6.1.6) (T1 und T2) oder bar ausgezahlt (T3).

3.3.2.5 Paradigma

Im Gegensatz zu den beiden ersten Studien wurden für diese Studie keine Karolinska-, sondern Ekman-Bilder aus dem Set *Japanese and Caucasian Facial Expressions of Emotion* (JACFEE; (Matsumoto und Ekman, 1988) verwendet. Dieses Set besteht aus Aufnahmen von 49 Personen, die je einen emotionalen oder neutralen Gesichtsausdruck zeigen.

Ein Grund für den Wechsel der Stimuli lag in der pragmatischen Tatsache, dass ein bereits programmierter Test zur Emotionserkennung (FEEL-Test) aus Ulm als Vorlage existierte. Als Hauptgrund für die Wahl der Ekman-Gesichter diente jedoch eine Literatur-Recherche, die ergab, dass bei den meisten Studien mit Patienten mit Amygdalaläsion dieses Set bestehend aus farbigen Fotos zur Anwendung kam. Um die eigene Arbeit entsprechend einordnen zu können, wurde das Stimulusmaterial gewechselt.

Aus dem Set wurden alle 49 Personen, zur Hälfte Männer und Frauen und zur Hälfte Kaukasier und Japaner eingesetzt (Stimuli sind im Anhang 6.3.6 abgebildet). Es wurden die sechs Basisemotionen (Freude, Angst, Ekel,

Trauer, Überraschung, Ärger²⁴) plus neutrale Gesichtsausdrücke gewählt, d.h. pro Emotionskategorie wurden sieben Bilder von je unterschiedlichen Darstellern gewählt. Auch die JACFEE-Bilder wurden in Photoshop bearbeitet. Aufgrund der unterschiedlichen Physiognomie der Gesichter war es hier jedoch nicht möglich, wie bei den Karolinska-Bildern ein einheitlich großes Oval um die Gesichter zu legen. Stattdessen wurde für jeden Stimulus ein eigenes Oval individuell auf die Kopfform angepasst. Aufgrund der unterschiedlichen Kleidung der Darsteller wurde der Hintergrund nicht wie bisher lediglich verschwommen gestaltet, sondern komplett grau eingefärbt (siehe Abbildung 28). Alle Stimuli wurden farbig belassen und auf vergleichbare Luminanzwerte innerhalb der Emotionskategorie geprüft (signifikante Unterschiede wurden nicht festgestellt).



Abbildung 28: Beispiele für die in Studie drei verwendeten Stimuli. Ausdrücke von links nach rechts: Ekel, Angst, Ärger, Freude, Trauer, Überraschung, Neutral.

Im Folgenden soll das Paradigma auch mit Hilfe der Abbildung 29 näher erläutert werden. Nach einer ausführlichen Instruktion und einem Trainingsdurchgang (bestehend aus sieben Stimuli, ein Beispiel für jeden der emotionalen und neutralen Gesichtsausdrücke²⁵) von fünf-minütiger Dauer, in dem der Proband mit dem Ablauf und dem Antwortbildschirm vertraut gemacht wurde, startete das eigentliche Experiment. Zunächst erfolgte eine Kalibrierung des Eyetrackers. Danach begann ein Trial mit einem zentralen grünen Fixationspunkt in der Bildschirmmitte, welcher für drei Sek. zu sehen war. Danach wurde für zwei Sek. ein flackerndes rotes Kreuz randomisiert in einer der vier Bildschirmecken präsentiert, um zu verhindern, dass der Ausgangspunkt des Betrachtungsmusters auf dem Gesicht lag. Dabei war der Abstand von den vier Ecken zur Nase des Darstellers jeweils gleich entfernt

²⁴ Der Begriff „Ärger“ wird im Folgenden anstelle von „Wut“ (wie in Studie zwei verwendet) eingesetzt, da die Bezeichnung der Stimuli entsprechend der Ekman-Nomenklatur eingehalten werden soll.

²⁵ Übungsstimuli wurden aus dem POFA-Bildsatz verwendet (Ekman und Friesen, 1976).

gelegen. Fixationspunkt und – kreuz waren beide vom Probanden zu fixieren. Dann erfolgte die Präsentation der Stimuli in randomisierter Reihenfolge für je zwei Sek. zentral auf dem Bildschirm.

Die Präsentationsdauer der Stimuli wurde von vier Sek. in Studie eins und sechs Sek. in Studie zwei auf zwei Sek. reduziert. Diese Präsentationsdauer wurde aus zweierlei Gründen gewählt. Zum einen sollten besonders die Patienten wenig Zeit haben, kompensatorische Emotionserkennungs-Strategien einsetzen zu können, was mit steigender Präsentationsdauer möglich ist. Eine entsprechende Analyse der Daten aus Studie zwei konnte außerdem zeigen, dass sich die Eyetracking-Ergebnisse nicht signifikant ändern, wenn nur die ersten zwei Sek. der Stimulusbetrachtung analysiert werden. Als zweiter Grund für die gewählte Betrachtungsdauer waren ökonomische Erwägungen. Die Patienten sollten mit der Bearbeitung des Experiments möglichst nicht länger als 20 Min. beschäftigt sein. Gerade für den zweiten Erhebungszeitpunkt waren die Patienten geschwächt und es fiel ihnen schwer, die Aufmerksamkeit über einen längeren Zeitraum aufrecht zu erhalten. Erste Pilot-Erhebungen mit Patienten bestätigten dies.

Im Anschluss an die Stimuluspräsentation wurde für 300 ms ein grauer Bildschirm gezeigt, an den sich die Einblendung des Antwortbildschirms anschloss. Nun hatte der Proband unbegrenzt Zeit, per Mausklick auszuwählen, welchen Gesichtsausdruck er gerade gesehen hatte. Wenn der Proband die gezeigte Emotion nicht benennen konnte, hatte er die Möglichkeit "weiß nicht" anzuklicken. Das Design des Antwortbildschirms wurde in immer gleicher Gestalt präsentiert (siehe Abbildung 30).

Der Ablauf eines solchen Trials wurde für alle 49 Stimuli wiederholt, was zu einer Experimentaldauer von ca. 15 Min. führte. Bei der Bearbeitung des Tests wurden neben den Augenbewegungen die gegebene Antwort und die entsprechende Reaktionszeit aufgezeichnet.

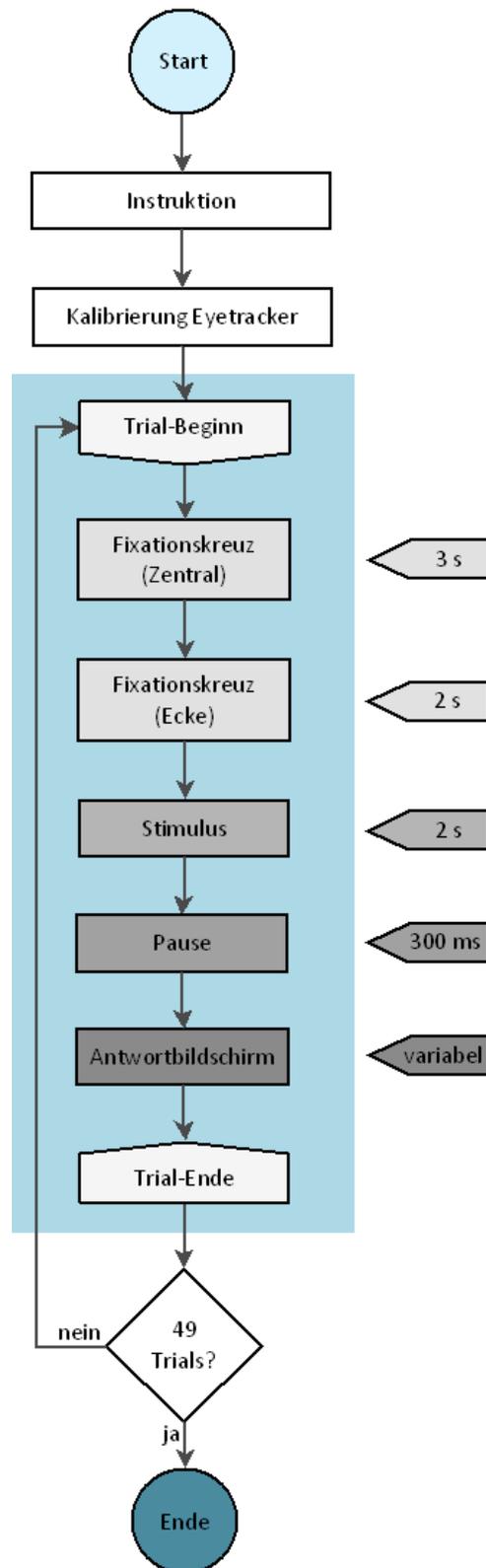


Abbildung 29: Paradigma der Studie drei.

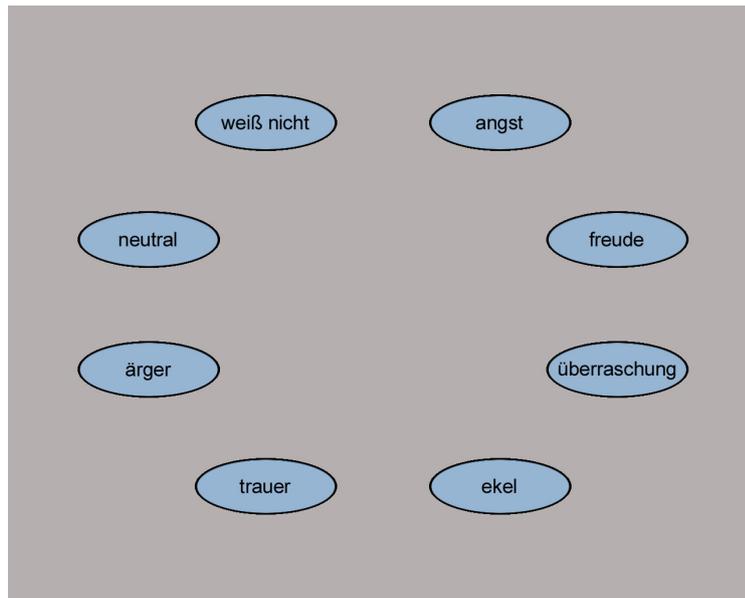


Abbildung 30: Abbildung des Antwortbildschirms. Mit dem Mauszeiger musste der Proband das Emotions-Feld ansteuern, welches das zuvor betrachtete Gesicht seiner Meinung nach ausgedrückt hatte.

3.3.2.6 Fragebögen

In dieser Studie wurden BDI, STAI-S, STAI-T, TAS-20, PANAS, MWT-B und ERQ eingesetzt. Als Maß der einfachen Reaktionszeit und zur Abbildung der individuellen Ermüdung im Verlauf der Testung wurde der Untertest Alertness aus der TAP verwendet. Die verwendeten Fragebögen wurden bereits im Kapitel 3.1.2.7 beschrieben. Zusätzlich zu den dort genannten Instrumenten, wurden lediglich der Alertness-Test und der Mehrfachwahlwortschatztest (MWT-B) neu angewendet, deren Beschreibung nun folgt.

3.3.2.6.1 Der Mehrfachwahlwortschatztest (MWT-B)

Der Mehrfachwahlwortschatztest (MWT-B) von Lehrl (1977) gilt als ungefähre Schätzer der krankheitsunabhängigen kristallinen Intelligenz, da er bereits erworbene Gedächtnisinhalte abrufen kann. Die kristalline Intelligenz zeigt neuropsychologische Leistungen auf, die weitgehend unabhängig von Testergebnissen aktueller neuropsychologischer Störungsbilder sind.

Aus einer Auswahl von fünf Begriffen (davon vier ähnlich klingende Phantasiewörter) ist es Aufgabe des Probanden, den existierenden deutschen Begriff im Multiple-Choice-Verfahren zu finden. Es folgen 37 Durchläufe mit steigendem

Schwierigkeitsgrad. Wenn ein richtiger Begriff nicht sicher gefunden werden kann, soll der Proband dennoch einen der Begriffe auswählen.

Anhand der Gesamtpunktzahl (Anzahl richtiger Lösungen) können der Prozentrang wie der Intelligenzquotient mit Hilfe der Normtabelle abgelesen werden.

Obwohl dem Probanden kein Zeitlimit zur Beantwortung der Fragen gesetzt wird, bearbeitet die Mehrheit der Patienten und Probanden den MWT-B innerhalb von fünf Min. Eine Kurzdarstellung ist in Tabelle 30 zu finden.

Tabelle 30: Mehrfachwahlwortschatztest.

MWT-B	Mehrfachwahlwortschatztest
Entwickelt von	Lehrl (1977)
Ziel:	Erfassung des prämorbidem Intelligenzniveaus
Bearbeitungsdauer	Ca. 5 Min.
Anzahl der Items:	37
Skala	Multiple-Choice-Auswahl aus fünf Begriffen

3.3.2.6.2 Untertest „Alertness“ aus der Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAP)

Dieser Alertness-Test, entwickelt von Zimmermann und Fimm (1993), misst die einfache Reaktionszeit als Reaktion auf einen visuellen Stimulus. Alertness wird dabei verstanden als allgemeiner Wachzustand, der es einer Person erlaubt schnell und angemessen auf konkrete Anforderungen zu reagieren. Dies stellt die Basis jeder Aufmerksamkeitsleistung dar.

In dem vorliegenden Test wird die Reaktionszeit unter zwei Bedingungen untersucht. Einmal als einfache Reaktionszeitmessung, bei der in zufällig variierenden Intervallen ein Kreuz auf dem Bildschirm erscheint, auf das so schnell wie möglich mit einem Tastendruck reagiert werden soll. Erfasst wird hier die "intrinsische" Alertness. Bei der zweiten Bedingung handelt es sich um eine Reaktionszeitmessung mit einem dem kritischen Reiz vorausgehenden Hinweisreiz, einem Warnton ("phasisches Arousal" oder zeitliche Ausrichtung des Aufmerksamkeitsfokus). Bei gesunden Probanden führt der Warnton dazu, dass sich die Reaktionszeiten reduzieren.

Um Ermüdungseffekte auszugleichen, wird der Test gemäß einem experimentellen ABBA-Design (A = Durchführung ohne Warnreiz; B = Durchführung mit Warnreiz) durchgeführt, d.h. die Untersuchung besteht aus vier Blöcken. Die Alertness wurde in der Patienten-Studie eingesetzt, um

die individuelle Wachheit eines jedes Probanden je Testzeitpunkt vor und nach dem Eyetracking-Experiment zu erfassen und ggf. als Kovariate in die statistische Auswertung einzuschließen.

Die Bearbeitungszeit beträgt drei bis fünf Min. Eine Kurzdarstellung ist in Tabelle 31 zu finden.

Tabelle 31: Alertness.

Alertness	Untertest Alertness aus der Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAP)
Entwickelt von	Zimmermann & Fimm (1993)
Ziel:	Erfassung der einfachen Reaktionszeit
Bearbeitungsdauer	Ca. 3 bis 5 Min.
Anzahl der Items:	Vier Durchgänge, je zwei mit und ohne akustischen Warnton
Skala	Messung der Reaktionszeit, Auslassungen, Fehler

3.3.2.7 Datenreduktion und Auswertung

3.3.2.7.1 Reduktion und Auswertung der behavioralen Daten

Die Reaktionszeiten und Angaben zur Emotionserkennung (Hit-Rate) wurden aus dem individuellen Logfile jedes Patienten und Probanden ausgelesen. Ferner wurde bei nicht korrekt erkannten Emotionen je Proband aufgelistet, mit welcher oder welchen Emotionen der Ausdruck am häufigsten verwechselt wurde. Bei Hypothesen eins und zwei geht es besonders um die Differenz der verschiedenen Erkennens-Parameter von T1 und T3 innerhalb der verschiedenen Gruppen. Leider ist auf Grund der geringen Stichprobengröße eine inferenzstatistische Auswertung nicht möglich, so dass entsprechende Mittelwerte, Standardabweichungen sowie Prozentangaben vergleichend genannt werden. In die Beschreibung der Ergebnisse fließen nur die Daten von Probanden und Patienten ein, die sowohl zu T1 wie auch zu T3 an den Testungen teilgenommen haben. Bezogen auf die behavioralen Daten sind dies fünf Amygdala-Patienten und 13 gesunde Probanden.²⁶

Im Ergebnisteil wird auf die Analyse der Reaktionszeiten verzichtet, da diese in der sehr kleinen Patienten-Stichprobe interindividuell zu stark variierten, u.a. weil unterschiedliche Erfahrungen mit der Mausbedienung am Computer vorhanden waren.

²⁶ Die klinischen Kontrollen wurden wegen zu geringer Stichprobengröße nicht berücksichtigt.

3.3.2.7.2 Reduktion und Auswertung der psychophysiologischen Daten

Die Eyetracking-Daten wurden mittels der in C++ selbst-programmierten Software aufgezeichnet und über die Software BeGaze 2.3 (Senso Motoric Instruments, Tretow, Germany), wie bereits in Studie eins beschrieben, ausgewertet (nähere Infos siehe Kapitel 3.1.2.8.2). Auf Grund des zentral eingeblendeten Fixationskreuzes, das zusätzlich als Kalibrierungspunkt fungierte, waren die Eyetracking-Daten von guter Qualität, so dass keine Daten vorab selektiert werden mussten. Um die Datenqualität zu optimieren, wurden in Kooperation mit Senso Motoric Instruments die mit je 60 Hz interleaved aufgezeichneten Daten der beiden Eyetracking-Kameras gemittelt und als Grundlage für die weitere Auswertung verwendet.

Da in dieser Studie besonders die Unterschiede der Augenbewegungen u.a. in Abhängigkeit von korrekt oder falsch erkannter Emotion von Interesse waren, wurden alle Trials in die Auswertung aufgenommen und nicht, wie in Studie eins, nur die korrekt beantworteten Trials ausgewählt. Dennoch ist es für die Auswertung, z.B. der Hypothese drei, unerlässlich, die Augenbewegungen in Abhängigkeit von korrekter oder falscher Emotionserkennung auswerten zu können.

Nach Einlesen der vorverarbeiteten Eyetracking-Daten in BeGaze wurden innerhalb des Programms die Areas of Interest definiert. Im Unterschied zu Studie eins und zwei lassen die Ekman-Stimuli (Matsumoto und Ekman, 1988) aufgrund stark variierender physiognomischer Unterschiede der Darsteller (kaukasische und japanische Gesichter) nicht zu, dass für jedes Gesicht gleich große AOI definiert werden. So wurde für jeden einzelnen Stimulus individuell die AOI auf Augen (AOI 1), Nase (AOI 2) und Mundregion (AOI 3) festgelegt. Eine Übersicht über die Koordinaten der AOI je Stimulus und deren jeweilige Größe ist im Anhang 6.3.7 und 6.3.8 ersichtlich.

Äquivalent zu Studie eins wurden im Anschluss an die AOI-Definition *Event-Statistiken* erstellt, in welcher die interessierenden Augenbewegungsparameter, in dieser Studie die Fixationsanzahl und die mediane Fixationsdauer, für Emotionskategorien und AOI durch die Software berechnet wurden.

In die deskriptive Auswertung flossen die Daten von Probanden und Amygdala-Patienten ein, die sowohl zu T1 wie T3 an den Testungen teilgenommen

hatten. Bezogen auf psychophysiologischen Daten waren das vier Amygdala-Patienten und 13 gesunde Probanden.²⁷

Zur Beantwortung der Hypothesen, die Augenbewegungen als abhängige Variable beschreiben (Hypothese drei, vier, fünf, sechs), konnten aufgrund der geringen Patientenzahl keine inferenzstatistischen Verfahren eingesetzt werden. Sämtliche Hypothesen werden daher nur deskriptiv beantwortet werden können. Bei der Beantwortung wird dabei ein Schwerpunkt auf die Analyse der prozentualen Differenzen von T1 zu T3 innerhalb der Amygdala-Patienten und der gesunden Kontrollgruppe gelegt.

Die Prüfung der Hypothese sechs erlaubte für die Gruppe der gesunden Kontrollen die Berechnung zweier Varianzanalyse mit Messwiederholung mit den Faktoren Erhebungszeitpunkt (zwei, bzw drei Stufen) und Emotion (sieben Stufen). Die Ergebnisse der Varianzanalysen werden folgendermaßen abgekürzt dargestellt: $F(df_{\text{Faktorstufen}}, df_{\text{Freiheitsgrade}})$. Die Varianzanalysen mit Messwiederholung wurden mit einem angenommenen Fehler $\alpha = 0.05$ und unter Anwendung der Bonferroni-Korrektur des α -Fehlers durchgeführt. Wann immer die Sphärizität-Annahme verletzt wurde, wird der entsprechende Wert unter Korrektur der Freiheitsgrade nach Greenhouse-Geisser angegeben. Signifikante Haupteffekte werden über post-hoc paarweise Vergleiche unter Bonferroni-Korrektur näher beschrieben.

3.3.2.7.3 Auswertung der Fragebögen

Die eingesetzten Fragebögen BDI, STAI-S, STAI-T, ERQ, PANAS, TAS-20, MWT-B wurden entsprechend der Handbuchangaben ausgewertet. Ihre jeweiligen Mittelwerte werden mit entsprechenden Standardabweichungen (*SD*) für Patienten und Kontrollen berichtet. Die Ergebnisse der TAP werden im Folgenden nicht aufgeführt, da diese ausschließlich für den Einsatz als Kovariate in inferenzstatistischen Verfahren erhoben wurden, die allerdings aufgrund des geringen Stichprobenumfangs nicht gerechnet werden konnten.

²⁷ Die klinischen Kontrollen wurden wegen zu geringer Stichprobengröße nicht berücksichtigt.

3.3.3 Ergebnisse

Für die vergleichende Betrachtung der Amygdala-Patienten und Kontrollen ist es wichtig, weitere individuelle Informationen über die Patienten zu kennen. Auch wenn die klinischen Kontrollen nicht explizit in die Auswertung aufgenommen wurden, sollen auch ihre Charakteristika in Tabelle 32 aufgeführt werden.

Aufgrund der geringen Stichprobengröße bei den Patienten muss im Ergebnisteil für die Auswertung von Emotionserkennung und Augenbewegungen auf Inferenzstatistik verzichtet werden. Insgesamt liegen die Daten von fünf Amygdala-Patienten zu T1 sowie fünf zu T3 vor. Bei einer dieser Patientinnen konnten allerdings zu T3 keine Augenbewegungen aufgezeichnet werden, da ihr Auge stark geschwollen war und die Pupille vom Eyetracker nicht erkannt wurde. Aus diesem Grund sind bei den Eyetracking-Daten nur vier Amygdala-Patienten in die Auswertung eingegangen.

Drei klinischen Kontrollen wurden zu jedem Zeitpunkt getestet. Da diese Gruppe noch kleiner ist als die der Amygdala-Patienten, wird sie in der Auswertung nicht berücksichtigt (eine Tabelle mit sämtlichen Daten zur Emotionserkennung der klinischen Kontroll-Gruppe ist im Anhang 6.3.9.1 zu finden). 13 gesunde Kontrollen gingen in die Auswertung von T1 und T3 ein.

Bei der Beantwortung der Hypothesen können zusätzliche Informationen wie Medikation, Krankheitsbeginn, Krankheitsursache (Tumor, epileptogener Fokus, posttraumatische Läsion etc.), Verlauf der Erkrankung und genaue Lokalisation der Läsion leider nicht berücksichtigt werden. Es sei aber an dieser Stelle auf Unterschiede in diesen Parametern hingewiesen. So ist beispielsweise auf Seite der Amygdala-Patienten lediglich ein Patient mit linksseitiger Läsion (Vpn 3) eingeschlossen, während die anderen vier Patienten rechtsseitige Läsionen aufweisen.

Bei der Beantwortung der Hypothesen wird T1 als eine Art Referenz-Bedingung betrachtet werden, der Zeitpunkt T2, durch seine Nähe zum operativen Eingriff, der geringen Stichprobengröße und der unterschiedlichen Genesung der Patienten zunächst nicht berücksichtigt werden. T3 schließlich wird als der Zeitpunkt definiert, an dem die Unterschiede zwischen Amygdala-Patienten und Kontrollen am stärksten ausgeprägt erwartet werden. Abschließend soll, für alle Hypothesen geltend, auf die große Varianz in den Patienten-Daten hingewiesen werden, was in den einzelnen Abschnitten nicht explizit angeführt wird.

Tabelle 32: Individuelle Beschreibung der Amygdala-Patienten und klinischen Kontroll-Patienten.

Vpn	Therapie und stationäre Aufenthaltsdauer	Hauptdiagnose	Medikation zu T1	Dauer der Erkrankung
1	Selektive Amygdalohippokampektomie rechts über subtemporalen Zugang unter Neuronavigation und Diffusion-Tensor-Imaging der Sehbahn 8 Tage	Symptomatische Epilepsie mit komplex-partiellen und Sekundär generalisierten Anfällen, Ammonshornsklerose rechts (ICD 10: G-40.2, G-40.6, G-93.88)	2500 mg Keppra, 10 mg Trimipramin	Langjährig, genauer Beginn nicht bekannt
3	Erweiterte Läsionektomie (inkl. Amygdalohippokampektomie) links temporal mit Hilfe der Neuronavigation 9 Tage	Symptomatische Epilepsie mit komplex-fokalen sowie sekundär-generalisierten Anfällen bei links temporalem dysembryoplastischem neuroepithelalem Tumor (DNT) (ICD 10: G-40.2, G-40.6, D-33.1)	Timonil ret. 0-0-300 mg, Lamictal 100 mg-0-100 mg, Talvosilen forte bei Bedarf	Seit 29 Jahren
7	Anteriore Zweidrittel-Temporallappenresektion rechts mit Amygdalohippokampektomie in mikrochirurgischer Technik 15 Tage	Posttraumatische Läsion rechts temporal mit symptomatischer Epilepsie, Nachblutung in die Resektionshöhle (ICD 10: G-40.2, G-93.88)	Lamotrigin ratiopharm 200 mg-0-200 mg	Seit 27 Jahren
14	Erweiterte Läsionektomie rechts -temporomesial 7 Tage	Symptomatische Epilepsie mit einfach-partiellen, komplex-partiellen und sekundär generalisierten Anfällen (ICD 10: G-40.1,2,6)	Lamotrigin Biomo 200 mg-0-200 mg, Frisium 2.5 mg-0-2.5 mg	Seit 1 Jahr
23	Rechtsseitige fronto-temporale Trepanation, mikrochirurgische Tumorexstirpation mit Temporallappenabsetzung unter somatosensorisch evozierten Potential (SEP)-Monitoring 8 Tage	Glioblastoma multiforme (WHO Grad IV) rechts temporo-insulär, Symptomatische Epilepsie (ICD 10: C-71.2, G-40.2, E-87.1)	Fortecortin 1 mg-0-1 mg, Ergenyl Chrono 750 mg-0-750 mg, Pantozol 20 mg-0-20 mg, L-Thyroxin 100 mg-0-100 mg, Talvosilen forte 1-1-1	Seit 2 Monaten
2	Erweiterte Läsionektomie links fronto-dorsal unter Neuronavigation und neurophysiologischem Mapping und Monitoring, postoperative Kontroll-Craniale Computertomographie (CCT) 8 Tage	Symptomatische Epilepsie mit komplex-partiellen sowie sekundär-generalisierten Anfällen bei einer fokalen kortikalen Dysplasie Typ II b links fronto-dorsal, postoperativ Syndrom des supplementär motorischen Areals mit Sprach-Initiierungsstörungen (ICD 10: G-40.2, G-40.6, G-93.88)	Zentropil 100 mg-0-100 mg 100 mg	Seit 30 Jahren
5	Mikrochirurgische Tumorentfernung rechts temporo-dorsal unter Computer-Tomographie (CT)-Neuronavigationsbedingungen über eine osteoplastische Trepanation 7 Tage	Metastase eines Plattenepithel-Carzinoms der Lunge rechts temporo-dorsal, Symptomatische Epilepsie (ICD 10: C-79.3, C-34.0, G-40.1)	Phenhydan 300 mg, Pantozol 40 mg, Simvastatin 40 mg, Seroquel 500 mg, Fortecortin 4x2	genauer Beginn nicht bekannt
10	Erweiterte Re-Läsionektomie fronto-dorsal links unter elektrophysiologischem Monitoring 7 Tage	Symptomatische Epilepsie mit komplex-partiellen Anfällen bei dysembryoplastischem neuroepithelalem Tumors (WHO Grad I) im Gyrus frontalis superior links (ICD 10: G-40.2, D-33.0)	Lamictal 250 mg-0-250 mg, Lyrica 300 mg-0-300 mg, Paroxat 60 mg, Lorazepam 0.5 mg- 0.5mg-0.5 mg	Seit 41 Jahren

Anmerkungen: Vpn = Versuchsperson-ID, T1 = Testzeitpunkt 1 (einen Tag vor der Operation), Dauer der Erkrankung von Krankheitsbeginn bis zu T1 berechnet.

3.3.3.1 Behaviorale Daten

Hypothese eins

Die unilaterale Exstirpation der Amygdala führt dazu, dass Amygdala-Patienten die Emotion Angst nach der Operation (T3) weniger gut erkennen als zu T1 und als gesunde Kontrollprobanden.

Der Vergleich der Erkennungsrate (Hit-Rate) von Angst zwischen Amygdala-Patienten (in Tabellen abgekürzt als Amyg-Pat.) und gesunden Kontrollen (in Tabellen abgekürzt als GK) zeigte zu T3 deskriptiv deutliche Unterschiede (siehe Tabelle 33). Die Patienten erkannten angstvolle Gesichter im Schnitt um 25.72 % schlechter als gesunde Kontrollen und erkannten weniger als 50 % der angstvollen Gesichter zu beiden Erhebungszeitpunkten. Eine solche Differenz existierte bereits vor der Operation zu T1 zwischen den Gruppen (22.43 %), allerdings nahm diese wie bereits beschrieben zu T3 etwas zu, was auf der besseren Erkennungsleistung der gesunden Kontrollen zu T3 beruht, die Amygdala-Patienten blieben prozentual auf demselben Niveau wie zu T1. Die Ergebnisse der einzelnen Gruppen zu den beiden Testzeitpunkten sind in Tabelle 33 abgebildet.

Betrachtet man die einzelnen Amygdala-Patienten, so zeigt sich, dass die gerade beschriebene prozentuale Stabilität der Erkennungsrate nicht das Verhalten der einzelnen Patienten widerspiegelt. So war bei drei der fünf Patienten eine Reduktion der Erkennensleistung festzustellen, bei den beiden anderen Patienten eine Steigerung, die allerdings für Vpn 1 noch immer unterhalb einer Standardabweichung des Mittelwerts der gesunden Kontrollen lag.

Eine Analyse der falschen Antworten zeigte, dass sowohl bei Amygdala-Patienten wie auch bei Gesunden, angstvolle Gesichter am häufigsten mit angeekelten verwechselt wurden.

Hypothese eins, die besagt, dass Amygdala-Patienten die Emotion Angst drei Monate nach der Operation deutlich schlechter erkennen können als vor der Operation und zu beiden Zeitpunkten schlechter sind als gesunde Kontrollen, kann deskriptiv nur teilweise belegt werden. Nur drei der fünf Patienten erkannten zu T3 angstvolle Gesichter schlechter als zu T1. Prozentual betrachtet reduzierte sich die Erkennungsleistung angstvoller Gesichter jedoch bei Amygdala-Patienten insgesamt nicht. An beiden Testzeitpunkten war die Angsterkennungsrate bei den Patienten deutlich niedriger im Vergleich zu den gesunden Kontrollen.

Tabelle 33: Anzahl richtig erkannter angstvoller Gesichter bei Amygdala-Patienten und gesunden Kontrollprobanden sowie deren häufigste Falschantwort an T1 und T3.

Vpn	T1 Hit Rate Angst (Abs., %)	T3 Hit Rate Angst (Abs., %)	Diff Hit Rate Angst (Abs., %)	Verwechslung von Angst an T1 bes. mit...	Verwechslung von Angst an T3 bes. mit...
1	0 0.00 %	2 28.57 %	2 28.57 %	Ekel	Ekel
3	3 42.86 %	2 28.57 %	-1 -14.29 %	Überraschung	Ärger
7	4 57.14 %	2 28.57 %	-2 -28.57 %	Ekel	Ekel
14	3 42.86 %	6 85.71 %	3 42.86 %	Ekel	Ekel
23	6 85.71 %	4 57.14 %	-2 -28.57 %	Ekel	Überraschung

Gruppe	T1 Hit Rate M (SD), %	T3 Hit Rate M (SD), %	Diff T3-T1 %	Verwechslung von Angst an T1 bes. mit...	Verwechslung von Angst an T3 bes. mit...
Amyg-Pat. (N = 5)	3.20 (± 2.17) 45.71 %	3.20 (± 1.79) 45.71 %	0.00 %	Ekel	Ekel
GK (N = 13)	4.77 (± 1.96) 68.14 %	5.00 (± 2.48) 71.43 %	3.29 %	Ekel	Ekel

Anmerkungen: Diff = Differenz von T3 minus T1; Abs = Absolut-Wert. Maximale Erkennungsrate liegt bei sieben Stimuli je Proband/ Patient.

Hypothese zwei

Nicht nur die Angsterkennung wird durch die Amygdala-Exstirpation beeinträchtigt, sondern auch die Erkennungsrate an T3 für andere negativ valenzierte Emotionen (Ärger, Ekel, Trauer) sinkt im Vergleich zu T1 und mit gesunden Kontrollen.

Die deskriptive Darstellung der prozentualen Emotions-Erkennungsraten zeigte zunächst über alle Emotionskategorien hinweg, dass Amygdala-Patienten zu beiden Erhebungszeitpunkten die Gesichter schlechter erkennen konnten als die Kontrollen (T1: 71.43 % Amyg-Pat., 84.61 % GK; T3: 77.14 % Amyg-Pat., 88.53 % GK). Zu T3 jedoch stieg bei beiden Gruppen die Erkennungsrate etwas an.

Unter Berücksichtigung der verschiedenen Emotionen, zeigten Amygdala-Patienten zu T1 und T3 (dargestellt in Tabelle 34 und Abbildung 31) im Verlauf für keine Emotion eine Verschlechterung der Erkennensleistung. Im Gegenteil, die Erkennungsraten für Ärger, Ekel, Überraschung und Neutral verbesserten sich im Verlauf, so dass insgesamt eine Steigerung der Erkennungsleistung um 5.71 % zu konstatieren war. Demgegenüber stand die konstante

Erkennungsleistung für die Emotionen Angst, Freude und Trauer. Tabelle 35 gibt Auskunft über die individuellen Verläufe der Patienten, in dem Differenzwerte von T1 zu T3 dargestellt werden. Bei den neben Angst (bereits unter Hypothese eins beschrieben) negativ valenzierten Emotionen Ärger, Ekel und Trauer konnte festgestellt werden, dass kein einziger Patient bei der Ärger-Erkennung zu T3 schlechter wurde, während bei Ekel sich lediglich ein einziger Patient deutlich verschlechterte (Vpn 1, Reduktion um -57.14 %). Bei Trauer demgegenüber wurde bei drei der fünf Patienten eine Verschlechterung gefunden (Spanne von -14.29 % bis -42.86 %), die allerdings durch die Steigerung der beiden anderen Patienten prozentual nivelliert wurde.

Tabelle 34: Erkennungsrate der Amygdala-Patienten und gesunden Kontrollprobanden für die verschiedenen Emotionen zu T1 und T3.

	Hit Angst %, M (SD)	Hit Ärger %, M (SD)	Hit Ekel %, M (SD)	Hit Freude %, M (SD)	Hit Trauer %, M (SD)	Hit Überr. %, M (SD)	Hit Neutral %, M (SD)	Hit Total %, Sum (SD)
T1								
Amyg-Pat. (N = 5)	45.71 % 3.20 (± 2.17)	80.00 % 5.60 (± 0.89)	60.00 % 4.20 (± 2.39)	91.43 % 6.40 (± 0.89)	62.86 % 4.40 (± 2.19)	80.00 % 5.60 (± 1.67)	80.00 % 5.60 (± 2.61)	71.43 % 35.00 (± 6.40)
GK (N = 13)	68.14 % 4.77 (± 1.96)	92.29 % 6.46 (± 0.89)	75.86 % 5.31 (± 1.97)	98.86 % 6.92 (± 0.28)	75.86 % 5.31 (± 1.80)	87.86 % 6.15 (± 1.07)	93.43 % 6.54 (± 0.97)	84.61 % 41.46 (± 4.60)
T3								
Amyg-Pat. (N = 5)	45.71 % 3.20 (± 1.79)	94.29 % 6.60 (± 0.55)	74.29 % 5.20 (± 2.17)	91.43 % 6.40 (± 1.34)	62.86 % 4.40 (± 2.97)	85.71 % 6.00 (± 1.23)	85.71 % 6.00 (± 1.00)	77.14 % 37.80 (± 5.50)
GK (N = 13)	71.43 % 5.00 (± 2.48)	94.57 % 6.62 (± 0.77)	85.71 % 6.00 (± 1.87)	98.86 % 6.92 (± 0.28)	84.57 % 5.92 (± 1.66)	90.14 % 6.31 (± 0.63)	94.57 % 6.62 (± 0.65)	88.53 % 43.38 (± 5.68)
Amyg-Pat. Diff T3-T1 %	0.00 %	14.29 %	14.29 %	0.00 %	0.00 %	5.71 %	5.71 %	5.71 %
GK Diff T3-T1 %	3.29 %	2.28 %	9.85 %	0.00 %	8.71 %	2.28 %	1.14 %	17.10 %

Die vergleichende Betrachtung von Amygdala-Patienten und Gesunden zeigte, dass beide Gruppen sich von T1 zu T3 in der Erkennungsleistung keiner einzigen Emotion verschlechterten. Bei Amygdala-Patienten blieb die Erkennungsleistung von drei Emotionen konstant, bei den Kontrollen war es jedoch nur eine. Alle anderen Emotionen wurden zu T3 besser erkannt. Die prozentuale Erkennungsrate der negativ valenzierten Emotionen war für Ärger bei Patienten und Kontrollen zu T3 ähnlich (94.57 % bei GK, 94,39 % bei Amyg-Pat.), bei Ekel und Trauer jedoch deutlich verschieden (85.71 % vs.

74.29 %; 84.57 % vs. 62.86 %). Bereits zu T1 bestanden Gruppenunterschiede. Allerdings war auch die Ärger-Erkennung bei den Patienten deutlich schlechter.

Tabelle 35: Individuelle Differenz-Werte der Amygdala-Patienten für die verschiedenen Gesichtsausdrücke von T1 zu T3.

Vpn	Angst Differenz T3-T1 Abs., %	Ärger Differenz T3-T1 Abs., %	Ekel Differenz T3-T1 Abs., %	Freude Differenz T3-T1 Abs., %	Trauer Differenz T3-T1 Abs., %	Überr. Differenz T3-T1 Abs., %	Neutral Differenz T3-T1 Abs., %
1	2 28.57 %	1 14.29 %	-4 -57.14 %	0 0.00 %	-3 -42.86 %	1 14.29 %	1 14.29 %
3	-1 -14.29 %	0 0.00 %	2 28.57 %	-1 -14.29 %	-2 -28.57 %	0 0.00 %	-2 -28.57 %
7	-2 -28.57 %	1 14.29 %	0 0.00 %	0 0.00 %	1 14.29 %	0 0.00 %	-2 -28.57 %
14	3 42.86 %	2 28.57 %	4 57.14 %	1 14.29 %	-1 -14.29 %	-2 -28.57 %	0 0.00 %
23	-2 -28.57 %	1 14.29 %	3 42.86 %	0 0.00 %	5 71.43 %	3 42.86 %	5 71.43 %

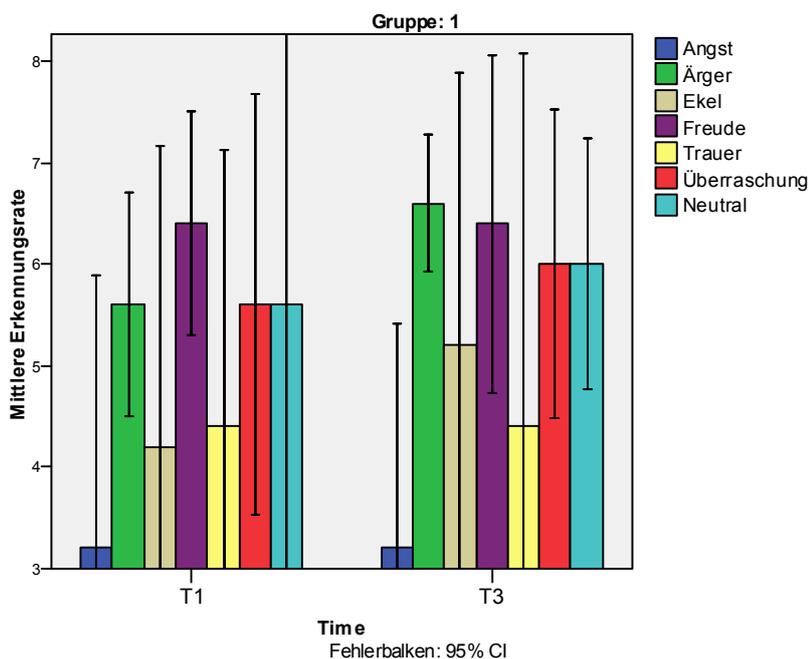


Abbildung 31: Korrekt erkannter Gesichtsausdrücke der Amygdala-Patienten zu T1 und T3 28. Maximale Erkennungsrate: sieben Stimuli je Emotionskategorie.

²⁸ An dieser Stelle sei ausdrücklich darauf hingewiesen, dass aufgrund der kleinen Patienten-Stichprobe in Studie drei nicht der Standardfehler, sondern das 95 % Konfidenzintervall berichtet werden.

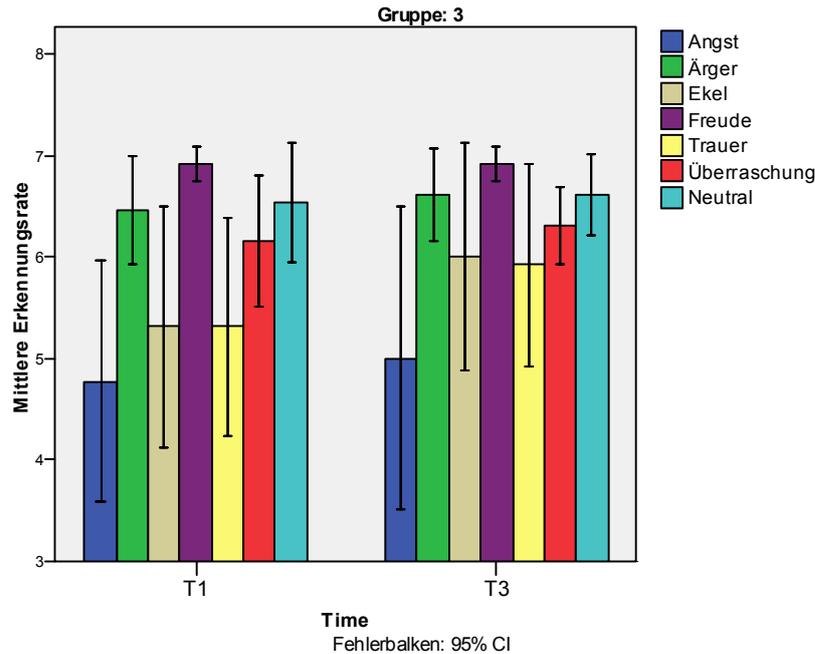


Abbildung 32: Korrekt erkannte Gesichtsausdrücke der gesunden Kontrollprobanden zu T1 und T3. Maximale Erkennungsrate: sieben Stimuli je Emotionskategorie.

Hypothese zwei, die annimmt, dass neben Angst weitere negativ valenzierte Emotionen von den Patienten zu T3 schlechter erkannt werden als zu T1 kann insgesamt als eher nicht bestätigt bewertet werden. Prozentual betrachtet wurden Ärger und Ekel zu T3 sogar besser erkannt als zu T1, die Erkennungsrate von Trauer blieb konstant. Innerhalb der Amygdala-Patienten wurde bezogen auf die negativ valenzierten Emotionen die Erkennungsleistung von Ekel bei einem von fünf Patienten schlechter, bei Ärger bei keinem Patienten und bei Trauer bei drei Patienten. Ein Vergleich mit den gesunden Kontrollen zeigte, dass sich bei diesen die Erkennungsleistung der drei negativ valenzierten Emotionen zu T3 verbesserte. Unabhängig vom Verlauf jedoch konnten für die Emotionen Ekel und Trauer an T1 und T3 deutliche Unterschiede zwischen Patienten und Kontrollen festgestellt werden, da die Patienten beide Emotionen schlechter erkannten als die Kontrollen.

3.3.3.2 Psychophysiologische Daten

Hypothese drei

Die falsche Erkennung angstvoller Gesichtsausdrücke geht im Gegensatz zur korrekten Erkennung bei Amygdala-Patienten mit reduzierten Fixationsanzahlen auf der Augenregion (AOI 1) der präsentierten Gesichter

einher. Dieser Unterschied wird bereits zu T1 angenommen, aber ausgeprägter zu T3 erwartet und soll mit den Erkennungsraten der gesunden Kontrollen verglichen werden.

Um die Hypothese drei adäquat zu beantworten, soll die Anzahl an Fixationen auf der Augenregion (AOI 1) bei falsch erkannten Stimuli im Vergleich zu korrekt erkannten Stimuli innerhalb der Amygdala-Patienten zu T3 betrachtet werden. Um den Befund aussagekräftiger zu gestalten, sollen dieselben Parameter im Vergleich mit der gesunden Kontroll-Gruppe und mit T1 beschrieben werden.

Zunächst jedoch zeigte bereits die Fixationsanzahl unabhängig von Antwortkorrektheit (siehe Tabelle 36) bei den Patienten sowohl zu T1 wie auch zu T3 eine deutlich geringere Rate an Fixationen auf den Augen bei angstvollen Gesichtern im Vergleich zu gesunden Kontrollen (*9.75 Fix Amyg-Pat. vs. 20.92 Fix GK zu T1, bzw., 8.25 Fix vs. 19.85 Fix zu T3*).

Wurden die Fixationen auf den Augen bei korrekt erkannten angstvollen Gesichtern (Hit) betrachtet, war festzustellen, dass die Patienten von T1 zu T3 etwas häufiger auf den Augen fixierten, während die Kontrollen weniger fixierten. Bei den falsch beantworteten Gesichtern, die zur Beantwortung der Hypothese besonders relevant sind, wurde gefunden, dass die Patienten deutlich weniger häufig zu T3 fixierten als zu T1 (Reduktion um -21.43 %). Bei den Kontrollen war ein gegenteiliges Verhalten feststellbar (Steigerung um 69.61 %). Dem sei hinzugefügt, dass die nähere Betrachtung der einzelnen Kontrollprobanden ergab, dass es auch dort bei falsch erkannten Gesichtern viele Personen gab, die sowohl an T1 wie T3 keine einzige Fixation auf die Augen richteten. Dies wurde bei korrekt erkannten Stimuli jedoch bei keiner Kontrolle festgestellt. Bei den Patienten gab es demgegenüber an beiden Betrachtungszeitpunkten sowohl für korrekt wie auch falsch erkannte Gesichter Patienten, die die Augenregion kein einziges Mal fixierten (siehe Tabelle 36).

Um sich das visuelle Betrachtungsmuster von Amygdala-Patienten im Vergleich mit gesunden Kontrollen besser vorstellen zu können, wurden die Betrachtungsmuster von je einem Patienten und einem Gesunden exemplarisch für die Betrachtung angstvoller Gesichter abgebildet (siehe Abbildung 33). Es wird gezeigt, dass die Gesunden ein dreieckiges Betrachtungsmuster zu T1 und T3 verwenden, während die Amygdala-Patienten die Gesichter weniger explorieren und besonders an T3 auf die Augenregion der Gesichter wenige Fixationen richten.

Tabelle 36: Fixationsanzahl auf der Augenregion bei Betrachtung angstvoller Gesichter in Abhängigkeit von Antwortkorrektheit für Amygdala-Patienten und gesunde Kontrollprobanden zu T1 und T3.

Vpn	T1 Anzahl Fix Augen Angst	T3 Anzahl Fix Augen Angst	T1 Hit Angst	T3 Hit Angst	T1 Falsch Angst	T3 Falsch Angst
Amyg-Pat.						
1	1	0	0	0	1	0
3	13	13	0	13	13	0
7	0	3	0	0	0	3
14	25	17	25	17	0	0
GK						
100	20	30	20	2	0	28
102	9	11	2	4	7	7
104	40	39	2	10	38	29
105	14	9	14	9	0	0
106	28	25	28	25	0	0
107	23	19	23	19	0	0
108	28	13	28	13	0	0
109	22	20	22	20	0	0
110	22	23	22	2	0	21
111	25	24	25	24	0	0
112	2	13	2	3	0	10
113	28	18	17	18	11	0
114	11	14	11	14	0	0
Amyg-Pat.	9.75	8.25	6.25	7.50	3.50	0.75
M (SD) (N = 4)	(± 11.76)	(± 8.10)	(± 12.50)	(± 8.81)	(± 6.35)	(± 1.50)
GK	20.92	19.85	16.62	12.54	4.31	7.31
M (SD) (N = 13)	(± 9.94)	(± 8.43)	(± 9.56)	(± 8.27)	(± 10.70)	(± 11.26)
			Hit Diff T3-T1 %	Falsch Diff T3-T1 %		
Amyg-Pat.%			20.00 %	-21.43 %		
GK %			75.45 %	69.61 %		

Anmerkungen: Hit = Fixationsanzahl bei korrekt erkannten angstvollen Gesichtern; Falsch = Fixationsanzahl bei falsch erkannten angstvollen Gesichtern.

Um zu prüfen, ob die reduzierten Fixationen auf den Augen nicht ein Ergebnis von einer insgesamt verminderten Fixationsanzahl waren, wurden in Tabelle 37, Abbildung 34 und Abbildung 35 die Fixationen auf die anderen AOI (AOI 1 = Augen, AOI 2 = Nase, AOI 3 = Mund, AOI 4 = Rest des Bildschirms) eingetragen und graphisch dargestellt. Zunächst kann an der Summe der Fixationen bei der Betrachtung angstvoller Gesichter festgestellt werden, dass Patienten zu beiden Betrachtungszeitpunkten im Schnitt sechs bzw. sieben Fixationen im Schnitt weniger ausführen als gesunde Kontrollen. Ferner war

auch hier erkennbar, dass im Vergleich der verschiedenen AOI zwischen gesunden Kontrollen und Patienten die größten Differenzen an T1 und auch T3 auf der Augenregion zu finden waren. Dieser Befund wurde bereits an früherer Stelle beschrieben. Die Fixationen auf den anderen AOI liegen zwischen den Gruppen relativ nahe beieinander, schwanken zu T3 aber stärker als zu T1. Bei den gesunden Kontrollen wurden in etwa gleich viele Fixationen auf Nase, Mund und Regionen außerhalb der AOI gerichtet.

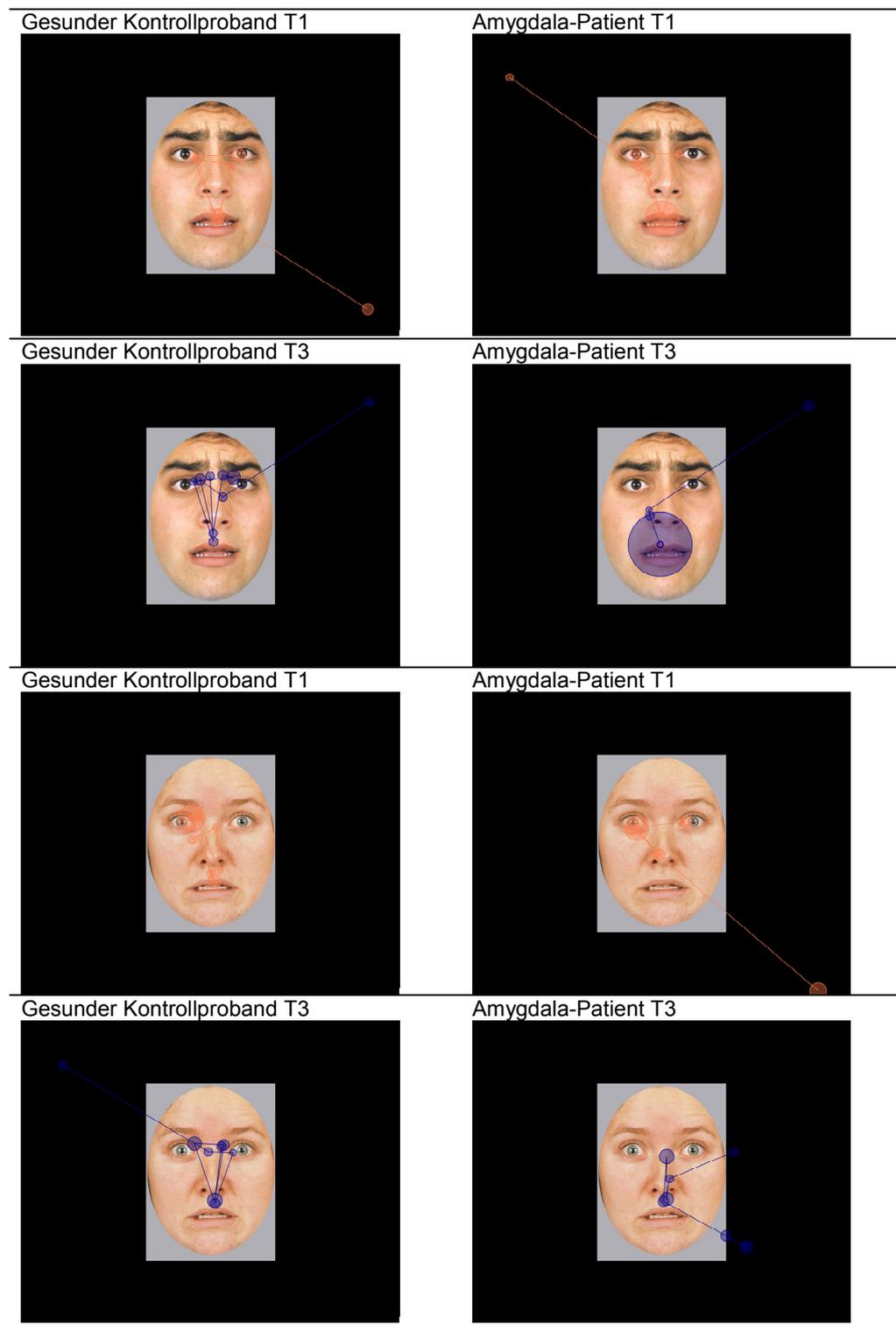


Abbildung 33: Augenbewegungsmuster bei der Betrachtung von angstvollen Gesichtern an T1 und T3 von einem Amygdala-Patienten (Vpn 3) und einem gesunden Kontrollprobanden (Vpn 112) (unabhängig von Antwortkorrektheit). Die Linien zeigen der Verlauf der Augenbewegungen, die Kreise stellen Fixationen dar – je größer ein solcher Kreis, umso länger die zugrunde liegende Fixation.

Tabelle 37: Verteilung der Fixationen auf AOI über alle Angst-Trials hinweg (unabhängig von Antwortkorrektheit) zu T1 und T3 für Amygdala-Patienten und gesunde Kontrollprobanden.

Vpn	AOI 1 Fix T1 Angst	AOI 2 Fix T1 Angst	AOI 3 Fix T1 Angst	AOI 4 Fix T1 Angst	AOI 1 Fix T3 Angst	AOI 2 Fix T3 Angst	AOI 3 Fix T3 Angst	AOI 4 Fix T3 Angst	Sum Fix alle AOI T1 / T3
1	1	6	18	8	0	9	13	8	33 / 30
3	13	15	9	15	13	19	8	10	52 / 50
7	0	12	11	13	3	17	2	17	36 / 39
14	25	8	3	7	17	6	4	8	43 / 34
Amyg- Pat.	9.75 (± 11.79) M (SD), % (N=4)	10.25 (± 4.03) 25 %	10.25 (± 6.19) 25 %	10.75 (± 3.86) 26 %	8.25 (± 8.06) 21 %	12.75 (± 6.24) 33 %	6.75 (± 4.86) 17 %	10.75 (± 4.27) 29 %	41 / 39 (± 8.45; ± 8.51)
GK	20.92 (± 8.24) M (SD), % (N=13)	8.15 (± 4.10) 17 %	9.69 (± 5.54) 20 %	8.62 (± 2.36) 19 %	19.85 (± 6.90) 44 %	8.31 (± 3.82) 18 %	8.92 (± 5.48) 19 %	8.92 (± 2.36) 19 %	47 / 46 (± 6.13; ± 6.04)

An T1 sind die Fixationen bei den Patienten auf den Augen im Vergleich zu den anderen AOI mit 9.75 Fix ($SD = 11.79$ Fix) am wenigsten häufig, danach folgen Nase und Mund mit je 10.25 Fix ($SD = 4.03$, bzw. 6.19 Fix). Auf Punkte außerhalb der drei genannten AOI entfielen 10.75 Fix ($SD = 3.86$ Fix). An T3 dagegen entfielen die wenigsten Fixationen auf den Mund (6.75 Fix, $SD = 4.86$) und erst dann mit 8.25 Fix ($SD = 8.06$ Fix) auf die Augen. Die meisten Fixationen zog die Nase auf sich (12.75 Fix, $SD = 6.24$ Fix), die neben der Regionen außerhalb der AOI (10.75 Fix, $SD = 4.27$ Fix) am wenigsten Informationsgehalt für die Emotionserkennung beinhaltet.

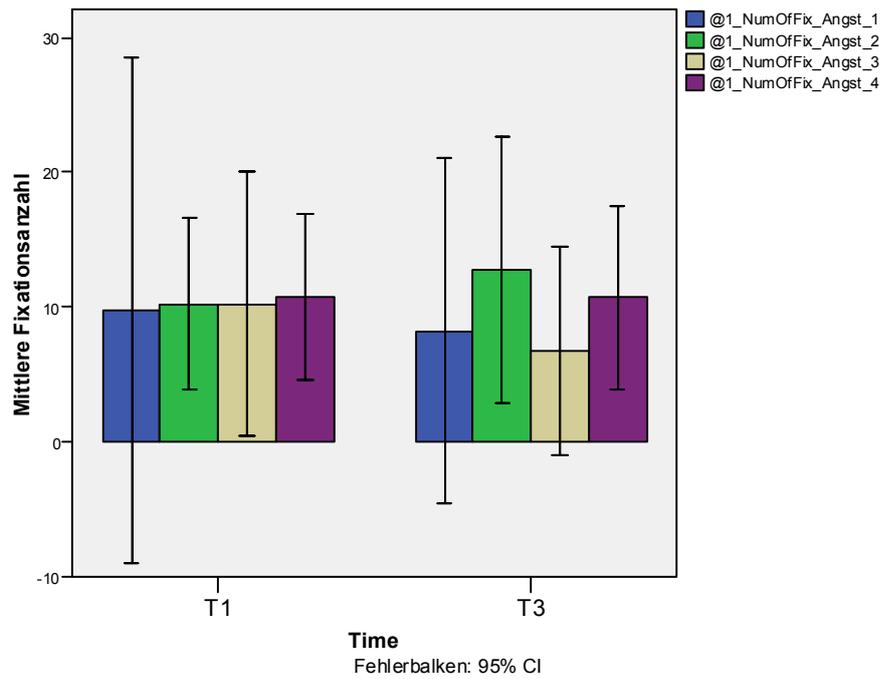


Abbildung 34: Mittlere Fixationsanzahl (unabhängig von Antwortkorrektheit) für Amygdala-Patienten bei der Betrachtung angstvoller Gesichter auf den AOI und außerhalb dieser zu T1 und T3. AOI von links nach rechts: AOI 1 = Augen, AOI 2 = Nase, AOI 3 = Mund, AOI 4 = außerhalb AOI 1-3.

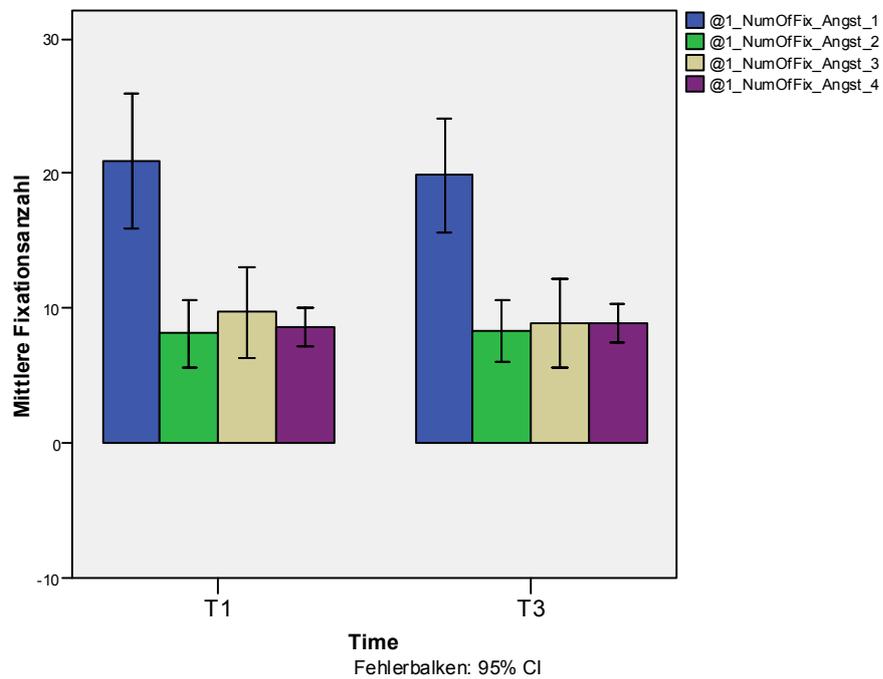


Abbildung 35: Mittlere Fixationsanzahl (unabhängig von Antwortkorrektheit) für gesunde Kontrollprobanden bei der Betrachtung angstvoller Gesichter auf den AOI und außerhalb dieser zu T1 und T3. AOI von links nach rechts: AOI 1 = Augen, AOI 2 = Nase, AOI 3 = Mund, AOI 4 = außerhalb AOI 1-3.

Das Verteilungsmuster der Fixationen von Patienten weicht zu T3 deutlich von dem von T1 ab und ist auch nicht mehr mit dem der Kontrollen vergleichbar.

Die Hypothese drei kann in ihrer Richtung als bestätigt betrachtet werden, da zu beiden Erhebungszeitpunkten (T1, T3) die durchschnittliche Anzahl an Fixationen auf den Augen bei der Betrachtung angstvoller Gesichter bei Amygdala-Patienten im Vergleich mit gesunden Kontrollen um etwa 50 % reduziert ausfiel. Im Gegensatz zu den Kontrollen zeigten die Patienten sogar bei korrekt erkannten angstvollen Gesichtern an T1 wie an T3 teilweise keine einzige Fixation auf den Augen. Allerdings war innerhalb der Patienten nur zu T3, d.h. nach der Amygdala-Exstirpation eine Reduktion der Fixationsanzahl bei falsch erkannten Gesichtern im Vergleich mit korrekt erkannten Gesichtern zu konstatieren. Insgesamt kann festgehalten werden, dass sich das Betrachtungsmuster angstvoller Gesichter bezogen auf die verschiedenen AOI zwischen Patienten und Kontrollen an T1 und T3 unterschied. Das Muster der Patienten veränderte sich jedoch im Verlauf von T1 zu T3 deutlich, während das der Kontrollen relativ stabil blieb.

Hypothese vier

Patienten mit Amygdalaläsion fixieren nach der Operation (T3) die Augenregion der betrachteten Gesichter, unabhängig von ihrem emotionalen Ausdruck deutlich weniger als vor der Operation und als gesunde Kontrollen.

Nach Beantwortung der Hypothese drei soll geprüft werden, ob die reduzierte Fixation des Augenbereiches spezifisch für Angst-Gesichter ist oder auch bei den anderen Gesichtsausdrücken gefunden werden kann. Ferner soll verglichen werden, ob Amygdala-Patienten evtl. insgesamt weniger Fixationen aufweisen als gesunde Kontrollen.

Tabelle 38 enthält die Fixationsanzahlen für die verschiedenen AOI (AOI 1 = Augen, AOI 2 = Nase, AOI 3 = Mund, AOI 4 = Rest des Bildschirms) über alle Trials von T1 bzw. T3 hinweg, d.h. unabhängig von emotionaler Kategorie und Antwortkorrektheit des Patienten/ Probanden. Diese sind zudem in Abbildung 36 und Abbildung 37 für die verschiedenen Emotionen abgebildet.

Zunächst wird deutlich, dass Amygdala-Patienten in der Tat in der durchschnittlichen Fixationsanzahl über alle AOI hinweg mit 282.50 Fixationen ($SD = 51.63$ Fix) an T1 weniger Fixationen ausführten als gesunde Kontrollen mit 321.15 Fixationen ($SD = 42.15$ Fix). Bei den Amygdala-Patienten wurden die meisten Fixationen auf die die Nase (27.17 %) und auf Regionen außerhalb

der drei AOI gerichtet (27.35 %). Die wenigsten Fixationen entfielen auf die Augen (21.77 %), gefolgt von Fixationen auf den Mund (23.72 %) (siehe auch Tabelle 38 und Abbildung 36).

Bei den gesunden Kontrollen landeten mit deutlichem Abstand die meisten Fixationen auf den Augen (42.32 %), allerdings waren die Fixationen auf Nase und Mund etwa gleich häufig (18.61 %, bzw. 18.66 %).

Tabelle 38: Verteilung der Fixationen auf den AOI über alle Trials hinweg zu T1 und T3 für Amygdala-Patienten und gesunde Kontrollprobanden.

Vpn	AOI 1 Anzahl Fix	AOI 2 Anzahl Fix	AOI 3 Anzahl Fix	AOI 4 Anzahl Fix	SummeFix alle AOI
T1					
1	26	46	97	77	246
3	70	113	65	108	356
7	2	107	75	63	247
14	148	41	31	61	281
Amyg-Pat.	61.50	76.75	67.00	77.25	282.50
M (SD), %	(± 64.17)	(± 38.53)	(± 27.47)	(± 21.70)	(± 51.63)
(N = 4)	21.77 %	27.17 %	23.72 %	27.35 %	
GK	135.92	59.77	59.92	65.54	321.15
M (SD), %	(± 47.49)	(± 20.69)	(± 34.84)	(± 11.36)	(± 42.37)
(N = 13)	42.32 %	18.61 %	18.66 %	20.41 %	
T3					
1	15	50	116	66	247
3	90	102	38	113	343
7	5	108	56	90	259
14	121	68	33	58	280
Amyg-Pat.	57.75	82.00	60.75	81.75	282.25
M (SD), %	(± 56.72)	(± 27.67)	(± 38.14)	(± 24.88)	(± 42.74)
(N = 4)	20.46 %	29.05 %	21.52 %	28.96 %	
GK	127.46	58.77	56.08	68.23	310.54
M (SD), %	(± 50.99)	(± 25.07)	(± 37.98)	(± 13.40)	(± 40.92)
(N = 13)	41.04 %	18.93 %	18.06 %	21.97 %	
Diff Amyg-Pat. T3-T1 %	-1.31 %	1.88 %	-2.20 %	4.50 %	-0.09 %
Diff GK T3-T1 %	-1.28 %	0.32 %	-0.60 %	1.56 %	-3.41 %

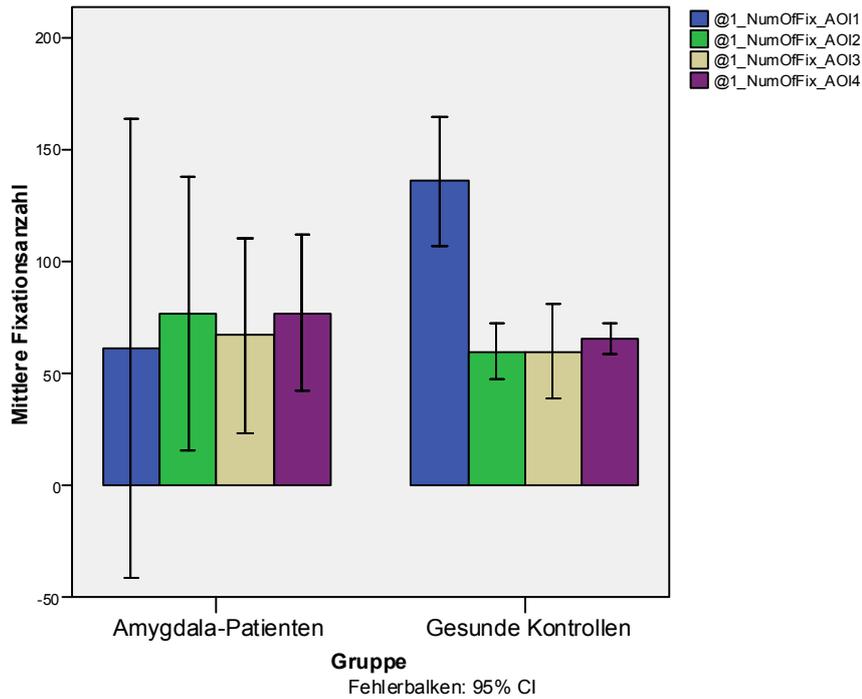


Abbildung 36: Mittlere Fixationsanzahl für Amygdala-Patienten und gesunde Kontrollprobanden auf den AOI zu T1. AOI von links nach rechts: AOI 1 = Augen, AOI 2 = Nase, AOI 3 = Mund, AOI 4 = außerhalb AOI 1-3.

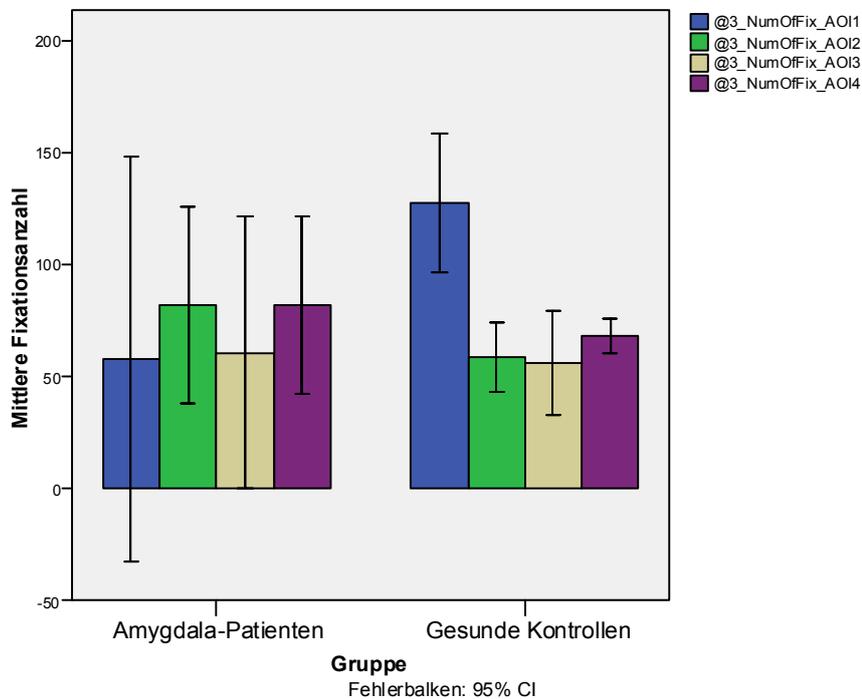


Abbildung 37: Mittlere Fixationsanzahl für Amygdala-Patienten und gesunde Kontrollprobanden auf den AOI zu T3. AOI von links nach rechts: AOI 1 = Augen, AOI 2 = Nase, AOI 3 = Mund, AOI 4 = außerhalb AOI 1-3.

Nun liegt der besondere Fokus der Hypothese ja auf der Betrachtung von T3 (Tabelle 38). Auch hier unterschied sich die Summe der Fixationen zwischen beiden Gruppen, ähnlich wie bereits für T1 beschrieben (*Amygdala-Pat.*: 282.25 Fix, *SD* = 42.72 Fix, *GK*: 310.54 Fix, *SD* = 40.92 Fix). Die Amygdala-Patienten reduzierten ihre Fixationen minimal um -0.09 %, während bei den Kontrollen eine Reduktion von -3.41 % erfolgte.

Ferner konnte festgestellt werden, dass zu diesem Zeitpunkt die Augenregion von den Amygdala-Patienten am wenigsten häufig betrachtet wurde (20.46 %), was eine Reduktion von -1.31 % zu T1 darstellt. Bei den gesunden Kontrollen war die prozentuale Fixationsanzahl mit 41.04 % fast doppelt so hoch wie bei den Patienten, allerdings reduzierte sich auch hier im Vergleich zu T1 die Fixationsanzahl um -1.28 %.

Die Region, deren Fixationsanzahl sich am stärksten im Verlauf von T1 zu T3 änderte, war die AOI 4 (Region außerhalb der drei anderen AOI), die sich um 4.50 % erhöhte. Bei den gesunden Kontrollen war eine Veränderung in ähnlichem Umfang nicht feststellbar.

Abbildung 38 veranschaulicht, dass die reduzierten Fixationen auf den Augen bei den Amygdala-Patienten zu T1 und T3 kein Befund sind, der durch einzelne Emotionen hervorgerufen wurde. Über alle Emotionen hinweg war eine Reduktion der Fixationsanzahl in dieser AOI festzustellen. Die graphische Darstellung der anderen AOI macht deutlich, dass sich der stärkste Unterschied zwischen Amygdala-Patienten und gesunden Kontrollen vornehmlich auf die Augenregion begrenzte. Als weitere Beobachtung ist festzuhalten, dass die Patienten viel häufiger auf die Nase schauen als Kontrollprobanden. Dies ist bereits zu T1 der Fall, wird an T3 jedoch stärker ausgeprägt gefunden.

Hypothese vier, die postuliert, dass die Augenregion der verschiedenen Gesichtsausdrücke nach der Operation von Amygdala-Patienten deutlich weniger fixiert wird als vorher und sich vom Verhalten der gesunden Kontrollen deutlich unterscheidet, kann also nur bedingt bestätigt werden. Lediglich im Vergleich mit den Kontrollen zeigen sich die Fixationen der Patienten auf der Augenregion deutlich reduziert, allerdings war dies auch schon vor der Amygdala-Exstirpation festzustellen.

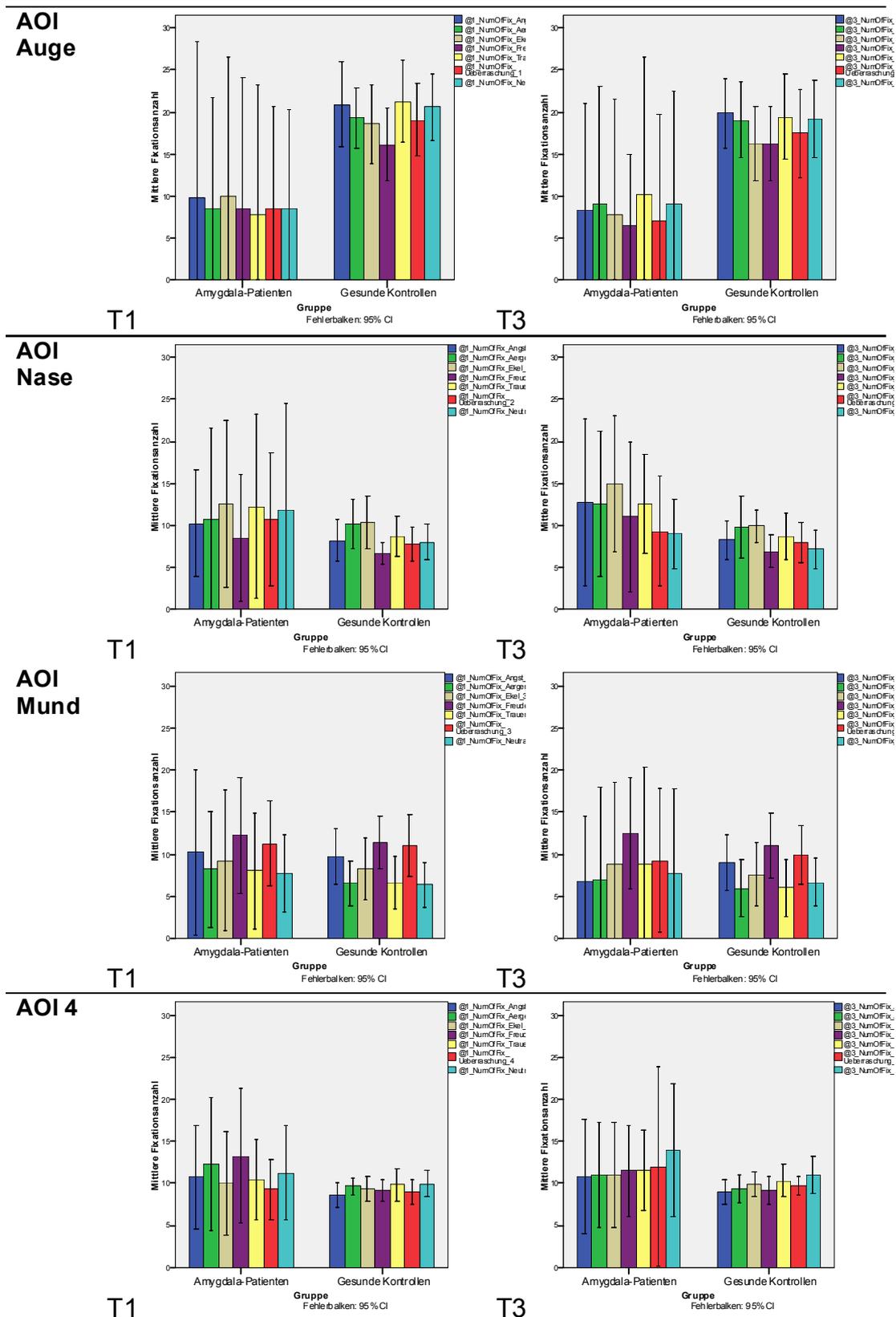


Abbildung 38: Mittlere Fixationsanzahl für Amygdala-Patienten und gesunde Kontrollprobanden auf den verschiedenen AOI in Abhängigkeit von der betrachteten Emotion zu T1 und T3. Emotionen von links nach rechts: Angst, Ärger, Ekel, Freude, Trauer, Überraschung, Neutral.

Hypothese fünf

Patienten mit Amygdalaläsion fixieren nach der Operation (T3) die Augenregion der betrachteten Gesichter allgemein und die angstvoller Stimuli im Speziellen mit einer kürzeren medianen Dauer als vor der Operation und als gesunde Kontrollen.

Wie Tabelle 39 darstellt, waren die medianen Fixationsdauern der Amygdala-Patienten auf der Augenregion zu T1 und T3 über alle Emotionen hinweg kürzer als die der Kontrollen. Die mediane Fixationsdauer bei der Betrachtung angstvoller Gesichter im Speziellen zeigte sich weiter reduziert und erreichte eine weit kürzere Betrachtungsdauer als der Wert, der über alle Emotionen hinweg ermittelt wurde (*T1: M Emotion = 239.88 ms vs. M Angst = 175.25 ms; T3 M Emotion = 270.50 ms vs. M Angst = 228.50 ms*). Ferner wurde ersichtlich, dass bei den Amygdala-Patienten von T1 zu T3 eine Zunahme der medianen Fixationsdauer auf den Augen um 30.62 ms (*SD = 35.27 ms*) stattfand. Betrachtet man dabei speziell die Emotion Angst war auch hier eine Zunahme der medianen Fixationsdauer um 53.25 ms (*SD = 159.45 ms*) festzustellen.

Bei den gesunden Kontrollen demgegenüber wurde auch eine Zunahme der medianen Fixationsdauer auf der Augenregion von T1 zu T3 erkennbar, allerdings in geringerem Maße: unabhängig von der Emotion betrug sie im Mittel 14.04 ms (*SD = 25.85 ms*), bei angstvollen Gesichtern 13.35 ms (*SD = 48.47 ms*).

Betrachtet man die Differenz der medianen Fixationsdauer von AOI 1 im Vergleich mit denen der anderen AOI, so fällt auf, dass lediglich auf der Augenregion eine Zunahme der medianen Fixationsdauern bei den Amygdala-Patienten erfolgte, bei den anderen AOI sank diese von T1 zu T3 ab. Dies steht im Kontrast zu den gesunden Kontrollen, bei denen im Verlauf die medianen Fixationsdauern bei allen AOI stiegen, allerdings bei keiner AOI um 30 ms, wie dies bei den Amygdala-Patienten für die Augenregion eintrat.

Eine Übersicht über den Verlauf der Summe der Fixationsdauern je AOI von T1 zu T3 ist im Anhang 6.3.9.2 tabellarisch dargestellt. Da dieser Parameter stark von der Fixationsanzahl und der medianen Fixationsdauer abhängig ist, wurde auf eine gesonderte Darstellung dieser Ergebnisse verzichtet.

Tabelle 39: Mediane Fixationsdauer (ms) für Amygdala-Patienten und gesunde Kontrollprobanden auf den verschiedenen AOI und auf der Augenregion von angstvollen Gesichtern zu T1 und T3.

Vpn	AOI 1 MedFix- Dauer	AOI 2 MedFix- Dauer	AOI 3 MedFix- Dauer	AOI 4 MedFix- Dauer	Angst AOI 1 MedFix- Dauer
T1					
1	158.00	300.00	550.00	166.00	167.00
3	235.00	235.00	251.00	201.00	241.00
7	258.50	383.00	233.00	200.00	000.00
14	308.00	233.00	216.00	233.00	283.00
Amyg-Pat. M (SD) (N = 4)	239.88 (± 62.49)	287.75 (± 70.72)	312.50 (± 158.98)	200.00 (± 27.36)	175.25 (± 126.66)
GK M (SD) (N = 13)	266.62 (± 45.82)	213.15 (± 52.38)	245.85 (± 51.65)	177.54 (± 25.01)	255.65 (± 175.86)
T3					
1	233.00	241.50	316.00	155.00	000.00
3	233.00	249.00	216.00	199.00	299.00
7	301.00	384.00	250.00	200.00	200.00
14	315.00	249.00	282.00	199.00	415.00
Amyg-Pat. M (SD) (N = 4)	270.50 (± 43.68)	280.88 (± 68.84)	266.00 (± 42.86)	187.00 (± 24.67)	228.50 (± 175.86)
GK M (SD) (N = 13)	280.65 (± 46.60)	239.00 (± 65.19)	258.96 (± 50.06)	184.23 (± 23.38)	269.00 (± 47.47)
Diff Amyg- Pat. T3-T1 M (SD) (N = 4)	30.62 (± 35.27)	-6.87 (± 35.05)	-46.50 (± 131.63)	-13.00 (± 15.71)	53.25 (± 159.45)
Diff GK T3-T1 M (SD) (N = 13)	14.03 (± 25.85)	25.85 (± 55.63)	13.11 (± 46.68)	6.69 (± 23.36)	13.35 (± 48.47)

Die Ergebnisse widerlegen somit die Hypothese fünf, da keine Reduktion der medianen Fixationsdauer bei den Amygdala-Patienten zu konstatieren war, sondern eine Zunahme von T1 zu T3 erfolgte. Dieser Befund der verlängerten medianen Fixationsdauern galt auch für die gesunden Kontrollen, allerdings waren die dortigen Veränderungen weniger stark ausgeprägt.

Hypothese sechs

Wie in Studie zwei an Gesunden gezeigt werden konnte, variierten die Fixationsanzahlen je Emotionskategorie an zwei verschiedenen Zeitpunkten (Abstand von einer Woche) nicht signifikant. Auch für die gesunden Kontrollen dieser Studie werden keine signifikanten Variationen von T1 zu T2 (Abstand von einer Woche) innerhalb der verschiedenen Kategorien erwartet. Ferner wird unter Einbeziehung von T3 (Abstand zu T1 drei Monate) auch kein signifikanter Unterschied zwischen den drei Betrachtungszeitpunkten angenommen.

Bei den Amygdala-Patienten dagegen werden bezogen auf die Fixationsanzahl je Emotionskategorie Schwankungen von T1 zu T3 angenommen.

Die relativ große Stichprobe der gesunden Kontrollen erlaubte die Durchführung einer Varianzanalyse mit Messwiederholung mit den Faktoren Erhebungszeitpunkt (zwei bzw. drei Stufen) und Emotion (sieben Stufen), um zu bestätigen, dass keine signifikanten Veränderungen in der Fixationsanzahl zwischen T1 zu T2 (Erhebung $F(1,12) = 0.8$; $p = .378$; Erhebung * Emotion $F(6,72) = 1.1$; $p = .351$) und zwischen T1, T2, und T3 (Erhebung $F(2,24) = 1.4$; $p = .267$; Erhebung * Emotion $F(12,144) = 0.7$; $p = .724$) vorlagen. Für den Faktor Emotion wurde dagegen, wie auch in der Auswertung von Studie zwei, für beide Varianzanalysen eine Signifikanz festgestellt ($F(6,72) = 2.5$; $p < .05$ bzw. $F(6,72) = 3.5$; $p < .05$). Dies bedeutet, dass auch hier die verschiedenen Emotionen unterschiedlich häufig betrachtet wurden.

Leider konnte bei den Patientendaten eine solche inferenzstatistische Analyse nicht vorgenommen werden und lediglich der Zeitpunkt T3 untersucht werden, da an T2 noch weniger Daten zur Verfügung standen als für T3. Deskriptiv war anhand Abbildung 39 festzustellen, dass die Patienten zu beiden Zeitpunkten für alle Emotionen weniger Fixationen ausgeführt haben als gesunde Kontrollen. Besonders bei Angst, Überraschung und Trauer fallen die größten Veränderungen innerhalb der Patientengruppe zwischen T1 und T3 bezogen auf die Fixationsanzahl auf (siehe Tabelle 40). Dabei war die Reduktion um -6.10 % bei der Betrachtung von angstvollen Gesichtern und von -5.66 % bei überraschten Gesichtern negativ, d.h. zu T1 wurden mehr Fixationen als bei T3 ausgeführt. Für Trauer dagegen wurden zu T3 11.69 % mehr Fixationen durchgeführt, der Wert ist positiv und gibt an, dass die Rate an T3 im Vergleich zu T1 gestiegen ist.

Bei den gesunden Kontrollen wurden zu T3 bei keiner Emotion mehr Fixationen ausgeführt als bei T1. Besonders bei angeekelten Gesichtern war die Reduktion von -6.27 % am stärksten ausgeprägt (siehe dazu Tabelle 40).

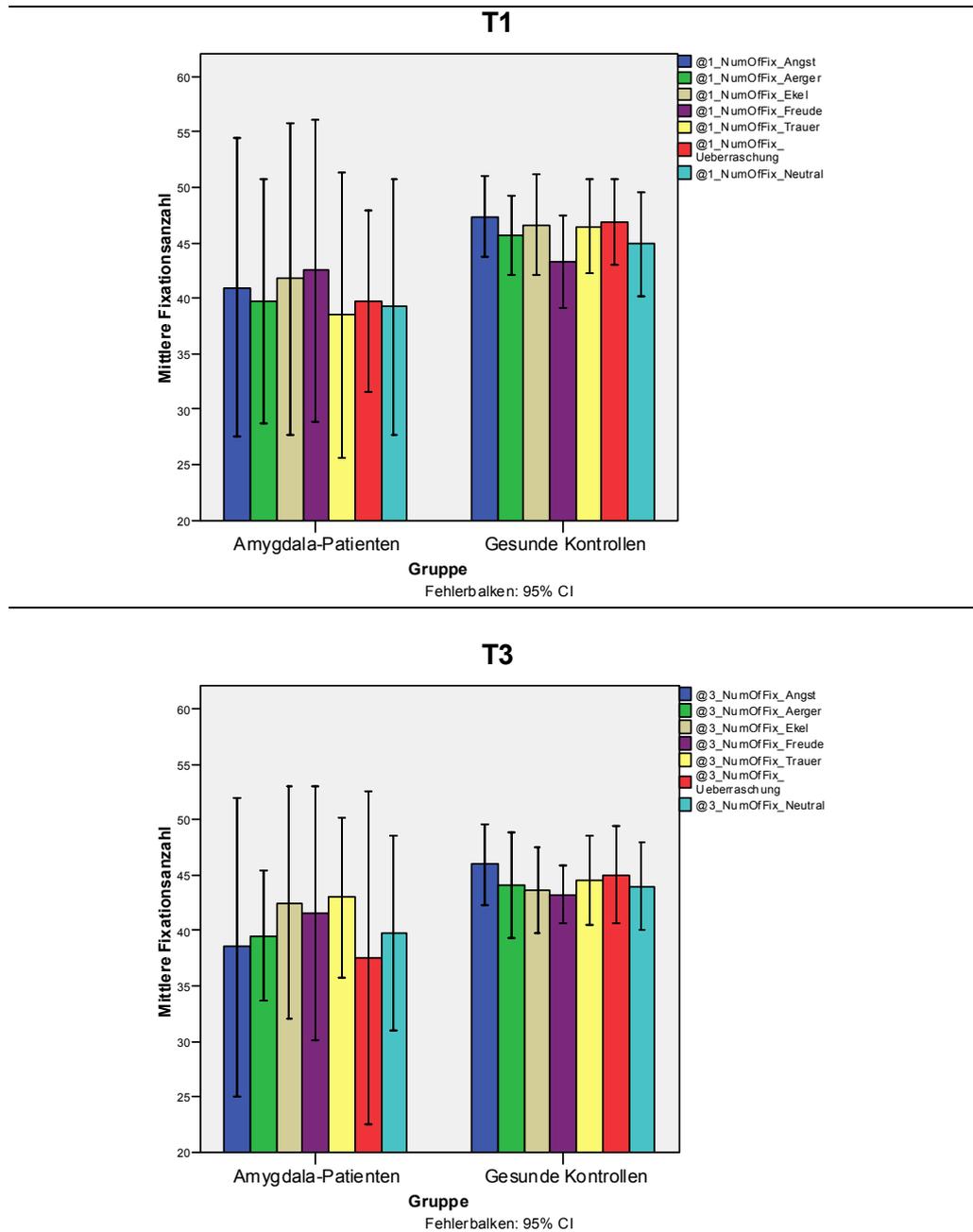


Abbildung 39: Mittlere Fixationsanzahl zu T1 und T3 für Amygdala-Patienten und gesunde Kontrollprobanden in Abhängigkeit von der betrachteten Emotion.

Tabelle 40: Differenz der Fixationsanzahl von T1 zu T3 für Amygdala-Patienten und gesunde Kontrollprobanden über die Emotionen hinweg.

Vpn	Angst Diff Nr Fix	Ärger Diff Nr Fix	Ekel Diff Nr Fix	Freude Diff Nr Fix	Trauer Diff Nr Fix	Überr. Diff Nr Fix	Neutral Diff Nr Fix
1	-3 -9.09 %	2 5.41 %	1 2.70 %	1 2.86 %	5 14.71 %	-6 -17.14 %	1 2.86 %
3	-2 -3.85 %	-6 -12.00 %	-4 -7.41 %	-1 -1.89 %	-1 -2.00 %	4 8.51 %	-3 -6.00 %
7	3 8.33 %	0 0.00 %	2 5.88 %	4 11.11 %	8 25.00 %	-5 -12.82 %	0 0.00 %
14	-8 -18.60 %	3 8.11 %	4 9.52 %	-8 -17.39 %	6 15.79 %	-2 -5.26 %	4 10.81 %
Amyg-Pat.	-2.50	-0.25	0.75	-1.00	4.50	-2.25	-0.50
M (SD), % (N = 4)	(± 4.51) -6.10 %	(± 4.03) -0.63 %	(± 3.40) 1.80 %	(± 5.10) -2.35 %	(± 3.87) 11.69 %	(± 4.50) -5.66 %	(± 2.89) -1.27 %
GK	-1.38	-1.54	-2.92	-0.08	-1.92	-1.85	-0.92
M (SD), % (N = 13)	(± 3.89) -2.92 %	(± 6.77) -3.37 %	(± 4.55) -6.27 %	(± 5.10) -0.18 %	(± 4.13) -4.14 %	(± 2.91) -3.94 %	(± 5.25) -2.05 %

Hypothesenkonform ergab die statistische Prüfung keinen signifikanten Unterschied bezogen auf die Fixationsanzahl in Abhängigkeit vom Erhebungszeitpunkt und Emotion für die gesunden Kontrollen. Deskriptiv konnte bei ihnen jedoch für alle Emotionen eine reduzierte Fixationsanzahl an T3 beschrieben werden. Bei den Amygdala-Patienten demgegenüber waren bei drei Emotionen Schwankungen von über 5.00 % festzustellen: Die Fixationsanzahl bei der Betrachtung von angstvollen und überraschten Gesichtern waren an T3 deutlich reduziert, die von traurigen Gesichtern erhöht. Auch dies bestätigt die Hypothese sechs.

3.3.3.3 Fragebögen

Da die Patientengruppe für die Prüfung korrelativer Zusammenhangshypothesen nicht ausreichend groß war, sollen im Folgenden die Beschreibungen der fünf Amygdala-Patienten, die in die deskriptive Auswertung der Augenbewegungen und Erkennungsraten eingegangen sind sowie die gesunden Kontrollen hinsichtlich verschiedener psychologischer Parameter erfolgen. Mittelwerte der verschiedenen Fragebögen sind in Tabelle 41 zusammengefasst.

Das prämorbid Intelligenzniveau, das mittels Mehrfachwahlwortschatztest erhoben wurde, wurde erst mit Patient Vpn 7 eingeführt. Somit gibt es keine Einschätzung der Intelligenzquotienten für die Amygdala-Patienten 1 und 3

sowie für die klinischen Kontrollen 2 und 5. Insgesamt lagen alle Patienten und Probanden, von denen Intelligenzquotienten erhoben wurden, in einem durchschnittlichen bis gar überdurchschnittlichen Bereich. Die Werte der einzelnen Personen sind der Tabelle zur Charakterisierung der Patienten und Probanden (Tabelle 29 auf Seite 167) zu entnehmen.

Tabelle 41: Mittelwerte der Fragebögen.

Test	T1		T2		T3	
	M (SD) Amyg-Pat.	M (SD) GK	M (SD) Amyg-Pat.	M (SD) GK	M (SD) Amyg-Pat.	M (SD) GK
BDI	6.40 (± 2.30)	3.80 (± 3.57)	6.50 (± 6.36)	3.08 (± 3.75)	8.25 (± 2.87)	2.85 (± 3.18)
STAI-S vor Experiment	42.60 (± 16.10)	33.14 (± 6.72)	37.33 (± 11.37)	32.62 (± 8.81)	42.80 (± 7.32)	33.31 (± 8.36)
STAI-S nach Experiment	40.80 (± 16.27)	33.46 (± 5.36)	39.66 (± 3.79)	34.00 (± 10.47)	36.60 (± 7.77)	33.38 (± 8.03)
STAI-T	43.30 (± 5.80)	35.30 (± 7.73)	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.
ERQ-Unterdrückung	n.e.	n.e.	3.20 (± 1.43)	3.42 (± 1.14)	n.e.	n.e.
ERQ-Neubewertung	n.e.	n.e.	4.40 (± 0.82)	4.33 (± 1.20)	n.e.	n.e.
PANAS-Positiver Affekt	32.60 (± 4.28)	33.62 (± 6.08)	22.25 (± 14.52)	32.15 (± 7.83)	29.00 (± 5.06)	32.31 (± 7.85)
PANAS-Negativer Affekt	15.00 (± 7.03)	12.23 (± 2.00)	12.00 (± 2.00)	11.23 (± 1.54)	15.00 (± 3.36)	11.46 (± 3.02)
TAS-20	n.e.	n.e.	53.40 (± 10.62)	46.23 (± 9.18)	n.e.	n.e.

n.e. = nicht erhoben.

Beim Depressionsfragebogen lagen weder Patienten noch gesunde Kontrollen oberhalb des Cut-Off-Werts. Zwar unterschieden sich die Mittelwerte beider Gruppen an T1 und T3 deskriptiv, sie lagen jedoch nicht im klinisch auffälligen Bereich (*T1: Amyg-Pat. M = 6.40, SD = 2.30, GK M = 3.80, SD = 3.57; T3: Amyg-Pat. M = 8.25, SD = 2.87, GK = 2.85, SD = 3.18*).

Der STAI-S gibt Auskunft über die situational erlebte Angst. Die von Patienten und Probanden erzielten Werte vor und nach dem Eyetracking-Experiment sind wichtig, um den Einfluss von situationaler Angst auf verschiedene Testergebnisse und auch die Augenbewegungen untersuchen zu können. Da keine ausreichende Stichprobengröße existierte, ist eine Bewertung der gewonnenen Daten an dieser Stelle wenig sinnvoll.

Beim STAI-T, das den Trait Angst erfasst, erzielten die Patienten höhere Werte als die Kontrollen (*M = 43.30 vs. 35.30*). Bezogen auf die Emotionsregulationsstrategien unterschieden sich die beiden Gruppen

deskriptiv wenig voneinander und lagen im Normbereich der Skala, ebenso wie für die Skalen, die positives und negatives Affekterleben erfassten (Werte siehe Tabelle 41). Der Alexithymie-Fragebogen schließlich zeigte Unterschiede zwischen den Gruppen: Amygdala-Patienten konnten durch insgesamt höhere Werte auf dieser Skala charakterisiert werden ($M = 53.40$, $SD = 10.62$; $GK M = 46.23$, $SD = 9.18$). Bei Betrachtung der einzelnen Werte fiel auf, dass ein Patient den Cut-Off-Wert überschritt (*69 Punkte*) und zwei weitere Patienten im Bereich der Grauzone (*51-60 Punkte*) lagen. Fünf gesunden Kontrollen lagen mit ihren Ergebnissen ebenfalls im Bereich der Grauzone, so dass dies bei der Interpretation der Patientendaten berücksichtigt werden muss.

3.3.4 Diskussion

Studie drei erweitert die Befunde von Studien eins und zwei dahin gehend, dass Patienten mit akuter Amygdalaläsion im Vergleich mit gesunden Kontrollen bezogen auf Emotionserkennung, Augenbewegungen bei Betrachtung verschiedener Gesichtsausdrücke und bestimmter Fragebogen-Werte vergleichend betrachtet wurden.

So wurde gezeigt, dass Amygdala-Patienten an beiden Testzeitpunkten die Emotion Angst nur in etwa 45 % der Trials richtig erkannten, was deutlich unterhalb der Rate der gesunden Kontrollen lag (Rate von 70 % an beiden Erhebungszeitpunkten). Die unilaterale Exstirpation der Amygdala führte an T3 dazu, dass bei drei der fünf Patienten die Emotion Angst schlechter erkannt wurde als zu T1.

Desweiteren wurde festgestellt, dass die Amygdala-Patienten nicht nur bezogen auf die Erkennung von Angst deutlich schlechter abschnitten als die gesunden Kontrollen, sondern auch bei der Erkennung von Ekel und Trauer. Hervorzuheben ist, dass diese Differenzen zwischen den Gruppen bereits zu T1 bestanden, d.h. vor der Amygdala-Exstirpation der Patienten. Bei der Erkennung angeekelter Ausdrücke wurde bei den Amygdala-Patienten prozentual jedoch zu T3 eine Verbesserung der Rate festgestellt, die von Trauer dagegen blieb konstant reduziert.

Diese schon vor der Operation bestehenden Unterschiede könnte dadurch erklärt werden, dass das Gewebe bereits vor der Operation zerstört war und somit keine mit gesunden Personen vergleichbare Leistung erzielt werden konnte. Bei der Operation wurde das geschädigte Gewebe vollständig reseziert, was den läsionierten Bereich vergrößerte und vereinzelte, u.U. noch

intakte Faserverbindungen zu anderen Strukturen trennte, was individuelle Leistungsabnahmen bei bestimmten Emotionen erklären könnte. So reduzierte sich nach der Operation die Erkennungsleistung von Angst und Trauer bei drei der fünf Patienten.

Nach Wissen der Autorin existieren keine Studien, die die Emotionserkennung aller Basisemotionen bei Patienten vor und nach einer Resektion der Amygdala untersuchen. Zwar gibt es ein paar Studien, die Emotionserkennung prä- und postoperativ untersuchen, allerdings ist bei diesen nur eine kleine Auswahl an Emotionskategorien untersucht (meist Angst, Freude und Ärger) (Bonelli et al., 2009; Hlobil et al., 2008; Sanz-Martin et al., 2006). Ferner sind bei Hlobil et al. (2008) postoperativ andere Patienten erhoben worden als präoperativ, was die Aussagekraft der Studie mit kleiner Fallzahl limitiert. Die Studie von Hlobil et al. (2008) konnte ferner keine Veränderungen nach rechtsseitiger anteromesialer temporaler Lobektomie in der Erkennungsleistung von Angst feststellen bei Sanz-Martin et al. (2006) wurde, wie bei drei Patienten der hier beschriebenen Studie, dagegen eine postoperative Verschlechterung der Angst-Erkennung berichtet.

Insgesamt sind die erhaltenen Ergebnisse zur Emotionserkennung der Amygdala-Patienten zu T3 in Übereinstimmung mit der Literatur chronischer Amygdala-Patienten. So fanden zahlreiche Studien Defizite in der Erkennung von Angst (Adolphs, Tranel, Damasio und Damasio, 1995; Anderson und Phelps, 2000; Anderson, Spencer, Fulbright und Phelps, 2000; Broks, Young, Maratos, Coffey, Calder, Isaac, Mayes, Hodges, Montaldi, Cezayirli, Roberts und Hadley, 1998; Calder, Young, Perrett, Etcoff und Rowland, 1996; Sprengelmeyer, Young, Schroeder, Grossenbacher, Federlein, Buttner und Przuntek, 1999; Young, Aggleton, Hellowell, Johnson, Broks und Hanley, 1995) und Trauer (Anderson, Spencer, Fulbright und Phelps, 2000; Meletti, Benuzzi, Cantalupo, Rubboli, Tassinari und Nichelli, 2009; Meletti, Benuzzi, Nichelli und Tassinari, 2003; Schmolck und Squire, 2001). Bei den meisten der genannten Studien wurden allerdings Patienten mit bilateraler Amygdalaläsion eingeschlossen. Unilaterale Läsionen haben demgegenüber zu schwächeren Defiziten in der Emotionserkennung geführt (Adolphs, Tranel und Damasio, 2001; Anderson, Spencer, Fulbright und Phelps, 2000; Meletti, Benuzzi, Cantalupo, Rubboli, Tassinari und Nichelli, 2009). Dies kann als eine der Hauptursachen gewertet werden, warum in vielen Studien statistische Signifikanz meist nur in großen Stichproben erreicht wird und warum nicht bei allen Patienten in der hier durchgeführten Studie Veränderungen gefunden wurden.

Ein Aspekt, der in diesem Kontext aufgrund der geringen Stichprobengröße der hier beschriebenen Studie angesprochen werden muss, ist die mögliche Varianz der Emotionserkennung selbst innerhalb eines Patienten. So stellten Phelps et al. einen Patienten vor der eine bilaterale Amygdalaläsion aufwies (Phelps, LaBar, Anderson, O'Connor, Fulbright und Spencer, 1998). Dieser Patient wurde an zwei Zeitpunkten mit zwei ähnlichen Aufgaben zur emotionalen Gesichtserkennung getestet (lediglich die Anzahl der Stimuluswiederholungen unterschied sich) und zeigte unterschiedliche Beeinträchtigungen. Bei der ersten Untersuchung waren die Erkennung von Angst, Ekel, Trauer und Wut beeinträchtigt (Adolphs, Tranel, Hamann, Young, Calder, Phelps, Anderson, Lee und Damasio, 1999), während er bei der zweiten Testung Beeinträchtigungen bei Angst, Ekel Trauer und Freude zeigte (Anderson und Phelps, 2000).

Die Beobachtung, dass die Patienten der durchgeführten Studie nach der Operation prozentual betrachtet bei der Erkennung einiger Emotionen (Ärger, Ekel, Überraschung, Freude) besser wurden, könnte in diesem Kontext interpretiert werden, da solche Verbesserungen auch auf Seiten der gesunden Kontrollen festgestellt wurden. Dazu kommt das Argument, dass zwar alle Patienten drei Monate nach dem operativen Eingriff getestet wurden, dennoch nicht davon ausgegangen werden kann, dass der Genesungsprozess für alle gleichermaßen verlief. Eine häufigere Testung, z.B. sechs Monate, 12 Monate und mehrere Jahre nach der Operation, wäre sinnvoll, um die Stabilität der Erkennungsrate bewerten zu können.

Ferner wurde deskriptiv gezeigt, dass die Erkennung angstvoller Gesichtsausdrücke bei den Amygdala-Patienten mit reduzierten Fixationen auf der Augenregion im Vergleich mit den Kontrollen einherging. Dieser Unterschied war bereits präoperativ festzustellen. Wurden die Fixationen auf der Augenregion in Abhängigkeit von der korrekten oder falschen Gesichtererkennung analysiert, so wurde festgestellt, dass einige Patienten selbst bei korrekter Angsterkennung keine einzige Fixation auf die Augenregion lenkten, was bei keinem einzigen Kontrollprobanden auftrat. Zu T3 war außerdem eine Reduktion der Fixationsanzahl bei falsch erkannten angstvollen Gesichtern im Vergleich mit korrekt erkannten von -20 % zu konstatieren.

Eine Untersuchung der jeweiligen Fixationsanzahl für alle präsentierten Emotionskategorien konnte zeigen, dass im Vergleich mit gesunden Kontrollen die Fixationen auf den Augen generell, d.h. unabhängig von Antwortkorrektheit reduziert waren. Allerdings war diese Beobachtung wiederum bereits schon vor der Amygdala-Exstirpation anzutreffen. Nach Smith et al. gibt es neben dem

neutralen Gesichtsausdruck zwei weitere, bei denen die Augen der wichtigste Indikator für das erfolgreiche Erkennen sind: Angst und Trauer (Smith, Cottrell, Gosselin und Schyns, 2005). Diese beiden Emotionen sind auch genau die, bei denen die Erkennungsrate einiger der hier untersuchten Patienten beeinträchtigt war. Ein Fehlen von Fixationen auf der Augenregion könnte die Befunde somit erklären.

Ein weiterer interessanter Beleg, der die Plausibilität der gewonnenen Daten unterstützt, stammt von einer Studie mit Autisten (wie unter 2.3 beschrieben, zeigen auch diese Patienten Beeinträchtigungen in der Emotionserkennung) und Gesunden, bei denen in Abhängigkeit von der Fixationsdauer auf der Augenregion eine positive Korrelation mit Amygdala-Aktivität gefunden wurde (Dalton et al., 2005).

Eine vergleichende Betrachtung der medianen Fixationsdauer auf den AOI über alle Emotionen hinweg zeigte bei Patienten wider Erwarten eine selektive Zunahme der Fixationsdauer für die Augenregion um 31 ms, die bei Betrachtung angstvoller Gesichter um 53 ms anstieg. Die Fixationsdauern für Nase, Mund und Rest des Bildes dagegen sanken. Bei den gesunden Kontrollen demgegenüber war zwar auch eine Zunahme der medianen Fixationsdauern auf den Augen an T3 zu finden, allerdings erstreckte sich diese auch über alle anderen AOI hinweg und war somit nicht selektiv für die Augenregion wie bei den Patienten. Es scheint, als ob die Amygdala-Patienten die verlängerte mediane Fixationsdauer an T3 als Ausgleich für die reduzierte Fixationshäufigkeit auf der Augenregion, im Sinne einer unbewussten kompensatorischen Strategie, verwenden. So war prozentual, wie bereits berichtet, in der Tat keine prozentuale Verschlechterung der Angst-Erkennungsrate von T1 zu T3 festzustellen, wobei aber angemerkt werden muss, dass drei der fünf Patienten im Verlauf schlechter wurden und zwei Patienten sich verbesserten. Somit hielt kein Patient trotz verlängerter medianer Fixationsdauer sein Erkennungsniveau von T1 bei.

Bisher gibt es erst eine Studie mit einer Patientin, S.M., bei der die Augenbewegungen bei Emotionserkennung untersucht wurden. S.M. hat eine chronische bilaterale Amygdalaläsion und weist ein selektives Defizit in der Angsterkennung auf. Mit Hilfe von verschiedenen Experimenten konnten Adolphs et al. (2005) zeigen, dass die beeinträchtigte Emotionserkennung vermutlich damit begründet werden kann, dass keinerlei Informationen aus der Augenregion genutzt werden, um die Emotion zu erkennen. Unabhängig von der zu bearbeitenden Aufgabe, initiierte die Patientin keinerlei spontane Fixationen auf die Augen. Wie auch bei den hier untersuchten Patienten, war

dieser Effekt über alle Emotionen hinweg zu finden. Als mögliche Erklärung für dieses perzeptuelle Defizit geben die Autoren an, dass die Patientin keinen Mechanismus besitzt, der entscheidet, welche Region des Gesichts mit Vorzug zu explorieren ist, um die Emotion erfolgreich zu erkennen (Adolphs, 2007). Dieser fehlende Mechanismus steht mit den fehlenden spontanen Fixationen auf den Augen in engem Zusammenhang und konnte auch in realen Gesprächssituationen gefunden werden (Spezio, Huang, Castelli und Adolphs, 2007).

Interessanterweise war es möglich die Angsterkennung der Patientin (zumindest kurzfristig) zu reaktivieren, indem sie explizit gebeten wurde die Augen der gezeigten Gesichter zu betrachten. Diese Beobachtung unterstreicht die selektive Beeinträchtigung auf der perzeptuellen Ebene der Emotionserkennung und schließt einen Einfluss von gestörtem Gedächtnisabruf aus (zur theoretischen Unterscheidung der Wahrnehmung und des Erkennens siehe Kapitel 2.2.1). Wenn die Instruktion vergessen war, fiel die Patientin in ihr gewohntes Verhalten zurück und zeigte keine spontanen Fixationen auf den Augen. Leider wurde eine solche direkte Anweisung der Betrachtung der Augen bei der Emotionserkennung den untersuchten Patienten nicht gegeben. Dieser Punkt sollte jedoch in zukünftige Studien aufgenommen werden, um zu prüfen, ob nicht nur die defizitäre Erkennung von Angst, sondern auch von Trauer dadurch normalisiert werden kann.

Des Weiteren konnte in Übereinstimmung mit den Befunden aus Studie zwei bei den gesunden Probanden gezeigt werden, dass die mittlere Fixationsanzahl je Emotionskategorie von T1 zu T3 wenig variierte, unabhängig davon ob eine Woche oder drei Monate zwischen den Testungen lagen. Die Gesichter schienen noch nicht bekannt genug zu sein, als dass Familiarität die Augenbewegungen beeinflusst hätte (Heisz und Shore, 2008). Bei den Amygdala-Patienten demgegenüber schien sich dieses automatisierte Betrachtungsverhalten insgesamt verändert zu haben: der prozentuale Anteil der Fixationen auf der Augenregion veränderte sich nicht nur von T1 zu T3 (wie bereits erörtert), sondern auch der zwischen den einzelnen Gesichtsausdrücken. So war die mittlere Fixationsanzahl auf angstvolle und überraschte Gesichter zu T1 höher als zu T3, während die von Trauer zu T3 höher ausfiel als zu T1. Interessanterweise stand die reduzierte Fixationsanzahl bei Angst in Verbindung mit einer schlechteren Erkennungsrate. Bei Trauer war der gegenläufige Effekt zu beobachten: mehr Fixationen und bessere Erkennung. Ein solcher Zusammenhang war für die Emotion Überraschung nicht zu finden. Weitere Daten von Amygdala-Patienten

und von klinischen Kontrollen sind nötig, um eine adäquate Diskussion der Befunde zu ermöglichen.

Wie im theoretischen Teil dieser Arbeit angeklungen (Kapitel 2.6), gibt es unterschiedliche Annahmen darüber, ob und wenn ja welche Hemisphäre des Gehirns hauptsächlich für die Verarbeitung emotionaler Gesichter verantwortlich ist. In einer Meta-Analyse wurde diese Fragestellung jüngst untersucht und es konnte gezeigt werden, dass die an der fazialen Gesichtsverarbeitung beteiligten Strukturen bilateral aktiviert waren, u.a. die bilaterale Amygdala (Fusar-Poli, Placentino, Carletti, Allen, Landi, Abbamonte, Barale, Perez, McGuire und Politi, 2009). Jedoch konnte herausgestellt werden, dass es eine valenzspezifische Lateralisation des Gehirns für die Verarbeitung negativer Emotionen in der linken Amygdala gab (Fusar-Poli, Placentino, Carletti, Allen, Landi, Abbamonte, Barale, Perez, McGuire und Politi, 2009). Vier der fünf getesteten Amygdala-Patienten der hier beschriebenen Studie wiesen allerdings rechtsseitige Läsionen auf und zeigten sich dennoch in der Erkennung von Angst und Trauer beeinflusst. Dieser Befund warnt davor, die Hemisphären-Dominanz als allgemeingültige Aussage zu verstehen und weist vielmehr darauf hin, was für ein komplexes neuronales Netzwerk dem Prozess der fazialen Emotionserkennung zugrunde liegt.

Bezogen auf die Augenbewegungen kann die durchgeführte Studie einen wichtigen Beitrag zur Forschung mit Amygdala-Patienten leisten, indem sie nachweist, dass selbst bei Patienten mit unilateralen (mehrheitlich rechtsseitigen) Amygdalaläsionen der gesunde Gesichtsexplorations-Mechanismus, der die Augenregion mit einschließt, beeinträchtigt sein kann. Diese Schädigung war bei einigen Patienten bereits präoperativ festzustellen und führte dazu, dass Emotionen, deren wichtigstes Erkennensmerkmal die Augen sind (Angst und Trauer), nicht mehr so gut erkannt werden konnten wie von entsprechenden Kontrollprobanden.

Potentielle Verbesserungsmöglichkeiten und Erweiterungen der durchgeführten Studie bestehen darin, dass verschiedene Durchgänge der Emotionserkennung mit unterschiedlichen Instruktionen hätten erfolgen können (implizite Emotionserkennung, passive Betrachtung, Bewertung der Ausdrucksintensität bei gemorphten Gesichtern, offenes vs. geschlossenes Antwortformat bei der expliziten Erkennung, direkte Instruktion an die Amygdala-Patienten auch die Augenregion der Gesichter zu betrachten, Präsentation von Basisemotionen sowie sekundären Emotionen etc.), um die Ergebnisse diesbezüglich weitergehend zu analysieren. Allerdings muss immer die reduzierte Belastbarkeit der Patienten besonders unmittelbar vor und nach

der Operation berücksichtigt werden, weshalb in der durchgeführten Studie auf die genannten Erweiterungen verzichtet wurde.

Zudem wurde gezeigt, dass begrenzte Betrachtungszeit die Leistung des Amygdala-Patienten zusätzlich reduziert, da vermutlich die angewendeten Kompensationsstrategien, die zeitintensiver sind als das automatische Erkennen, nicht mehr eingesetzt werden konnten (Graham, Devinsky und Labar, 2007). Eine Variation der Betrachtungsdauern wäre daher näher zu analysieren. Ferner könnten verschiedene Stimuli und Betrachtungsbedingungen eingesetzt werden: statische versus dynamische Gesichter in schwarz-weiß oder bunt, Fotos von Gesichtern versus Avatare, unterschiedliche Größe der Stimuli, verschiedene versus gleiche Stimuli je Erhebungszeitpunkt usw. Zweifelsfrei ist die ökologische Validität dieser Studie limitiert, da im realen Leben kaum einzelne Gesichtsausdrücke der Basisemotionen anhand einer statischen Präsentation bewertet werden. Vielmehr ist es notwendig in komplexen sozialen Settings über schnell wechselnde, dynamische mimische Signale und im Zusammenspiel mit Körpersprache und Stimmlage das Emotionserleben des Gegenübers unbewusst einzuschätzen und darauf angemessen zu reagieren.

Eine longitudinale Verlaufsuntersuchung mit Patienten mit unterschiedlichem Erkrankungsalter, die sich von einer präoperativen Testung über eine unmittelbare Testung nach der Operation bis einige Jahre danach erstreckt und in der neben Emotionserkennung auch Augenbewegungen, verschiedene Fragebögen zum Emotionserleben und zur Persönlichkeit sowie einheitliche Sequenzen bildgebender Verfahren eingesetzt werden, wäre wünschenswert. Auf diese Weise könnten die Auswirkungen der Läsionen im Verlauf optimal dokumentiert werden und strukturelle Veränderungen des Gehirns mit postoperativen affektiven Folgen in Verbindung gebracht werden. Zusätzlich sollte weiter erforscht werden, ob und wenn ja wie sich die Defizite in der Emotionserkennung außerhalb des Labors auf das soziale Leben der Patienten auswirken. Eine Beteiligung von Familienmitgliedern in der Verlaufsstudie wäre erstrebenswert. Ein erster Nachweis, der belegt, dass Patienten mit Amygdalaläsion in Gesprächssituationen den Blickkontakt mit ihrem Gegenüber meiden, d.h. auch hier die Augenregion nicht betrachten, wurde bereits erbracht (Spezio, Huang, Castelli und Adolphs, 2007). Desweiteren sollte bei Amygdala-Patienten untersucht werden, ob das Defizit der fazialen Emotionserkennung auch in anderen Bereichen der Emotionserkennung zu Beeinträchtigungen führt. Z.B. stellt sich die Frage, ob sich Defizite auch auf Erkennung von emotionaler Körpersprache oder Stimmlage etc. übertragen

lassen. So belegt eine aktuelle bildgebende Studie zwar die Beteiligung der Amygdala auch bei der Erkennung emotionaler Körpersprache (van de Riet, Grèzes und de Gelder, 2009), in einer Untersuchung bei zwei Patienten mit bilateraler Amygdalaläsion wurde allerdings keine Beeinträchtigung der Erkennensleistung festgestellt (Atkinson et al., 2007).

Neben dem richtigen Erkennen von emotionalen Signalen gehört zur gelungenen sozialen Interaktion natürlich auch das angemessene Senden solcher Signale. Wie verhält sich dies bei Patienten mit unilateraler und bilateraler Amygdalaläsion? Eine einzige Studie konnte trotz beeinträchtigtem Emotionserkennen bei einem Patienten keine Defizite beim Senden emotionaler Signale feststellen (Anderson und Phelps, 2000). Weitere Forschung ist somit nötig, um das Ausmaß der Beeinträchtigung von Amygdala-Patienten auf den verschiedenen Ebenen der Emotionsverarbeitung zu beschreiben und entsprechende therapeutische Maßnahmen zu entwickeln.

4 Abschließende Diskussion und Ausblick

4.1 Zusammenfassende Diskussion

Die Wahrnehmung und Interpretation des emotionalen Zustands einer anderen Person ist wesentlicher Bestandteil der sozialen Kommunikation und Interaktion. Bei diesem meist unbewusst ablaufenden Prozess spielen die Ausdruckskomponenten des Gegenübers eine tragende Rolle. In der vorliegenden Arbeit wurde die Wahrnehmung des mimischen Gesichtsausdrucks in drei Studien untersucht, um neuronale und psychophysiologische Korrelate der Emotionsverarbeitung spezifizieren zu können. Neben funktioneller Magnetresonanztomographie (fMRT) und Eyetracking wurden Raten der Emotionserkennung von gesunden Probanden und Patienten mit Amygdalaläsion erfasst sowie verschiedene Fragebögen und Tests zu Persönlichkeit und Emotionserleben eingesetzt.

Primärer Anlass für die Durchführung der Studien war der Umstand, dass in der Literatur keine Angaben darüber zu finden waren, wie unterschiedliche emotionale Gesichtsausdrücke bei der Emotionserkennung visuell erfasst werden. Zwar existieren Arbeiten, die zeigen, welche Regionen eines Gesichts bei welcher Emotion am meisten Informationsgehalt für die richtige Ausdruckserkennung liefern (Smith, Cottrell, Gosselin und Schyns, 2005), allerdings wurden dabei emotionsspezifische Charakteristika des Betrachtungsprozesses nicht berücksichtigt. Ferner wurde gezeigt, dass die Betrachtung eines neutralen Gesichts mit einem typischen dreieckigen Betrachtungsmuster einhergeht (mit den meisten Fixationen auf Augen, gefolgt von Mund und Nase) (Groner, Walder und Groner, 1984; Mazurski und Bond, 1993; Walker-Smith, Gale und Findlay, 1977). Für einzelne Basisemotionen fehlte eine solche Beschreibung, obwohl die Studie von Green, Williams und Davidson (2003) zeigte, dass Unterschiede in Augenbewegungen bei der Betrachtung bedrohlicher versus nicht-bedrohlicher Emotionen bestehen und dass verschiedene Krankheitsbilder bzw. Gehirn-Läsionen das normale Betrachtungsverhalten verändern können (Garner, Mogg und Bradley, 2006; Horley, Williams, Gonsalvez und Gordon, 2004; Mogg, Millar und Bradley, 2000; Spezio, Adolphs, Hurley und Piven, 2007; Williams, Loughland, Green, Harris und Gordon, 2003). So kann eine Amygdalaläsion zu defizitärem

Erkennen negativer Emotionen, besonders von Angst, führen – das Augenbewegungs-Muster einer Patientin ergab dabei Hinweise auf ein eingeschränktes Explorationsverhalten während der Betrachtung (Adolphs, Gosselin, Buchanan, Tranel, Schyns und Damasio, 2005).

Vor diesem Hintergrund wurde in der vorliegenden Arbeit zunächst der wissenschaftliche Nachweis erbracht, dass Augenbewegungen die Beteiligung emotionsassoziierter Gehirnregionen bei der Gesichtsverarbeitung signifikant verstärken (Studie eins). Desweiteren wurde erstmalig die Existenz distinkter visueller Betrachtungsmuster bei der expliziten Erkennung von mimisch kodierten Basisemotionen geprüft (Studie zwei). In einer dritten Studie wurden schließlich die Betrachtungsmuster von Patienten mit unilateraler Amygdalaläsion im Vergleich mit Gesunden während der Emotionserkennung analysiert. Diese Studie zeichnet sich vor allem dadurch aus, dass die Amygdala-Patienten prä- und postoperativ untersucht wurden, was erlaubte akute individuelle Veränderungen der Performanz zu beschreiben, welches in dieser Form bisher in keiner Studie erfolgte.

Im Folgenden werden die drei durchgeführten Studien und ihre Ergebnisse zusammengefasst dargestellt und kurz diskutiert. In einem anschließenden Abschnitt werden die Studien-übergreifenden Ergebnisse präsentiert und erörtert.

In der ersten Studie wurden psychophysiologische und neuronale Korrelate der emotionalen Gesichtsbetrachtung untersucht. Es sollte herausgefunden werden, ob Augenbewegungen im Vergleich zur fixierten Betrachtung die neuronale Gesichtsverarbeitung verändern und ob Augenbewegungen zu einer höheren Beteiligung emotionsassoziierter Gehirnstrukturen führen als bei fixiertem Blick. Außerdem sollte mittels Eyetracking geprüft werden, ob emotionsspezifische Augenbewegungsparameter ermittelt werden können.

Die fMRT-Ergebnisse belegen, dass sowohl unter explorativer wie auch unter fixierter Betrachtung Strukturen des Gesichtsverarbeitungs-Netzwerks aktiviert wurden. Diese unterschieden sich jedoch in Abhängigkeit von der Betrachtungsbedingung. Ein Vergleich von emotionalen Gesichtern mit neutralen Gesichtern dagegen konnte zeigen, dass in emotionsassozierten Strukturen der Gesichtsverarbeitung (FFA, vmPFC) nur unter Exploration und nicht unter Fixation signifikante Unterschiede vorlagen. Vergleiche zwischen den einzelnen Emotionen mit der neutralen Bedingung ergaben auch nur unter Exploration signifikante Aktivierungen in FFA, Insula und vmPFC.

Einzelvergleiche zwischen den Emotionen in Abhängigkeit vom Betrachtungsmodus ergaben in den a-priori definierten Regionen lediglich unter Fixation für Freude im Vergleich mit Ekel linksseitige Insula-Aktivierungen.

Diese Befunde unterstützen die Annahme, dass Augenbewegungen zu erhöhten Aktivierungen in emotionsassoziierten Gehirnstrukturen bei der Betrachtung emotionaler im Vergleich mit neutralen Gesichtsausdrücken führen. Emotionsbezogene Aktivierungsunterschiede bestanden dabei in den a-priori definierten Strukturen in nur äußerst geringem Umfang.

Die Amygdala war lediglich beim Vergleich der Gesichter mit der Kontrollbedingung sowohl unter Exploration wie auch Fixation aktiviert; emotionsspezifische Aktivierungsunterschiede wurden nicht gefunden, d.h. die Amygdala reagierte Valenz-unabhängig auf die gezeigten Gesichter, was für die Rolle der Amygdala als Salienz-Detektor spricht (Adolphs, 2007; Fitzgerald, Angstadt, Jelsone, Nathan und Phan, 2006; Whalen, 1999). Dieser Aspekt wird im Verlauf der Diskussion an späterer Stelle erneut aufgegriffen.

Bezogen auf die Frage nach emotionsspezifischen Augenbewegungen konnte diese Studie die postulierte Hypothese nicht bestätigen. Unter zusätzlicher Berücksichtigung der Areas of Interest (AOI) wurde für Fixationsanzahl und mediane Fixationsdauer der Hauptfaktor AOI (mit den Stufen: Augen, Nase, Mund) signifikant. Demnach wurden die Augen am häufigsten und längsten betrachtet, der Mund am wenigsten und kürzesten.

Zwei Erklärungen sollten bei der Ergebnis-Interpretation bedacht werden. Von Bedeutung ist zum einen, dass die Probanden die Gesichter nicht unter der Fragestellung der expliziten Emotionserkennung betrachten sollten, sondern die Aufgabe hatten das Geschlecht des Darstellers zu erkennen (der Grund für diese Instruktion ist unter 3.1.4 ausführlich erläutert und diskutiert). So ist anzunehmen, dass sich in Abhängigkeit der Instruktion Augenbewegungen verändern können. Schyns, Bonnar und Gosselin (2002) zeigten zudem, dass bei Geschlechter-Diskriminationsaufgaben verstärkt die Augen der Person betrachtet werden, während bei der Emotions-Unterscheidung verstärkt der Mund betrachtet wird.

Eine zweite Ursache könnte in der geringen statistischen Power der zugrunde liegenden Eyetracking-Daten liegen. Aufgrund der beiden unterschiedlichen Betrachtungsbedingungen (Fixation versus Exploration) und insgesamt einschränkender Voraussetzung des fMRT-Paradigmas konnten nur drei Emotionskategorien samt neutraler Bedingung untersucht werden. Zusätzlich mussten viele Trials aufgrund unsauberer Eyetracking-Daten (hervorgerufen

durch unzuverlässige Kalibrierung) und Daten von Falsch-Antworten aus der Analyse ausgeschlossen werden. Dies lieferte u.a. Anlass dazu, das Set an präsentierten Emotionen in Studie zwei und drei zu erhöhen: alle Basisemotionen und neutrale Gesichter sollten betrachtet werden und zwar mit der Instruktion der expliziten Emotionserkennung.

In der zweiten Studie wurde somit die explizite Erkennung mimisch kodierter Basisemotionen und neutraler Ausdrücke bei Gesunden untersucht. Im Abstand von einer Woche wurde den Probanden dasselbe Stimulusmaterial noch einmal gezeigt, um zu prüfen, ob sich Augenbewegungen, Erkennungsrate oder Reaktionsgeschwindigkeit von T1 bei wiederholter Betrachtung verändern oder zeitstabil sind.

Als wichtigsten Befund gilt es heraus zu stellen, dass sich Augenbewegungen bei der Betrachtung neutraler im Vergleich mit emotionalen Gesichtern in der Tat signifikant unterschieden. Neutrale Gesichtsbetrachtung zeichnete sich durch weniger Fixationen mit längerer medianer Fixationsdauer aus. Sogar innerhalb der verschiedenen Emotionen konnten signifikante Unterschiede für die Fixationsanzahl gefunden werden: Angstvolle Gesichter riefen die meisten Fixationen mit der insgesamt längsten Summe der Betrachtungsdauer hervor, fröhliche Gesichter die wenigsten Fixationen mit der insgesamt kürzesten Betrachtungsdauer. Für die drei AOI fanden sich sowohl für Fixationsanzahl wie auch für mediane Fixationsdauer und für die Summe der Fixationsdauern signifikante Unterschiede: So wurden die Augen am häufigsten und längsten betrachtet, der Mund am wenigsten und kürzesten. Die nähere Betrachtung der Fixationsverteilungen in Abhängigkeit von Emotion und AOI differenzierte signifikant zwischen den Emotionen. So wurde der Mund als die Region ermittelt, die am eindeutigsten zwischen bestimmten Emotionen unterschied, was durch bestehende Literatur bestätigt wird (Schyns, Bonnar und Gosselin, 2002).

Ein Vergleich der beiden Erhebungszeitpunkte (Abstand: eine Woche) zeigte keinerlei signifikante Effekte für die verschiedenen Augenbewegungsparameter. Dies spricht für einen relativ zeitstabilen automatisierten Prozess der emotionalen Gesichtsbetrachtung. Eine solche Annahme scheint zusammen mit dem Wissen, dass das Ausdrücken und Erkennen von Basisemotionen angeboren und universal ist, plausibel. Für die Betrachtung eines neutralen Ausdrucks wurde das typische dreieckige Muster bereits mehrfach beschrieben (Groner, Walder und Groner, 1984; Mazurski und Bond, 1993; Walker-Smith, Gale und Findlay, 1977). Leichte Variationen dieses Musters mit mehr Fixationen von kürzerer Dauer und ausgeprägten

Unterschieden bei der Betrachtung der Mundregion scheinen mit der Betrachtung und expliziten Emotionserkennung emotionaler Gesichtsausdrücke verbunden zu sein. Wie verschiedene psychophysiologische Studien mittels ereigniskorrelierter Potentiale und Magnetenzephalographie zeigten, erfolgt die emotionale Ausdruckserkennung schon bis zu 80 ms nach Stimulus-Onset, was schneller ist als die Detektion und Kategorisierung vieler anderer Objekte (eine Übersicht über Studien, die den zeitlichen Verlauf der Emotionserkennung untersuchen, liefern Palermo und Rhodes (2007)). Wenn man eine minimale Fixationsdauer von 50 ms zugrunde legt, wird deutlich, dass die Ingangsetzung des emotionsspezifischen Betrachtungsprozesses zeitnah zum Stimulus-Onset beginnt und auf den ersten gesammelten Informationen basieren muss. Dem Prinzip der Ökonomie entsprechend wäre es somit vorteilhaft, wenn der Mensch automatisierte Betrachtungsmuster anwenden würde. Wodurch ein solcher emotionsspezifischer Prozess getriggert wird, kann aufgrund der durchgeführten Studie allerdings nicht beantwortet werden. Neben der Analyse der ersten Fixation (die in dieser Studie in knapp 37 % der Fälle zuerst auf die Augen gelenkt wurde) bedarf es weiterer klassifizierender Parameter, z.B. Informationen über erste Sakkaden-Amplitude, Geschwindigkeit der Sakkadenausführung etc., die nur mit einem hoch-auflösenden Eyetracker zu untersuchen sind.

Eine zusätzliche Alternative, um mehr Informationen über den automatisch ablaufenden, emotionsspezifischen Betrachtungsprozess zu gewinnen, stellt die Untersuchung von Patienten dar, deren Emotionserkennung beeinträchtigt ist.

Dies erfolgte in Studie drei mit Patienten, die vor und nach einer unilateralen Amygdala-Exstirpation untersucht wurden. Ihre Emotionserkennungs-Performanz sowie die Augenbewegungen bei Betrachtung der verschiedenen Gesichtsausdrücke wurden aufgezeichnet. Die getesteten Amygdala-Patienten zeigten bereits vor der Amygdala-Exstirpation deutlich schlechtere Erkennungsleistungen als gesunde Kontrollen für die Emotionen Angst und Trauer. Postoperativ konnte bei jeweils drei der fünf Patienten eine Reduktion der Erkennungsleistung bei den gerade genannten Emotionen festgestellt werden. Die Untersuchung der Fixationsanzahl bei der Betrachtung angstvoller Gesichter erbrachte, dass die Patienten die Augenregion an beiden Erhebungszeitpunkten nur halb so häufig betrachteten wie gesunde Kontrollen. Selbst bei korrekt erkannten Gesichtern gab es Patienten, die keine einzige Fixation auf die Augen richteten, was bei keinem der Kontrollprobanden zu

beobachten war. Nach der Operation sank die Anzahl der Fixationen auf der Augenregion, allerdings nur bei falsch erkannten Gesichtern, um über 20 %.

Eine Analyse der Fixationsanzahl auf den Augen über alle Emotionen hinweg konnte bestätigen, dass diese Region von den Patienten prä- wie postoperativ etwa halb so häufig betrachtet wurde wie von gesunden Kontrollen. Wider Erwarten wurde bei den Patienten jedoch eine Verlängerung der medianen Fixationsdauer auf der Augenregion über alle Emotionen und bei Betrachtung von angstvollen Gesichtern im Speziellen festgestellt. Für alle anderen AOI zeigten die Patienten eine Abnahme der medianen Fixationsdauer, was die Spezifität der Augenregion betont. So kann spekuliert werden, dass diese spezifische Verlängerung der medianen Fixationsdauer an T3 auf den Augen die Reduktion der Fixationshäufigkeit kompensieren sollte. Bei der Betrachtung und Bewertung angstvoller Gesichter war in der Tat keine prozentuale Reduktion der Erkennungsrate festzustellen gewesen (obwohl drei der fünf Patienten im Verlauf schlechter wurden).

Die gesammelten Daten sind mit der bisher veröffentlichten Literatur gut vereinbar (Adolphs et al., 2005; Spezio, Huang, Castelli und Adolphs, 2007) und erweitern die Befunde um konkrete Daten zu Augenbewegungsparametern. Ferner können sie zeigen, dass selbst bei unilateraler Läsion (bei vier der fünf Patienten rechtsseitig) starke Beeinträchtigungen in der Emotionserkennung und gravierende Abweichungen von den Augenbewegungen gesunder Kontrollen prä- wie postoperativ zu finden waren. Nichts desto trotz muss darauf hingewiesen werden, dass die Daten aufgrund der geringen Stichprobengröße nur deskriptiv ausgewertet werden konnten und wichtige konfundierende Variablen (Dauer der Erkrankung, Medikamenteneinnahme, Läsionsort, Ausmaß der Läsion etc.) keine Berücksichtigung finden konnten (siehe dazu z.B. Meletti (2009)).

Welche Studien-übergreifenden Aussagen können über die mimisch kodierte Emotionserkennung formuliert werden? Alle Studien zeigten, dass die Gesichtsverarbeitung ein komplexer Prozess ist, der innerhalb kürzester Zeit abläuft. Dieser Prozess scheint in Abhängigkeit von der betrachteten Emotion bezogen auf die Augenbewegungen zu variieren, dagegen aber bei wiederholter Betrachtung stabil zu sein. Es konnten emotionsspezifische Unterschiede in den Fixationsanzahlen, der medianen Fixationsdauer und der Summe der Fixationsdauern gefunden und die Augenregion als die Region bestätigt werden, die bei der korrekten Emotionserkennung insgesamt am längsten betrachtet wird. Ferner ergaben die Daten der gesunden Probanden in allen drei Studien, dass die Häufigkeitsverteilung von Fixationen auf der

Nase höher war als auf dem Mund, was im Gegensatz steht zu den Befunden bei Betrachtung neutraler Gesichtsausdrücke (Walker-Smith, Gale und Findlay, 1977). Die Studien zur expliziten Emotionserkennung (Studien zwei und drei) zeigten für gesunde Probanden ferner, dass die Emotion Angst am wenigsten gut erkannt wurde und im Vergleich mit den anderen Emotionen mit der höchsten Fixationsanzahl bedacht wurde. Bei freudigen Gesichtern war das Gegenteil der Fall. Diese Emotion wurde von allen Probanden am besten erkannt und wurde durch die geringste Fixationsanzahl charakterisiert. Dieser übergreifende Befund steht im Einklang mit Studien zur Erkennungsrate (Ekman, Sorenson und Friesen, 1969; Palermo und Coltheart, 2004) und erweitert diese um die Beobachtung, dass sich der Schwierigkeitsgrad der Erkennung in den Augenbewegungen niederschlägt, so dass einfach zu erkennende Emotionen im Gegensatz zu schwierigen weniger häufig fixiert werden müssen. Ferner ist die erhöhte Fixationszahl bei der Betrachtung angstvoller Gesichter auch im Kontext der evolutionären Entwicklung zu sehen. Das korrekte Erkennen von Angst als Hinweis auf eine Gefahrensituation ist für das Überleben des Individuums wichtiger, weshalb eine größere Wachsamkeit im Betrachtungsmuster zu finden ist (siehe dazu ausführlicher Green, Williams und Davidson (2003)).

Dass der Prozess der Emotionserkennung allerdings auch beeinträchtigt sein kann, demonstrierte Studie drei. Einige der Amygdala-Patienten mit unilateraler Amygdalaläsion zeigten spezifische Defizite in der Erkennung von Angst und Trauer. Die Analyse der Eyetracking-Daten zeigte, dass die Patienten die Augenregion aller betrachteten Gesichter weniger häufig und insgesamt weniger lange betrachteten als eine gesunde Kontrollgruppe. Dieser Befund kann das Erkennens-Defizit erklären, da die Augen für die Erkennung von Angst und Trauer am informativsten sind (Smith, Cottrell, Gosselin und Schyns, 2005).

Die gewonnenen Ergebnisse aus Studien eins und drei gehen über die Valenzbasierte Verarbeitungsfunktion der Amygdala hinaus und sprechen für eine noch grundlegendere, salienzspezifische Funktion (Adolphs, 2008; Whalen, 1999). In den fMRT-Daten wurde kein signifikanter Unterschied der Amygdala-Reaktion auf die verschiedenen Gesichtsausdrücke gemessen, auch nicht für neutrale Gesichter im Vergleich zu emotionalen. Ferner zeigten die Patienten mit Amygdalaläsion nach der Operation deutliche Einbußen im Erkennen einiger negativer Emotionen und beachtetten die saliente Gesichtsregion Auge unabhängig von der gezeigten Emotion wenig bis gar nicht. Dieser Befund basiert vermutlich nicht auf der visuoperzeptuellen Unfähigkeit die

Informationen von den Augen zu verarbeiten, sondern in einem durch die Amygdalaläsion hervorgerufenem Defekt das visuelle System auf saliente Informationen zu richten, diese aufmerksam zu betrachten und für die Emotionserkennung zu nutzen (Adolphs, Gosselin, Buchanan, Tranel, Schyns und Damasio, 2005).

Dennoch gab es auch innerhalb der Studien einige, nur schwer miteinander zu vereinbarende Ergebnisse. So zeigten die gesunden Probanden der Studie zwei zum zweiten Erhebungszeitpunkt bei allen Gesichtsausdrücken bis auf Angst, eine schlechtere Erkennensleistung als zu Erhebungszeitpunkt eins. Bei den gesunden Kontrollen der Studie drei dagegen wurde zu T2 und T3 keine einzige Emotion schlechter erkannt. Möglicherweise steht der Befund der Studie zwei mit der insgesamt kürzeren Reaktionszeit an T2 in Verbindung, die Reaktionszeiten bei den Gesunden der Studie drei waren über die Testzeitpunkte nicht signifikant verschieden.

Als ein weiterer Aspekt konnte kein in allen drei Studien wiederkehrendes individuelles Betrachtungsmuster für jede der Basisemotionen gefunden werden. Womit kann das erklärt werden? Was die Übertragbarkeit der Ergebnisse der drei Studien insgesamt einschränkt, ist zum einen die Tatsache, dass in Studie eins die implizite Emotionserkennung und in den anderen beiden Studien die explizite untersucht wurde. Ferner wurde in Studie zwei ein anderes Stimulusmaterial verwendet als in Studie drei (schwarz-weiße Karolinska-Stimuli gegenüber farbigen Ekman-Gesichtern). Desweiteren wurden damit einhergehend unterschiedliche Methoden zur AOI-Definition gewählt (bei Studien eins und zwei wurden dieselben AOI-Koordinaten für jeden Stimulus gewählt, bei Studie drei wurden je Stimulus individuelle AOI definiert). Ein dritter Punkt, der zu berücksichtigen ist, besteht darin, dass nur bei Studie zwei eine gleichmäßige Anzahl von Männern und Frauen eingeschlossen wurde. Neueste Forschung zeigt auf, dass geschlechtsspezifische Unterschiede in Augenbewegungen bei der Betrachtung emotionaler Gesichter bestehen (Vasallo, Cooper und Douglas, 2009). Abschließend sind die unterschiedlichen Altersgruppen besonders von Studie eins und zwei im Vergleich zu Studie drei zu nennen. Auch für das Alter wurden unterschiedliche Betrachtungsmuster bei der Gesichtsbetrachtung aufgedeckt (Sullivan, Ruffman und Hutton, 2007). Aus all den genannten Gründen können die erhobenen Augenbewegungsmuster der drei Studien nur unter Vorbehalt miteinander verglichen und vor allem generalisiert werden.

4.2 Ausblick

An solch kritische Anmerkungen muss sich die Frage anschließen, wie Studien in Zukunft idealerweise die Thematik der Emotionserkennung behandeln sollten und wie der Übertragbarkeit der Ergebnisse auf reale soziale Interaktion Rechnung getragen werden kann.

Zunächst liegt auf der Hand, dass der Einsatz statischer Bilder die ökologische Validität per se beschneidet. Statische Bilder verschiedener Gesichtsausdrücke sind wenig mit der alltäglichen Situation der mimischen Emotionserkennung vergleichbar (Atkinson und Adolphs, 2005). Im wirklichen Leben muss diese aus dynamischen, schnell wechselnden Gesichtsausdrücken erschlossen werden. Ferner ist der Kopf des Gegenübers nicht immer frontal zugewendet und eine Erwidern des Blicks durch das Gegenüber erfolgt. Außerdem gibt es zusätzliche Hinweise durch den Kontext (Körpersprache, Mimik, situationale Bedingungen) und eine explizite verbale Benennung des gesehenen Ausdrucks ist im täglichen Miteinander auch nicht von Nöten, sondern vielmehr eine komplexe soziale Beurteilung. Der Einsatz von kurzen Filmausschnitten, bei denen eine Person in unterschiedlichen Kontexten gezeigt wird, die den Betrachter mal direkt fixiert und mal den Blick abwendet, würde die ökologische Validität etwas erhöhen (Sato et al., 2010), ist jedoch, aufgrund von verschiedenen zusätzlichen Einflussgrößen, auch deutlich schwieriger zu interpretieren.

Wenn jedoch statische Bilder verwendet werden sollen, sollte darauf geachtet werden, dass die Stimuli eine einheitliche AOI-Definition erlauben. Zusätzliche, durch Morphing variierende Intensitäten des Emotionsausdrucks würden die Differenzierbarkeit der Ergebnisse besonders bei den Patienten ermöglichen (Graham, Devinsky und Labar, 2007). Wie viel Emotionsintensität braucht ein Proband bzw. ein Patient zur korrekten Bewertung der Emotion?

Um den emotionsspezifischen Betrachtungsmechanismus, der in den durchgeführten Studien nur in Ansätzen erfasst wurde, erschöpfender verstehen zu können, müssen weitere Studien mit häufigeren Betrachtungszeitpunkten eingesetzt werden und weitere Augenbewegungsparameter, wie beispielsweise die Sakkadenamplitude, mit einem hoch-auflösenden Eyetracker innerhalb der ersten Betrachtungssekunde untersucht werden. Es gilt ferner zu klären, ob die Betrachtungsmuster zeitlich konstant sind und ob sie sich bei der Betrachtung emotionaler Gesichtsausdrücke unbekannter Personen im Vergleich mit bekannten Personen unterscheiden. Außerdem sollte dem Aspekt der

Universalität von Augenbewegungen über Kulturen hinweg nachgegangen werden (Blais et al., 2008).

Die Ergebnisse von Patienten-Studien werden durch eine Vielzahl an Faktoren beeinflusst. Dazu zählen neben der Art der Erkrankung auch der Läsionsort, das Ausmaß der Läsion, Medikation, Alter, Geschlecht, Erkrankungsalter sowie die Schwere der Erkrankung (Meletti, Benuzzi, Cantalupo, Rubboli, Tassinari und Nichelli, 2009). Die präsentierten Stichprobengrößen in vielen Studien sind meist sehr klein und weisen hohe inter- und auch intrapersonale Varianz auf. Wenn Forscher sich auf ein gemeinsames Stimulus-Set einigen könnten und bestimmte Rahmenbedingungen ihrer Experimente konstant halten würden (z.B. Instruktion, Dauer der Stimuluspräsentation etc.), wäre die Vergleichbarkeit der Ergebnisse deutlich verbessert. Dabei sollte, wenn möglich, immer eine kombinierte Anwendung verschiedener Methoden erfolgen, z.B. neben dem Einsatz von Eyetracking auch fMRT, da man trotz visueller Betrachtung nicht sicherstellen kann, ob der Proband oder Patient die fixierte Stelle wahrgenommen bzw. kognitiv verarbeitet hat (Boraston und Blakemore, 2007).

In den letzten Jahren hat eine Veränderung der Bewertung von Emotionen stattgefunden. Emotionen werden nicht mehr nur als Beiwerk oder zusätzlicher Luxus des Gehirns verstanden (Damasio, 1994). Forscher konnten vielmehr zeigen, dass Emotionen einen wesentlichen Einfluss auf Kognition ausüben und Aufmerksamkeit und perzeptuelle Wahrnehmung, besonders in der Phase der Enkodierung, beeinflussen (siehe dazu Reviews von Dolan (2002), Pessoa (2008) und Phelps (2006)). Selbstverständlich können neuronale und psychophysiologische Mechanismen von Emotion und Kognition unabhängig voneinander untersucht werden. Doch, so betont Pessoa (2008) in seiner Arbeit nachdrücklich, seien Emotion und Kognition nur in geringem Umfang trennbar und eine nicht-modulare Unterscheidung in der wissenschaftlichen Forschung zu bevorzugen. Die in dieser Arbeit beschriebenen Studien unterstreichen die Interdependenzen beider Systeme und demonstrieren anschaulich die Gewinnung von umfassenderem Verständnis, wie z.B. dass die defizitäre Erkennung bestimmter Emotionen bei Patienten mit Amygdalaläsion auf einer beeinträchtigten perzeptuellen Wahrnehmung beruht oder dass bei der Emotionserkennung signifikant verschiedene Betrachtungsmuster zum Einsatz kommen.

Die verstärkte interdisziplinäre Erarbeitung und Integration von Wissen auf dem Gebiet der Emotionsverarbeitung wird auch in Zukunft für Psychologen, Psychiater, Neurobiologen, Informatiker und Forscher vieler anderer

Fachrichtungen wichtig bleiben und es vielleicht eines Tages ermöglichen, gezielte Therapien für Patienten mit Defiziten in der Emotionserkennung anbieten zu können. Neben der relativ etablierten Therapie für Autisten gibt es erste Ansätze für Patienten mit Schädel-Hirn-Trauma, bei denen gezeigt wurde, dass viele negative Folgen des Emotionserkennungs-Defizits, wie soziale Isoliertheit und Probleme, in der Interaktion im Familienkreis reduziert werden können (Bornhofen und McDonald, 2008).

Auch bei der Durchführung der Studien zu dieser Arbeit, insbesondere bei den Vor- und Nachgesprächen mit Amygdala-Patienten, wurde oft deutlich, wie sehr wir im Alltag auf eine verlässliche Emotionserkennung angewiesen sind, wie schwer jedoch Probleme diagnostizierbar sind, die mit einer pathologischen Emotionswahrnehmung in Zusammenhang stehen und wie wenig wir wissen, um solche Krankheitsbilder physiologisch und psychologisch erfolgreich zu therapieren. Der in dieser Arbeit herausgestellte Zusammenhang von Augenbewegungen mit dem Einfluss der Amygdala auf unser Emotionserkennen scheint hierbei ein erheblicher Faktor zu sein, der in zukünftigen Arbeiten weitergehend untersucht werden sollte.

5 Literaturverzeichnis

- Abler, B. und Kessler, H. (2009): Emotion Regulation Questionnaire – Eine deutschsprachige Fassung des ERQ von Gross und John, in: *Diagnostica* (Band 55), Nr. 3, Seite 9.
- Adams, R. B., Jr.; Gordon, H. L.; Baird, A. A.; Ambady, N. und Kleck, R. E. (2003): Effects of gaze on amygdala sensitivity to anger and fear faces, in: *Science* (Band 300), Nr. 5625, Seite 1536.
- Adelman, P. K. und Zajonc, R. B. (1989): Facial efference and the experience of emotion, in: *Annual Review of Psychology* (Band 40), Seite 249-280.
- Adolphs, R. (1999): The human amygdala and emotion, in: *Neuroscientist* (Band 5), Seite 125-137.
- Adolphs, R. (2002): Recognizing emotion from facial expressions: Psychological and neurological mechanisms, in: *Behavioral and Cognitive Neuroscience Reviews* (Band 1), Nr. 1, Seite 21-62.
- Adolphs, R. (2003): Cognitive neuroscience of human social behaviour, in: *Nature Reviews Neuroscience* (Band 4), Nr. 3, Seite 165-78.
- Adolphs, R. (2007): Looking at other people: mechanisms for social perception revealed in subjects with focal amygdala damage, in: *Novartis Foundation Symposium* (Band 278), Seite 146-59; discussion 160-4, 216-21.
- Adolphs, R. (2008): Fear, faces, and the human amygdala, in: *Current Opinion in Neurobiology* (Band 18), Nr. 2, Seite 166-72.
- Adolphs, R.; Damasio, H.; Tranel, D. und Damasio, A. R. (1996): Cortical systems for the recognition of emotion in facial expressions, in: *The Journal of Neuroscience* (Band 16), Nr. 23, Seite 7678-87.
- Adolphs, R.; Gosselin, F.; Buchanan, T. W.; Tranel, D.; Schyns, P. und Damasio, A. R. (2005): A mechanism for impaired fear recognition after amygdala damage, in: *Nature* (Band 433), Nr. 7021, Seite 68-72.
- Adolphs, R.; Russell, J. A. und Tranel, D. (1999): A role for the human amygdala in recognizing emotional arousal from unpleasant stimuli, in: *Psychological Science* (Band 10), Seite 167-171.
- Adolphs, R. und Tranel, D. (1999): Preferences for visual stimuli following amygdala damage, in: *Journal of Cognitive Neuroscience* (Band 11), Nr. 6, Seite 610-6.
- Adolphs, R. und Tranel, D. (2000): Emotion recognition and the human amygdala, Aggleton, J.P., in: *The amygdala. A functional analysis* Seite 587–630, Oxford University Press, New York.
- Adolphs, R. und Tranel, D. (2003): Amygdala damage impairs emotion recognition from scenes only when they contain facial expressions, in: *Neuropsychologia* (Band 41), Nr. 10, Seite 1281-9.

- Adolphs, R.; Tranel, D. und Buchanan, T. W. (2005): Amygdala damage impairs emotional memory for gist but not details of complex stimuli, in: *Nature Neuroscience* (Band 8), Nr. 4, Seite 512-8.
- Adolphs, R.; Tranel, D. und Damasio, A. R. (1998): The human amygdala in social judgment, in: *Nature* (Band 393), Nr. 6684, Seite 470-4.
- Adolphs, R.; Tranel, D. und Damasio, H. (2001): Emotion recognition from faces and prosody following temporal lobectomy, in: *Neuropsychology* (Band 15), Seite 396-404.
- Adolphs, R.; Tranel, D.; Damasio, H. und Damasio, A. (1994): Impaired recognition of emotion in facial expressions following bilateral damage to the human amygdala, in: *Nature* (Band 372), Nr. 6507, Seite 669-72.
- Adolphs, R.; Tranel, D.; Damasio, H. und Damasio, A. R. (1995): Fear and the human amygdala, in: *The Journal of Neuroscience* (Band 15), Nr. 9, Seite 5879-91.
- Adolphs, R.; Tranel, D.; Hamann, S.; Young, A. W.; Calder, A. J.; Phelps, E. A.; Anderson, A.; Lee, G. P. und Damasio, A. R. (1999): Recognition of facial emotion in nine individuals with bilateral amygdala damage, in: *Neuropsychologia* (Band 37), Nr. 10, Seite 1111-7.
- Aggleton, J. (2000): *The amygdala. A functional analysis*, Oxford University Press, New York.
- Allport, F. H. (1924): *Social psychology*, Houghton Mifflin, Boston.
- Althoff, R. R und Cohen, N. J. (1999): Eye-movement based memory effect: A reprocessing effect in face perception, in: *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition* (Band 25), Seite 997–1010.
- Anderson, A. K.; Christoff, K.; Panitz, D.; De Rosa, E. und Gabrieli, J. D. (2003): Neural correlates of the automatic processing of threat facial signals, in: *The Journal of Neuroscience* (Band 23), Nr. 13, Seite 5627-33.
- Anderson, A. K. und Phelps, E. A. (2000): Expression without recognition: contributions of the human amygdala to emotional communication, in: *Psychological Science* (Band 11), Nr. 2, Seite 106-11.
- Anderson, A. K.; Spencer, D. D.; Fulbright, R. K. und Phelps, E. A. (2000): Contribution of the anteromedial temporal lobes to the evaluation of facial emotion, in: *Neuropsychology* (Band 14), Seite 526-536.
- Asghar, A.U.; Chiu, Y. C.; Hallam, G.; Liu, S.; Mole, H.; Wright, H. und Young, A. W. (2008): An amygdala response to fearful faces with covered eyes., in: *Neuropsychologia* (Band 9), Nr. 46, Seite 2364-70.
- Atkinson, A. P. und Adolphs, R. (2005): Visual emotion perception: mechanisms and processes, Feldman-Barrett, L.; Niedenthal, P. M. und Winkielman, P, in: *Emotion and consciousness*, Guilford Press, New York.
- Atkinson, A. P.; Heberlein, A. S. und Adolphs, R. (2007): Spared ability to recognise fear from static and moving whole-body cues following

- bilateral amygdala damage, in: *Neuropsychologia* (Band 45), Nr. 12, Seite 2772-82.
- Bach, M.; Bach, D.; deZwaan, M.; Serim, M. und Bohmer, F. (1996): Validation of the German version of the 20-item Toronto Alexithymia Scale in normal adults and psychiatric inpatients, in: *Psychotherapie, Psychosomatik, Medizinische Psychologie* (Band 46), Nr. 1, Seite 23-28.
- Bagby, R. M.; Parker, J. D. A. und Taylor, G. J. (1994): The twenty-item Toronto Alexithymia Scale-I. Item selection and cross-validation of the factor structure, in: *Journal of Psychosomatic Research* (Band 38), Seite 23-32.
- Bandettini, P. A.; Wong, E. C.; Hinks, R. S.; Tikofsky, R. S. und Hyde, J. S. (1992): Time course EPI of human brain function during task activation, in: *Magnetic Resonance in Medicine* (Band 25), Seite 390-397.
- Barrett, L. F.; Bliss-Moreau, E.; Duncan, S. L.; Rauch, S. L. und Wright, C. I. (2007): The amygdala and the experience of affect, in: *Social Cognitive and Affective Neuroscience* (Band 2), Seite 73–83.
- Bassili, J. N. (1979): Emotion recognition: the role of facial movement and the relative importance of upper and lower areas of the face, in: *Journal of Personality and Social Psychology* (Band 37), Nr. 11, Seite 2049-58.
- Baudouin, J. Y.; Gilibert, D.; Sansone, S. und Tiberghien, G. (2000): When the smile is a cue to familiarity, in: *Memory* (Band 8), Nr. 5, Seite 285-292.
- Beaver, J. D.; Lawrence, A. D.; Passamonti, L. und Calder, A. J. (2008): Appetitive motivation predicts the neural response to facial signals of aggression, in: *The Journal of Neuroscience* (Band 28), Nr. 11, Seite 2719-25.
- Beck, A. T.; Ward, C. H.; Mendelson, M.; Mock, J. und Erbaugh, J. (1961): An inventory for measuring depression, in: *Archives of General Psychiatry* (Band 4), Seite 561–571.
- Benton, A. L. und Allen, M. W. (1968): Impairment in facial recognition in patients with cerebral disease, in: *Transactions of the American Neurological Association* (Band 93), Seite 38-42.
- Benuzzi, F.; Meletti, S.; Zamboni, G.; Calandra-Buonaura, G.; Serafini, M. ; Lui, F. und Baraldi, P. (2004): Impaired fear processing in right mesial temporal sclerosis: a fMRI study, in: *Brain Research Bulletin* (Band 63), Seite 269–281.
- Bishop, S. J.; Duncan, J. und Lawrence, A. D. (2004): State anxiety modulation of the amygdala response to unattended threat-related stimuli, in: *The Journal of Neuroscience* (Band 24), Nr. 46, Seite 10364-8.
- Blair, R. J. und Curran, H. V. (1999): Selective impairment in the recognition of anger induced by diazepam, in: *Psychopharmacology* (Band 147), Nr. 3, Seite 335-8.
- Blair, R. J. R. (2003): Neurobiological basis of psychopathy, in: *British Journal of Psychiatry* (Band 182), Seite 5-7.

- Blais, C.; Jack, R. E.; Scheepers, C.; Fiset, D. und Caldara, R. (2008): Culture shapes how we look at faces, in: PLoS ONE (Band 3), Nr. 8, Seite e3022.
- Bodamer, J. (1947): Die Prosopagnosie, in: Archiv für Psychiatrie und Nervenkrankheiten (Band 179), Seite 6–54.
- Bonelli, S. B.; Powell, R.; Yogarajah, M.; Thompson, P. J.; Symms, M. R.; Koeppe, M. J. und Duncan, J. S. (2009): Preoperative amygdala fMRI in temporal lobe epilepsy, in: Epilepsia (Band 50), Nr. 2, Seite 217-27.
- Boraston, Z. und Blakemore, S. J. (2007): The application of eye-tracking technology in the study of autism, in: Journal of Physiology (Band 581), Nr. Pt 3, Seite 893-8.
- Bornhofen, C. und McDonald, S. (2008): Emotion perception deficits following traumatic brain injury: a review of the evidence and rationale for intervention, in: Journal of the International Neuropsychological Society (Band 14), Nr. 4, Seite 511-25.
- Boucher, J. D. und Ekman, P. (1975): Facial areas and emotional information, in: Journal of Communication (Band 25), Nr. 2, Seite 21-9.
- Boucsein, K.; Weniger, G.; Mursch, K.; Steinhoff, B. J. und Irle, E. (2001): Amygdala lesion in temporal lobe epilepsy subjects impairs associative learning of emotional facial expressions, in: Neuropsychologia (Band 39), Seite 231-236.
- Breen, N.; Craine, D. und Coltheart, M. (2000): Models of face recognition and delusional misidentification: a critical review, in: Cognitive Neuropsychology (Band 17), Nr. 1, Seite 55-71.
- Breiter, H. C.; Etcoff, N. L.; Whalen, P. J.; Kennedy, W. A.; Rauch, S. L.; Buckner, R. L.; Strauss, M. M.; Hyman, S. E. und Rosen, B. R. (1996): Response and habituation of the human amygdala during visual processing of facial expression, in: Neuron (Band 17), Nr. 5, Seite 875-87.
- Breiter, H. C.; Rauch, S. L.; Kwong, K. K.; Baker, J. R.; Weisskoff, R. M.; Kennedy, D. N.; Kendrick, A. D.; Davis, T. L.; Jiang, A.; Cohen, M. S.; Stern, C. E.; Belliveau, J. W.; Baer, L.; O'Sullivan, R. L.; Savage, C. R.; Jenike, M. A. und Rosen, B. R. (1996): Functional magnetic resonance imaging of symptom provocation in obsessive-compulsive disorder, in: Archives of General Psychiatry (Band 53), Nr. 7, Seite 595-606.
- Broks, P.; Young, A. W.; Maratos, E. J.; Coffey, P. J.; Calder, A. J.; Isaac, C. L.; Mayes, A. R.; Hodges, J. R.; Montaldi, D.; Cezayirli, E.; Roberts, N. und Hadley, D. (1998): Face processing impairments after encephalitis: amygdala damage and recognition of fear, in: Neuropsychologia (Band 36), Nr. 1, Seite 59-70.
- Bruce, V.; Burton, A. M.; Hanna, E.; Healey, P.; Mason, O.; Coombes, A.; Fright, R. und Linney, A. (1993): Sex discrimination: how do we tell the difference between male and female faces?, in: Perception (Band 22), Nr. 2, Seite 131-52.

- Bruce, V. und Young, A. (1986): Understanding face recognition, in: *British Journal of Psychology* (Band 77 (Pt 3)), Seite 305-27.
- Buck, R. (1984): *The communication of emotion*, Guilford Press, New York.
- Calder, A. J.; Burton, A. M.; Miller, P.; Young, A. W. und Akamatsu, S. (2001): A principal component analysis of facial expressions, in: *Vision Research* (Band 41), Nr. 9, Seite 1179-208.
- Calder, A. J.; Keane, J.; Lawrence, A. D. und Manes, F. (2004): Impaired recognition of anger following damage to the ventral striatum, in: *Brain* (Band 127), Nr. Pt 9, Seite 1958-69.
- Calder, A. J.; Keane, J.; Manes, F.; Antoun, N. und Young, A. W. (2000): Impaired recognition and experience of disgust following brain injury, in: *Nature Neuroscience* (Band 3), Nr. 11, Seite 1077-8.
- Calder, A. J.; Young, A. W.; Keane, J. und Dean, M. (2000): Configural information in facial expression perception, in: *Journal of Experimental Psychology. Human Perception and Performance* (Band 26), Nr. 2, Seite 527-51.
- Calder, A. J.; Young, A. W.; Perrett, D. I.; Ectoff, N. L. und Rowland, D. (1996): Categorical perception of morphed facial expressions, in: *Visual Cognition* (Band 3), Seite 81-117.
- Canli, T.; Qiu, M.; Omura, K.; Congdon, E.; Haas, B. W.; Amin, Z.; Herrmann, M. J.; Constable, R. T. und Lesch, K. P. (2006): Neural correlates of epigenesis, in: *Proceedings of the National Acadademy of Science of the United States of America* (Band 103), Nr. 43, Seite 16033-8.
- Carroll, J. M. und Russel, J. A. (1996): Do facial expressions signal specific emotions? Judging emotion from the face in context, in: *Journal of Personality and Social Psychology* (Band 70), Nr. 2, Seite 205-218.
- Chen, X. und Zelinsky, G. J. (2006): Real-world visual search is dominated by top-down guidance, in: *Vision Research* (Band 46), Seite 4118–4133.
- Cottrell, G. W.; Dailey, M. N.; Padgett, C. und Adolphs, R. (2001): Is all face processing holistic?, Wenger, M. J. und Townsend, J. T., in: *Computational geometrich and process perspectives on facial cognition* Seite 347-396, Lawrence Erlbaum, Mahwah, NJ.
- Coull, J. T.; Frith, C. D.; Buchel, C. und Nobre, A. C. (2000): Orienting attention in time: behavioural and neuroanatomical distinction between exogenous and endogenous shifts, in: *Neuropsychologia* (Band 38), Nr. 6, Seite 808-19.
- Craig, A. D. (2002): How do you feel? Interoception: the sense of the physiological condition of the body, in: *Nature Review. Neuroscience* (Band 3), Nr. 8, Seite 655-66.
- Critchley, H. D.; Wiens, S.; Rotshtein, P.; Oehman, A. und Dolan, R. J. (2004): Neural systems supporting interoceptive awareness, in: *Nature Neuroscience* (Band 7), Seite 189–195.
- Critchley, H.; Daly, E.; Phillips, M.; Brammer, M.; Bullmore, E.; Williams, S.; Van Amelsvoort, T.; Robertson, D.; David, A. und Murphy, D. (2000):

- Explicit and implicit neural mechanisms for processing of social information from facial expressions: a functional magnetic resonance imaging study, in: *Human Brain Mapping* (Band 9), Nr. 2, Seite 93-105.
- Csukly, G.; Czobor, P.; Simon, L. und Takacs, B. (2008): Basic emotions and psychological distress: association between recognition of facial expressions and Symptom Checklist-90 subscales, in: *Comprehensive Psychiatry* (Band 49), Nr. 2, Seite 177-83.
- Cunningham, D.; Kleiner, M.; Wallraven, C. und Bülthoff, H. (2005): Manipulating video sequences to determine the components of conversational facial expressions, in: *ACM Transactions on Applied Perception* (Band 2), Nr. 3, Seite 251-269.
- Dalton, K. M.; Nacewicz, B. M.; Johnstone, T.; Schaefer, H. S.; Gernsbacher, M. A.; Goldsmith, H. H.; Alexander, A. L. und Davidson, R. J. (2005): Gaze fixation and the neural circuitry of face processing in autism, in: *Nature Neuroscience* (Band 8), Nr. 4, Seite 519-26.
- Damasio, A. R. (1985): Disorders of complex visual processing: Agnosias, achromatopsia, Balint's syndrome, and related difficulties in orientation and construction, Mesulam, M.-M., in: *Principles of behavioural neurology* Seite 259–288, F. A. Davis, Philadelphia.
- Damasio, A. R. (1994): Descartes' error and the future of human life, in: *Scientific American* (Band 271), Nr. 4, Seite 144.
- Damasio, A. R. (1995): Toward a neurobiology of emotion and feeling: Operational concepts and hypotheses, in: *Neuroscientist* (Band 1), Nr. 19-25.
- Damasio, A. R. (1999): *The feeling of what happens: Body and emotion in the making of consciousness*, Harcourt Brace, New York.
- Damasio, A. R.; Damasio, H. und Van Hoesen, G. W. (1982): Prosopagnosia: anatomic basis and behavioral mechanisms, in: *Neurology* (Band 32), Nr. 4, Seite 331-41.
- Darwin, C (1872): *The expression of the emotions in man and animals*, 3rd. Auflage, Oxford University Press, New York.
- Davies, G.; Ellis, H. und Shepherd, J. (1977): Cue saliency in faces as assessed by the "Photofit" technique, in: *Perception* (Band 6), Nr. 3, Seite 263-269.
- de Gelder, B.; Teunisse, J.-P. und Benson, P. J. (1997): Categorical perception of facial expressions: Categories and their internal structure., in: *Cognition and Emotion* (Band 11), Seite 1-24.
- de Gelder, B.; Vroomen, J.; Purtois, G. und Weiskrantz, L. (1999): Non-conscious recognition of affect in the absence of striate cortex, in: *Neuroreport* (Band 10), Seite 3759-3763.
- Dekowska, M.; Kuniecki, M. und Jaskowski, P. (2008): Facing facts: neuronal mechanisms of face perception, in: *Acta Neurobiologiae Experimentalis* (Wars) (Band 68), Nr. 2, Seite 229-52.

- Demos, K. E.; Kelley, W. M.; Ryan, S. L.; Davis, F. C. und Whalen, P. J. (2008): Human amygdala sensitivity to the pupil size of others, in: *Cerebral Cortex* (Band 18), Nr. 12, Seite 2729-2734.
- Doherty, R. W. (1998): Emotional Contagion and Social Judgment, in: *Motivation and Emotion* (Band 22), Seite 187-209.
- Dolan, R. J. (2002): Emotion, cognition, and behavior, in: *Science* (Band 298), Nr. 5596, Seite 1191-4.
- Dretske, F. I. (1968): *Seeing and knowing*, Routledge & Kegan Paul, London.
- Drevets, W. C. und Raichle, M. E. (1998): Reciprocal suppression of regional cerebral blood flow during emotional versus higher cognitive processes: Implications for interactions between emotion and cognition, in: *Cognition & Emotion* (Band 12), Nr. 3, Seite 353–385.
- Edwards, J.; Jackson, H. J. und Pattison, P. E. (2002): Emotion recognition via facial expression and affective prosody in schizophrenia: a methodological review, in: *Clinical Psychology Review* (Band 22), Nr. 6, Seite 789-832.
- Ekman, P. (1962): An argument for basic emotions, in: *Cognition and Emotion* (Band 6), Seite 169-200.
- Ekman, P. (1973): *Darwin and facial expression; a century of research in review*, Academic Press, New York.
- Ekman, P. (1993): Facial expression and emotion, in: *The American Psychologist* (Band 48), Nr. 4, Seite 384-92.
- Ekman, P. (1994): Strong evidence for universals in facial expressions: a reply to Russell's mistaken critique, in: *Psychological Bulletin* (Band 115), Nr. 2, Seite 268-87.
- Ekman, P. und Davidson, R. J. (1993): Voluntary smiling changes regional brain activity, in: *Psychological Science* (Band 4), Seite 342-345.
- Ekman, P. und Friesen, W. (1976): *Pictures of Facial Affect*, Consulting Psychologists Press.
- Ekman, P. und Friesen, W. (1978): *Facial Action Coding System: A Technique for the Measurement of Facial Movement*, Consulting Psychologists Press, Palo Alto.
- Ekman, P.; Sorenson, E. R. und Friesen, W. V. (1969): Pan-cultural elements in facial displays of emotion, in: *Science* (Band 164), Nr. 875, Seite 86-8.
- Elster, A. D.; Link, K. M. und Carr, J. J. (1994): Patient screening prior to MR imaging: a practical approach synthesized from protocols at 15 U.S. medical centers, in: *American Journal of Roentgenology* (Band 162), Nr. 1, Seite 195-9.
- Engell, A. D.; Haxby, J. V. und Todorov, A. (2007): Implicit trustworthiness decisions: Automatic coding of face properties in the human amygdala, in: *Journal of Cognitive Neuroscience* (Band 19), Seite 1508–1519.

- Fairhall, S. L. und Ishai, A. (2007): Effective connectivity within the distributed cortical network for face perception, in: *Cerebral Cortex* (Band 17), Nr. 10, Seite 2400-6.
- Fitzgerald, D. A.; Angstadt, M.; Jelsone, L. M.; Nathan, P. J. und Phan, K. L. (2006): Beyond threat: amygdala reactivity across multiple expressions of facial affect, in: *Neuroimage* (Band 30), Nr. 4, Seite 1441-8.
- Frahm, J.; Bruhn, H.; Merboldt, K. D. und Hanicke, W. (1992): Dynamic MR imaging of human brain oxygenation during rest and photic stimulation, in: *Journal of Magnetic Resonance Imaging* (Band 2), Seite 501-505.
- Fraser, I. H.; Craig, G. L. und Parker, D. M. (1990): Reaction time measures of feature saliency in schematic faces, in: *Perception* (Band 19), Seite 661-673.
- Fridlund, A. J. (1994): *Human Facial Expression. An evolutionary view*, Academic Press Inc., San Diego.
- Friston, K. J.; Zarahn, E.; Josephs, O.; Henson, R. N. und Dale, A. M. (1999): Stochastic designs in event-related fMRI, in: *Neuroimage* (Band 10), Nr. 5, Seite 607-19.
- Fu, C. H.; Williams, S. C.; Cleare, A. J.; Scott, J.; Mitterschiffthaler, M. T.; Walsh, N. D.; Donaldson, C.; Suckling, J.; Andrew, C.; Steiner, H. und Murray, R. M. (2008): Neural responses to sad facial expressions in major depression following cognitive behavioral therapy, in: *Biological Psychiatry* (Band 64), Nr. 6, Seite 505-12.
- Fusar-Poli, P.; Placentino, A.; Carletti, F.; Allen, P.; Landi, P.; Abbamonte, M.; Barale, F.; Perez, J.; McGuire, P. und Politi, P. L. (2009): Laterality effect on emotional faces processing: ALE meta-analysis of evidence, in: *Neuroscience Letters* (Band 452), Nr. 3, Seite 262-7.
- Fusar-Poli, P.; Placentino, A.; Carletti, F.; Landi, P.; Allen, P.; Surguladze, S.; Benedetti, F.; Abbamonte, M.; Gasparotti, R.; Barale, F.; Perez, J.; McGuire, P. und Politi, P. (2009): Functional atlas of emotional faces processing: a voxel-based meta-analysis of 105 functional magnetic resonance imaging studies, in: *Journal of Psychiatry and Neuroscience* (Band 34), Nr. 6, Seite 418-32.
- Gallese, V. (2009): Motor abstraction: a neuroscientific account of how action goals and intentions are mapped and understood, in: *Psychology Research* (Band 73), Nr. 4, Seite 486-98.
- Gallese, V.; Fadiga, L.; Fogassi, L. und Rizzolatti, G. (1996): Action recognition in the premotor cortex, in: *Brain* (Band 119 (Pt 2)), Seite 593-609.
- Gallese, V. und Goldman, A. (1999): Mirror neurons and the simulation theory of mind-reading, in: *Trends in Cognitive Sciences* (Band 2), Seite 493-500.
- Garner, M.; Baldwin, D. S.; Bradley, B. P. und Mogg, K. (2009): Impaired identification of fearful faces in Generalised Social Phobia, in: *Journal of Affective Disorders* (Band 115), Nr. 3, Seite 460-5.

- Garner, M.; Mogg, K. und Bradley, B. P. (2006): Orienting and maintenance of gaze to facial expressions in social anxiety, in: *Journal of Abnormal Psychology* (Band 115), Nr. 4, Seite 760-70.
- Gaspar, C.; Sekuler, A. B. und Bennett, P. J. (2008): Spatial frequency tuning of upright and inverted face identification, in: *Vision Research* (Band 48), Nr. 28, Seite 2817-26.
- Gobbini, M. I. und Haxby, J. V. (2007): Neural systems for recognition of familiar faces, in: *Neuropsychologia* (Band 45), Nr. 1, Seite 32-41.
- Goeleven, E.; De Raedt, R.; Leyman, L. und Verschuere, B. (2008): The Karolinska Directed Emotional Faces: A validation study, Ghent University, Belgium.
- Goldman, A. I. und Sripada, C. S. (2005): Simulationist models of face-based emotion recognition, in: *Cognition* (Band 94), Seite 193–213.
- Golouboff, N.; Fiori, N.; Delalande, O.; Fohlen, M.; Dellatolas, G. und Jambaque, I. (2008): Impaired facial expression recognition in children with temporal lobe epilepsy: impact of early seizure onset on fear recognition, in: *Neuropsychologia* (Band 46), Nr. 5, Seite 1415-28.
- Gorno-Tempini, M. L.; Pradelli, S.; Serafini, M.; Pagnoni, G.; Baraldi, P.; Porro, C.; Nicoletti, R.; Umita, C. und Nichelli, P. (2001): Explicit and incidental facial expression processing: an fMRI study, in: *Neuroimage* (Band 14), Nr. 2, Seite 465-73.
- Gosselin, F. und Schyns, P. G. (2001): Bubbles: a technique to reveal the use of information in recognition tasks, in: *Vision Research* (Band 41), Nr. 17, Seite 2261-71.
- Graham, R.; Devinsky, O. und Labar, K. S. (2007): Quantifying deficits in the perception of fear and anger in morphed facial expressions after bilateral amygdala damage, in: *Neuropsychologia* (Band 45), Nr. 1, Seite 42-54.
- Green, M. J.; Williams, L. M. und Davidson, D. (2003): In the face of danger: specific viewing strategies for facial expression of threat?, in: *Cognition and emotion* (Band 17), Seite 779-786.
- Groner, R.; Walder, F. und Groner, M. (1984): Looking at faces: local and global aspects of scanpaths, Johnson, F. , in: *Theoretical and Applied Aspects of Eye Movement Research* Seite 523-533, Elsevier Science, North Holland, Amsterdam.
- Gross, J. J. und John, O. P. (2003): Individual differences in two emotion regulation processes: implications for affect, relationships, and well-being, in: *Journal of Personality and Social Psychology* (Band 85), Nr. 2, Seite 348-62.
- Haig, N. D. (1985): How faces differ - a new comparative technique, in: *Perception* (Band 14), Nr. 5, Seite 601-615.
- Haig, N. D. (1986): Exploring recognition with interchanged facial features, in: *Perception* (Band 15), Nr. 3, Seite 235-247.

- Hamann, S. B. und Adolphs, R. (1999): Normal recognition of emotional similarity between facial expressions following bilateral amygdala damage, in: *Neuropsychologia* (Band 37), Nr. 10, Seite 1135-41.
- Hamann, S. B.; Stefanacci, L.; Squire, L. R.; Adolphs, R.; Tranel, D.; Damasio, H. und Damasio, A. (1996): Recognizing facial emotion, in: *Nature* (Band 379), Nr. 6565, Seite 497.
- Hanawalt, N. G. (1944): The role of the upper and lower parts of the face as the basis for judging facial expression: II. In posed expressions and candid camera pictures, in: *The Journal of General Psychology* (Band 31), Seite 23-36.
- Hare, R. D. (1995): Psychopathy: theory, research and implications for society. An introduction, in: *Issues in Criminological and Legal Psychology* (Band 24), Seite 4-5.
- Hargrave, R.; Maddock, R. J. und Stone, V. (2002): Impaired recognition of facial expressions of emotion in Alzheimer's disease, in: *Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences* (Band 16), Seite 64–71.
- Harrison, N. A.; Singer, T.; Rothstein, P.; Dolan, R. J. und Critchley, H. D. (2006): Pupillary contagion: Central mechanisms engaged in sadness processing, in: *Social Cognitive and Affective Neuroscience* (Band 1), Seite 5-17.
- Hatfield, E.; Cacioppo, J. T. und Rapson, R. L. (1992): Primitive emotional contagion, in: *Review of Personal and Social Psychology* (Band 14), Seite 151-177.
- Hautzinger, M.; Bailer, M.; Worall, H. und Keller, F. (2000): Beck-Depressions-Inventar (BDI). Testhandbuch, 3. Auflage, Huber, Bern.
- Haxby, J. V. und Gobbini, M. I. (2007): The perception of emotion and social cues in faces, in: *Neuropsychologia* (Band 45), Nr. 1, Seite 1.
- Haxby, J. V.; Hoffman, E. A. und Gobbini, M. I. (2000): The distributed human neural system for face perception, in: *Trends in Cognitive Science* (Band 4), Nr. 6, Seite 223-233.
- Haxby, J. V.; Hoffman, E. A. und Gobbini, M. I. (2002): Human neural systems for face recognition and social communication, in: *Biological Psychiatry* (Band 51), Nr. 1, Seite 59-67.
- Heisz, J. J. und Shore, D. I. (2008): More efficient scanning for familiar faces, in: *Journal of Vision* (Band 8), Nr. 1, Seite 9 1-10.
- Henderson, J. M. (2003): Human gaze control during real-world scene perception, in: *Trends in Cognitive Sciences* (Band 7), Seite 498-504.
- Henderson, J. M.; Williams, C. C. und Falk, R. J. (2005): Eye movements are functional during face learning, in: *Memory & Cognition* (Band 33), Seite 98–106.
- Hennenlotter, A. und Schroeder, U. (2006): Partly dissociable neural substrates for recognizing basic emotions: a critical review, in: *Progress in Brain Research* (Band 156), Seite 443-56.

- Hernandez, N.; Metzger, A.; Magne, R.; Bonnet-Brilhault, F.; Roux, S.; Barthelemy, C. und Martineau, J. (2009): Exploration of core features of a human face by healthy and autistic adults analyzed by visual scanning, in: *Neuropsychologia* (Band 47), Nr. 4, Seite 1004-12.
- Hess, U. und Blairy, S. (2001): Facial mimicry and emotional contagion to dynamic emotional facial expressions and their influence on decoding accuracy, in: *International Journal of Psychophysiology* (Band 40), Nr. 129-141.
- Hill, H.; Bruce, V. und Akamatsu, S. (1995): Perceiving the sex and race of faces: the role of shape and colour, in: *Proceedings. Biological Sciences / The Royal Society* (Band 261), Nr. 1362, Seite 367-73.
- Hjortsjö, C.H: (1969): *Man's face and mimic language*, Studentlitteratur, Lund, Schweden.
- Hlobil, U.; Rathore, C.; Alexander, A.; Sarma, S. und Radhakrishnan, K. (2008): Impaired facial emotion recognition in patients with mesial temporal lobe epilepsy associated with hippocampal sclerosis (MTLE-HS): Side and age at onset matters, in: *Epilepsy Research* (Band 80), Nr. 2-3, Seite 150-7.
- Hoffman, E. A. und Haxby, J. V. (2000): Distinct representations of eye gaze and identity in the distributed human neural system for face perception, in: *Nature Neuroscience* (Band 3), Nr. 1, Seite 80-4.
- Hopf, H. C.; Muller-Forell, W. und Hopf, N. J. (1992): Localization of emotional and volitional facial paresis, in: *Neurology* (Band 42), Nr. 10, Seite 1918-23.
- Horley, K.; Williams, L. M.; Gonsalvez, C. und Gordon, E. (2004): Face to face: visual scanpath evidence for abnormal processing of facial expressions in social phobia, in: *Psychiatry Research* (Band 127), Nr. 1-2, Seite 43-53.
- Hsu, M.; Bhatt, M.; Adolphs, R.; Tranel, D. und Camerer, C. F. (2005): Neural systems responding to degrees of uncertainty in human decision-making, in: *Science* (Band 310), Seite 1680-1683.
- Iacoboni, M. (2009): Imitation, empathy, and mirror neurons, in: *Annual Review of Psychology* (Band 60), Seite 653-70.
- Iacoboni, M.; Woods, R. P.; Brass, M.; Bekkering, H.; Mazziotta, J. C. und Rizzolatti, G. (1999): Cortical mechanisms of human imitation, in: *Science* (Band 286), Nr. 5449, Seite 2526-8.
- Isaacowitz, D. M. (2006): Motivated gaze - The view from the gazer, in: *Current Directions in Psychological Science* (Band 15), Nr. 2, Seite 68-72.
- Ishai, A.; Pessoa, L.; Bickle, P. C. und Ungerleider, L. G. (2004): Repetition suppression of faces is modulated by emotion, in: *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* (Band 101), Nr. 26, Seite 9827-32.
- Ishai, A.; Schmidt, C. F. und Boesiger, P. (2005): Face perception is mediated by a distributed cortical network, in: *Brain Research Bulletin* (Band 67), Nr. 1-2, Seite 87-93.

- Itti, L. und Koch, C. (2000): A saliency-based search mechanism for overt and covert shifts of visual attention, in: *Vision Research* (Band 40), Seite 1489–1506.
- Izard, C. E. (1971): *The Face of Emotion*, Appleton-Century-Crofts, New York.
- Jack, R. E.; Blais, C.; Scheepers, C.; Schyns, P. G. und Caldara, R. (2009): Cultural confusions show that facial expressions are not universal, in: *Current Biology* (Band 19), Nr. 18, Seite 1543-8.
- Jackson, P. L.; Meltzoff, A. N. und Decety, J. (2005): How do we perceive the pain of others? A window into the neural processes involved in empathy, in: *Neuroimage* (Band 24), Seite 771–779.
- Jacobson, R. (1986): Disorders of facial recognition, social behaviour and affect after combined bilateral amygdalotomy and subcaudate tractotomy - a clinical and experimental study, in: *Psychological Medicine* (Band 16), Nr. 2, Seite 439-50.
- Jaencke, L. (1994): An EMG investigation of the coactivation of facial muscles during the presentation of affect-laden stimuli, in: *Journal of Psychophysiology* (Band 8), Nr. 1-10.
- Johnson, M. H. (2005): Subcortical face processing, in: *Nature Reviews Neuroscience* (Band 6), Seite 766–774.
- Johnston, P. J.; Stojanov, W.; Devir, H. und Schall, U. (2005): Functional MRI of facial emotion recognition deficits in schizophrenia and their electrophysiological correlates, in: *European Journal of Neuroscience* (Band 22), Nr. 5, Seite 1221-32.
- Johnstone, T.; Somerville, L. H.; Alexander, A. L.; Oakes, T. R.; Davidson, R. J.; Kalin, N. H. und Whalen, P. J. (2005): Stability of amygdala BOLD response to fearful faces over multiple scan sessions, in: *NeuroImage* (Band 25), Seite 1112–1123.
- Jones, L.; Harmer, C.; Cowen, P. und Cooper, M. (2008): Emotional face processing in women with high and low levels of eating disorder related symptoms, in: *Eating Behaviour* (Band 9), Nr. 4, Seite 389-97.
- Kanwisher, N. und Yovel, G. (2006): The fusiform face area: a cortical region specialized for the perception of faces, in: *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences* (Band 361), Nr. 1476, Seite 2109-28.
- Kawashima, R.; Sugiura, M.; Kato, T.; Nakamura, A.; Hatano, K.; Ito, K.; Fukuda, H.; Kojima, S. und Nakamura, K. (1999): The human amygdala plays an important role in gaze monitoring, in: *Brain* (Band 122), Seite 779–783.
- Kessler, H. (2001): *Entwicklung und Reliabilitätsstudie des FEEL-Tests*, Universität Ulm
- Kessler, H.; Bayerl, P.; Deighton, R. M. und Traue, H. C. (2002): Facially Expressed Emotion Labeling (FEEL): PC-gestützter Test zur Emotionserkennung, in: *Verhaltenstherapie und Verhaltensmedizin* (Band 23. JG.), Nr. 3, Seite 297-306.

- Kobayashi, H. und Koshima, S. (1997): Unique morphology of the human eye, in: *Nature* (Band 387), Seite 767-768.
- Kobayashi, H. und Koshima, S. (2001): Unique morphology of the human eye and its adaptive meaning: comparative studies on external morphology of the primate eye, in: *The Journal of Human Evolution* (Band 40), Seite 419-435.
- Koschack, J. (2008): Standardabweichung und Standardfehler; der kleine, aber feine Unterschied, in: *Zeitschrift für Allgemeine Medizin* (Band 84), Seite 258-260.
- Krohne, H. W.; Egloff, B.; Kohlmann, C.-W. und Tausch, A. (1996): Untersuchungen mit einer deutschen Version der "Positive and Negative Affect Schedule" (PANAS), in: *Diagnostica* (Band 42), Seite 139-156.
- Kwong, K. K.; Belliveau, J. W.; Chesler, D. A.; Goldberg, I. E.; Weisskoff, R. M.; Poncelet, B. P.; Kennedy, D. N.; Hoppel, B. E.; Cohen, M. S. und Turner, R. (1992): Dynamic magnetic resonance imaging of human brain activity during primary sensory stimulation, in: *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* (Band 89), Seite 5675-5679.
- Landis, T.; Regard, M.; Bliestle, A. und Kleihues, P. (1988): Prosopagnosia and agnosia for noncanonical views. An autopsied case, in: *Brain* (Band 111(Pt 6)), Seite 1287-97.
- Lane, R. D.; Sechrest, L.; Reidel, R.; Weldon, V.; Kaszniak, A. und Schwartz, G. E. (1996): Impaired verbal and nonverbal emotion recognition in alexithymia, in: *Psychosomatic Medicine* (Band 58), Nr. 3, Seite 203-10.
- Lang, P. J.; Bradley, M. M. und Cuthbert, B. N. (2005): International affective picture system (IAPS): Affective ratings of pictures and instruction manual. Technical Report A-6, University of Florida, Gainesville, FL.
- Lange, K.; Williams, L. M.; Young, A. W.; Bullmore, E. T.; Brammer, M. J.; Williams, S. C.; Gray, J. A. und Phillips, M. L. (2003): Task instructions modulate neural responses to fearful facial expressions, in: *Biological Psychiatry* (Band 53), Nr. 3, Seite 226-32.
- Laux, L.; Glanzmann, P.; Schaffner, P. und Spielberger, C.D. (1981): *Das State-Trait-Angstinventar (STAI) [State-Trait Anxiety Inventory]*. Beltz, Weinheim, Germany.
- Lavie, N. (2005): Distracted and confused?: Selective attention under load, in: *Trends in Cognitive Science* (Band 9), Nr. 2, Seite 75-82.
- Lehrl, S. (1977): *Der Mehrfachwahlwortschatztest MWT-B*, Straube, Erlangen.
- Leppänen, J. M. (2006): Emotional information processing in mood disorders: a review of behavioral and neuroimaging findings, in: *Current Opinion in Psychiatry* (Band 19), Nr. 1, Seite 34-39.
- Levenson, R. W.; Ekman, P. und Friesen, W. V. (1990): Voluntary facial action generates emotion-specific autonomic nervous system activity, in: *Psychophysiology* (Band 27), Nr. 4, Seite 363-84.

- Lissauer, H. (1890): Ein Fall von Seelenblindheit nebst einem Beitrage zur Theorie derselben, in: Archiv für Psychiatrie und Nervenkrankheiten (Band 21), Nr. 229-270.
- Logothetis, N. K.; Pauls, J.; Augath, M.; Trinath, T. und Oeltermann, A. (2001): Neurophysiological investigation of the basis of the fMRI signal, in: Nature Nr. 412, Seite 150-157.
- Lundqvist, D.; Flykt, A. und Öhman, A. (1998): The Karolinska Directed Emotional Faces - KDEF CD ROM from Department of Clinical Neuroscience, Psychology section, Karolinska Institutet
- Luria, S. M. und Strauss, M. S. (1978): Comparison of eye movements over faces in photographic positives and negatives, in: Perception (Band 7), Nr. 3, Seite 349-58.
- Mackworth, N. H. und Bruner, J. S. (1970): How adults and children search and recognize pictures, in: Human Development (Band 13), Seite 149-177.
- Malcolm, G. L.; Lanyon, L. J.; Fugard, A. J. und Barton, J. J. (2008): Scan patterns during the processing of facial expression versus identity: an exploration of task-driven and stimulus-driven effects, in: Journal of Vision (Band 8), Seite 1-9.
- Manor, B. R.; Gordon, E.; Williams, L. M. ; Rennie, C. J.; Bahramali, H.; Latimer, C. R.; Barry, R. J. und Meares, R. A. (1999): Eye movements reflect impaired face processing in patients with schizophrenia, in: Biological Psychiatry (Band 46), Seite 963-969.
- Matsumoto, D. und Ekman, P. (1988): Japanese and Caucasian facial expressions of emotion (JACFEE) [Slides], Intercultural and Emotion Research Laboratory, Department of Psychology, San Francisco State University, San Francisco, CA.
- Mazurski, E. J. und Bond, N. W. (1993): A new series of slides depicting facial expressions of affect series, in: Australien Journal of Psychology (Band 45), Nr. 1, Seite 41-47.
- Meletti, S.; Benuzzi, F.; Cantalupo, G.; Rubboli, G.; Tassinari, C. A. und Nichelli, P. (2009): Facial emotion recognition impairment in chronic temporal lobe epilepsy, in: Epilepsia (Band 50), Nr. 6, Seite 1547-59.
- Meletti, S.; Benuzzi, F.; Nichelli, P. und Tassinari, C. A. (2003): Damage to the right hippocampal-amygdala formation during early infancy and recognition of fearful faces: neuropsychological and fMRI evidence in subjects with temporal lobe epilepsy, in: Annals of the New York Academy of Sciences (Band 1000), Seite 385-8.
- Mertens, I.; Siegmund, H. und Grusser, O. J. (1993): Gaze motor asymmetries in the perception of faces during a memory task, in: Neuropsychologia (Band 31), Nr. 9, Seite 989-98.
- Mogg, K.; Millar, N. und Bradley, B. P. (2000): Biases in eye movements to threatening facial expressions in generalized anxiety disorder and depressive disorder, in: Journal of Abnormal Psychology (Band 109), Nr. 4, Seite 695-704.

- Morris, J. S.; de Bonis, M. und Dolan, R. J. (2002): Human amygdala responses to fearful eyes, in: *Neuroimage* (Band 17), Seite 214–222.
- Morris, J. S.; de Gelder, B.; Weiskrantz, L. und Dolan, R. J. (2001): Differential extrageniculostriate and amygdala responses to presentation of emotional faces in a cortically blind field, in: *Brain* (Band 124), Seite 1241–1252.
- Morris, J. S.; Friston, K. J.; Büchel, C.; Frith, C. D.; Young, A.W.; Calder, A. J. und Dolan, R. J. (1998): A neuromodulatory role for the human amygdala in processing emotional facial expressions, in: *Brain* (Band 121), Seite 47–57.
- Morris, J. S.; Frith, C. D.; Perrett, D. I.; Rowland, D.; Young, A. W.; Calder, A. J. und Dolan, R. J. (1996): A differential neural response in the human amygdala to fearful and happy facial expressions, in: *Nature* (Band 383), Seite 812–815.
- Mukamel, R.; Gelbard, H.; Arieli, A.; Hasson, U.; Fried, I. und Malach, R. (2005): Coupling between neuronal firing, field potentials, and fMRI in human auditory cortex, in: *Science* (Band 309), Seite 951-954.
- Navalpakkam, V. und Itti, L. (2005): Modeling the influence of task on attention, in: *Vision Research* (Band 45), Seite 205–231.
- Noton, D. und Stark, L. (1971): Eye movements and visual perception, in: *Scientific American* (Band 224), Seite 35-43.
- O'Driscoll, G. A.; Wolff, A. L.; Benkelfat, C.; Florencio, P. S.; Lal, S. und Evans, A. C. (2000): Functional neuroanatomy of smooth pursuit and predictive saccades, in: *Neuroreport* (Band 11), Nr. 6, Seite 1335-40.
- Ogawa, S.; Tank, D. W.; Menon, R.; Ellermann, J. M.; Kim, S. G.; Merkle, H. und Ugurbil, K. (1992): Intrinsic signal changes accompanying sensory stimulation: functional brain mapping with magnetic resonance imaging, in: *Proceeding of the National Acadademy of Sciences of the United States of America* (Band 89), Seite 5951-5955.
- Ogrocki, P. K.; Hills, A. C. und Strauss, M. E. (2000): Visual exploration of facial emotion by healthy older adults and patients with Alzheimer disease, in: *Neuropsychiatry, Neuropsychology, and Behavioral Neurology* (Band 13), Seite 271-278.
- Oldfield, R. C. (1971): The assessment and analysis of handedness. The Edinburgh Inventory, in: *Neuropsychologia* (Band 9), Seite 97-113.
- Palermo, R. und Coltheart, M. (2004): Photographs of facial expression: Accuracy, response times, and ratings of intensity, in: *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers* (Band 36), Seite 634–638.
- Palermo, R. und Rhodes, G. (2007): Are you always on my mind? A review of how face perception and attention interact, in: *Neuropsychologia* (Band 45), Nr. 1, Seite 75-92.
- Parker, J. D.; Taylor, G. J. und Bagby, R. M. (1993): Alexithymia and the recognition of facial expressions of emotion, in: *Psychotherapy and Psychosomatics* (Band 59), Nr. 3-4, Seite 197-202.

- Parton, A.; Nachev, P.; Hodgson, T. L.; Mort, D.; Thomas, D.; Ordidge, R.; Morgan, P. S.; Jackson, S.; Rees, G. und Husain, M. (2007): Role of the human supplementary eye field in the control of saccadic eye movements, in: *Neuropsychologia* (Band 45), Nr. 5, Seite 997-1008.
- Pauling, L. und Coryell, C. D. (1936): The magnetic properties and structure of hemoglobin, oxyhemoglobin and carbonmonoxyhemoglobin, in: *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* (Band 22), Seite 210-216.
- Paus, T. (1996): Location and function of the human frontal eye-field: a selective review, in: *Neuropsychologia* (Band 34), Nr. 6, Seite 475-83.
- Pegna, A. J.; Khateb, A.; Lazeyras, F. und Seghier, M. L. (2005): Discriminating emotional faces without primary visual cortices involves the right amygdala, in: *Nature Neuroscience* (Band 8), Seite 24-25.
- Perlman, S. B.; Morris, J. P.; Vander Wyk, B. C.; Green, S. R.; Doyle, J. L. und Pelphrey, K. A. (2009): Individual differences in personality predict how people look at faces, in: *PLoS ONE* (Band 6), Nr. 4, Seite e5952.
- Perrett, D. I.; Rolls, E. T. und Caan, W. (1982): Visual neurones responsive to faces in the monkey temporal cortex, in: *Experimental Brain Research* (Band 47), Nr. 3, Seite 329-42.
- Pessoa, L. (2008): On the relationship between emotion and cognition, in: *Nature Review. Neuroscience* (Band 9), Nr. 2, Seite 148-58.
- Pessoa, L.; Japee, S.; Sturman, D. und Ungerleider, L. G. (2006): Target visibility and visual awareness modulate amygdala responses to fearful faces, in: *Cerebral Cortex* (Band 16), Nr. 3, Seite 366-75.
- Pessoa, L.; McKenna, M.; Gutierrez, E. und Ungerleider, L. G. (2002): Neural processing of emotional faces requires attention, in: *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* (Band 99), Nr. 17, Seite 11458-63.
- Pessoa, L.; Padmala, S. und Morland, T. (2005): Fate of unattended fearful faces in the amygdala is determined by both attentional resources and cognitive modulation, in: *Neuroimage* (Band 28), Nr. 1, Seite 249-55.
- Peters, R. J.; Iyer, A.; Itti, L. und Koch, C. (2005): Components of bottom-up gaze allocation in natural images, in: *Vision Research* (Band 45), Nr. 18, Seite 2397-416.
- Pezawas, L.; Meyer-Lindenberg, A.; Drabant, E. M.; Verchinski, B. A.; Munoz, K. E.; Kolachana, B. S.; Egan, M. F.; Mattay, V. S.; Hariri, A. R. und Weinberger, D. R. (2005): 5-HTTLPR polymorphism impacts human cingulate-amygdala interactions: a genetic susceptibility mechanism for depression, in: *Nature Neuroscience* (Band 8), Nr. 6, Seite 828-34.
- Phan, K. L.; Wager, T.; Taylor, S. F. und Liberzon, I. (2002): Functional neuroanatomy of emotion: a meta-analysis of emotion activation studies in PET and fMRI, in: *Neuroimage* (Band 16), Nr. 2, Seite 331-48.
- Phelps, E. A. (2006): Emotion and cognition: insights from studies of the human amygdala, in: *Annual Review of Psychology* (Band 57), Seite 27-53.

- Phelps, E. A.; LaBar, K. S.; Anderson, A. K.; O'Connor, K. J.; Fulbright, R. K. und Spencer, D. D. (1998): Specifying the contributions of the human amygdala to emotional memory: A case study, in: *Neurocase* (Band 4), Seite 527-540.
- Phillips, M. L.; Medford, N.; Young, A. W.; Williams, L.; Williams, S. C. R.; Bullmore, E. T.; Gray, J. A. und Brammer, M. J. (2001): Time courses of left and right amygdalar responses to fearful facial expressions, in: *Human Brain Mapping* (Band 12), Seite 193–202.
- Phillips, M. L.; Williams, L. M.; Heining, M.; Herba, C. M.; Russell, T.; Andrew, C.; Bullmore, E. T.; Brammer, M. J.; Williams, S. C.; Morgan, M.; Young, A.W. und Gray, J. A. (2004): Differential neural responses to overt and covert presentations of facial expressions of fear and disgust, in: *Neuroimage* (Band 21), Seite 1484–1496.
- Phillips, M. L.; Young, A. W.; Senior, C.; Brammer, M.; Andrew, C.; Calder, A. J.; Bullmore, E. T.; Perrett, D. I.; Rowland, D.; Williams, S. C.; Gray, J. A. und David, A. S. (1997): A specific neural substrate for perceiving facial expressions of disgust, in: *Nature* (Band 389), Seite 495-498.
- Pierce, K.; Muller, R. A.; Ambrose, J.; Allen, G. und Courchesne, E. (2001): Face processing occurs outside the fusiform 'face area' in autism: evidence from functional MRI, in: *Brain* (Band 124), Nr. Pt 10, Seite 2059-73.
- Pierrot-Deseilligny, C.; Gaymard, B.; Muri, R. und Rivaud, S. (1997): Cerebral ocular motor signs, in: *Journal of Neurology* (Band 244), Nr. 2, Seite 65-70.
- Pitts, M. W.; Todorovic, C.; Blank, T. und Takahashi, L. K. (2009): The central nucleus of the amygdala and corticotropin-releasing factor: insights into contextual fear memory, in: *The Journal of Neuroscience* (Band 29), Nr. 22, Seite 7379-88.
- Plutchik, R. (1962): *The Emotions: Facts, Theories, and A New Model*, Random House, New York.
- Plutchik, R. (1980): *Emotion: A psychoevolutionary synthesis*, Harper and Row, New York.
- Poldrack, R. A.; Fletcher, P. C.; Henson, R. N.; Worsley, K. J.; Brett, M. und Nichols, T. E. (2008): Guidelines for reporting an fMRI study, in: *Neuroimage* (Band 40), Nr. 2, Seite 409-14.
- Pollatos, O.; Herbert, B. M.; Schandry, R. und Gramann, K. (2008): Impaired central processing of emotional faces in anorexia nervosa, in: *Psychosomatic Medicine* (Band 70), Nr. 6, Seite 701-8.
- Posner, M. I. (1980): Orienting of attention, in: *Quarterly Journal of Experimental Psychology* (Band 32), Seite 3-25.
- Rapcsak, S. Z.; Galper, S. R.; Comer, J. F.; Reminger, S. L.; Nielsen, L.; Kaszniak, A. W.; Verfaellie, M.; Laguna, J. F.; Labiner, D. M. und Cohen, R. A. (2000): Fear recognition deficits after focal brain damage: a cautionary note, in: *Neurology* (Band 54), Nr. 3, Seite 575-81.

- Read, D. J. und Bruce, D. (1982): Longitudinal tracking of difficult memory retrievals, in: *Cognitive Psychology* (Band 14), Seite 280-300.
- Richter, P.; Werner, J.; Heerlein, A.; Kraus, A. und Sauer, H. (1998): On the validity of the Beck Depression Inventory. A review, in: *Psychopathology* (Band 31), Seite 160-168.
- Rizzolatti, G.; Fadiga, L.; Gallese, V. und Fogassi, L. (1996): Premotor cortex and the recognition of motor actions, in: *Brain Research. Cognitive Brain Research* (Band 3), Nr. 2, Seite 131-41.
- Rizzolatti, G.; Fogassi, L. und Gallese, V. (2006): Mirrors of the mind, in: *Scientific American* (Band 295), Nr. 5, Seite 54-61.
- Roosendaal, B.; McEwen, B. S. und Chattarji, S. (2009): Stress, memory and the amygdala, in: *Nature Review. Neuroscience* (Band 10), Nr. 6, Seite 423-33.
- Rosenberg, E. L. und Ekman, P. (1994): Coherence between expressive and experiential systems in emotion, in: *Cognition and Emotion* (Band 8), Seite 201-230.
- Russel, J. A. (1980): A circumplex model of affect, in: *Journal of Personality and Social Psychology* (Band 39), Seite 1161-1178.
- Sander, D.; Grafman, J. und Zalla, T. (2003): The human amygdala: an evolved system for relevance detection, in: *Reviews in the Neurosciences* (Band 14), Nr. 4, Seite 303-16.
- Sanz-Martin, A.; Guevara, M. A.; Corsi-Cabrera, M.; Ondarza-Rovira, R. und Ramos-Loyo, J. (2006): [Differential effect of left and right temporal lobectomy on emotional recognition and experience in patients with epilepsy], in: *Revista de Neurologia* (Band 42), Nr. 7, Seite 391-8.
- Sato, W.; Kochiyama, T.; Uono, S. und Yoshikawa, S. (2010): Amygdala integrates emotional expression and gaze direction in response to dynamic facial expressions, in: *Neuroimage*. Epub Jan 22.
- Sato, W.; Kubota, Y.; Okada, T.; Murai, T.; Yoshikawa, S. und Sengoku, A. (2002): Seeing happy emotion in fearful and angry faces: qualitative analysis of facial expression recognition in a bilateral amygdala-damaged patient, in: *Cortex* (Band 38), Nr. 5, Seite 727-42.
- Scherer, K. R. (1984): On the nature and function of emotion: A component process approach., Scherer, K. R. und Ekman, P., in: *Approaches to emotion* Seite 293-318, Lawrence Erlbaum, Hillsdale, NJ.
- Scherer, K. R. (1988): Criteria for emotion-antecedent appraisal: A review, Hamilton, V.; Bower, G. H. und Frijda, N. H., in: *Cognitive perspectives on emotion and motivation*, Nijhoff, Dordrecht, Holland.
- Scherer, K. R. (2000): Psychological models of emotion, Borod, J. C., in: *The neuropsychology of emotion* Seite 137-162, Oxford University Press, New York.
- Schmidt-Atzert, L. (1996): *Lehrbuch der Emotionspsychologie*, Kohlhammer, Stuttgart.

- Scholck, H. und Squire, L. R. (2001): Impaired perception of facial emotions following bilateral damage to the anterior temporal lobe, in: *Neuropsychology* (Band 15), Nr. 1, Seite 30-8.
- Schraa-Tam, C. K.; van der Lugt, A.; Frens, M. A.; Smits, M.; van Broekhoven, P. C. und van der Geest, J. N. (2008): An fMRI study on smooth pursuit and fixation suppression of the optokinetic reflex using similar visual stimulation, in: *Experimental Brain Research* (Band 185), Nr. 4, Seite 535-44.
- Schultz, R. T. (2005): Developmental deficits in social perception in autism: the role of the amygdala and fusiform face area, in: *International Journal of Developmental Neuroscience* (Band 23), Nr. 2-3, Seite 125-41.
- Schweinberger, S. R. und Soukup, G. R. (1998): Asymmetric relationships among perceptions of facial identity, emotion, and facial speech, in: *Journal of Experimental Psychology. Human Perception and Performance* (Band 24), Nr. 6, Seite 1748-1765.
- Schyns, P. G.; Bonnar, L. und Gosselin, F. (2002): Show me the features! Understanding recognition from the use of visual information, in: *Psychological Science* (Band 13), Nr. 5, Seite 402-9.
- Schyns, P. G.; Petro, L. S. und Smith, M. L. (2007): Dynamics of visual information integration in the brain for categorization facial expressions, in: *Current Biology* (Band 17), Seite 1580-1585.
- Scott, S. K.; Young, A. W.; Calder, A. J.; Hellawell, D. J.; Aggleton, J. P. und Johnson, M. (1997): Impaired auditory recognition of fear and anger following bilateral amygdala lesions, in: *Nature* (Band 385), Seite 254-257.
- Sergent, J. (1984): An investigation into component and configural processes underlying face perception, in: *British Journal of Psychology* (Band 75(Pt 2)), Seite 221-42.
- Sergent, J. und Signoret, J. L. (1992): Varieties of functional deficits in prosopagnosia, in: *Cerebral Cortex* (Band 2), Nr. 5, Seite 375-88.
- Sergent, J. und Villemure, J. G. (1989): Prosopagnosia in a right hemispherectomized patient, in: *Brain* (Band 112(Pt 4)), Seite 975-95.
- Shmuel, A.; Yacoub, E.; Pfeuffer, J.; Van de Moortele, P. F.; Adriany, G.; Hu, X. und Ugurbil, K. (2002): Sustained negative BOLD, blood flow and oxygen consumption response and its coupling to the positive response in the human brain, in: *Neuron* (Band 36), Seite 1195-1210.
- Siebert, M.; Markowitsch, H. J. und Bartel, P. (2003): Amygdala, affect and cognition: evidence from 10 patients with Urbach-Wiethe disease, in: *Brain* (Band 126), Seite 2627-2637.
- Smith, E. E.; Patalano, A. L. und Jonides, J. (1998): Alternative strategies of categorization, in: *Cognition* (Band 65), Nr. 2-3, Seite 167-96.
- Smith, M. L.; Cottrell, G. W.; Gosselin, F. und Schyns, P. G. (2005): Transmitting and decoding facial expressions, in: *Psychological Science* (Band 16), Nr. 3, Seite 184-189.

- Sokoloff, L. (1989): Circulation and energy metabolism of the brain, Siegel, G.; Agranoff, B.; Albers, R. und Molinoff, P., in: Basic neurochemistry: Molecular, cellular, and medical aspects Seite 565-590, Raven, New York.
- Sorce, J. F.; Emde, R. N.; Campos, J. J. und Klinnert, M. D. (1985): Maternal emotional signalling: its effects on the visual cliff behaviour of 1 year-olds, in: Developmental Psychology (Band 21), Nr. 1, Seite 195-200.
- Spezio, M. L.; Adolphs, R.; Hurley, R. S. und Piven, J. (2007): Analysis of face gaze in autism using "Bubbles", in: Neuropsychologia (Band 45), Nr. 1, Seite 144-51.
- Spezio, M. L.; Huang, P. Y.; Castelli, F. und Adolphs, R. (2007): Amygdala damage impairs eye contact during conversations with real people, in: The Journal of Neuroscience (Band 27), Nr. 15, Seite 3994-7.
- Spielberger, C.D.; Gorsuch, R.L. und Lushene, R.E. (1970): State-Trait Anxiety Inventory, Manual for the State-Trait Anxiety Inventory, Consulting Psychologist Press, Palo Alto, CA.
- Spiridon, M.; Fischl, B. und Kanwisher, N. (2006): Location and spatial profile of category-specific regions in human extrastriate cortex, in: Human Brain Mapping (Band 27), Nr. 1, Seite 77-89.
- Sprengelmeyer, R.; Young, A. W.; Schroeder, U.; Grossenbacher, P. G.; Federlein, J.; Buttner, T. und Przuntek, H. (1999): Knowing no fear, in: Proceedings of Biological Sciences (Band 266), Nr. 1437, Seite 2451-6.
- Sullivan, L. A. und Kirkpatrick, S. W. (1996): Facial interpretation and component consistency, in: Genetic, Social, and General Psychology Monographs (Band 122), Nr. 4, Seite 389-404.
- Sullivan, S.; Ruffman, T. und Hutton, S. B. (2007): Age differences in emotion recognition skills and the visual scanning of emotion faces, in: Journal of Gerontology, Series B, Psychological Sciences and Social Sciences (Band 62), Nr. 1, Seite P53-60.
- Susskind, J. M.; Lee, D. H.; Cusi, A.; Feiman, R.; Grabski, W. und Anderson, A. K. (2008): Expressing fear enhances sensory acquisition, in: Nature Neuroscience (Band 11), Nr. 7, Seite 843-50.
- Tanaka, J. W. und Farah, M. J. (1993): Parts and wholes in face recognition, in: The Quarterly Journal of Experimental Psychology. A, Human Experimental Psychology (Band 46), Nr. 2, Seite 225-45.
- Tomkins, S.S. (1962): Affect, imagery, consciousness (Band 3), Springer, New York.
- Traue, H.C. (1999): Emotionen, Tewes, U. und Wildgrube, K.R., in: Psychologielexikon Seite 82-86, Oldenburg.
- Tsao, D. Y.; Freiwald, W. A.; Tootell, R. B. und Livingstone, M. S. (2006): A cortical region consisting entirely of face-selective cells, in: Science (Band 311), Nr. 5761, Seite 670-4.
- van de Riet, A. C. ; Grèzes, J. und de Gelder, B. (2009): Specific and common brain regions involved in the perception of faces and bodies and the

- representation of their emotional expressions in: *Social Neuroscience* (Band 4), Nr. 2, Seite 101-120.
- van der Gaag, C.; Minderaa, R. B. und Keysers, C. (2007): The BOLD signal in the amygdala does not differentiate between dynamic facial expressions, in: *Social and Cognitive Affect Neurosciences* (Band 2), Seite 93-103.
- Vasallo, S.; Cooper, S. L. und Douglas, J. M. (2009): Visual scanning in the recognition of facial affect: Is there an observer sex difference, in: *Journal of Vision* (Band 9), Nr. 3, Seite 1–10.
- Vuilleumier, P.; Armony, J. L.; Driver, J. und Dolan, R. J. (2001): Effects of attention and emotion on face processing in the human brain: an event-related fMRI study, in: *Neuron* (Band 30), Nr. 3, Seite 829-41.
- Vuilleumier, P. und Pourtois, G. (2007): Distributed and interactive brain mechanisms during emotion face perception: evidence from functional neuroimaging, in: *Neuropsychologia* (Band 45), Nr. 1, Seite 174-94.
- Vuilleumier, P.; Richardson, M. P.; Armony, J. L.; Driver, J. und Dolan, R. J. (2004): Distant influences of amygdala lesion on visual cortical activation during emotional face processing, in: *Nature Neuroscience* (Band 7), Nr. 11, Seite 1271-8.
- Wagner, T. D.; Hernandez, L.; Jonides, J. und Lindquist, M. (2007): Elements of functional neuroimaging, Cacioppo, J.; Tassinari, L. G. und Berntson, G. G., in: *The handbook of psychophysiology*, 3. Auflage, Seite 19-55, Cambridge University Press, Cambridge.
- Walker-Smith, G. J.; Gale, A. G. und Findlay, J. M. (1977): Eye movement strategies involved in face perception, in: *Perception* (Band 6), Nr. 3, Seite 313-326.
- Watson, D.; Clark, L. A. und Tellegen, A. (1988): Development and validation of brief measures of positive and negative affect: the PANAS scales., in: *Journal of Personality and Social Psychology* (Band 54), Nr. 6, Seite 1063-70.
- Westhoff, G. (1993): *Handbuch psychosozialer Meßinstrumente*, Hogrefe, Göttingen.
- Whalen, P. J. (1999): Fear, vigilance, and ambiguity: Initial neuroimaging studies of the human amygdala, in: *Current Directions in Psychological Science* (Band 7), Seite 177-187.
- Whalen, P. J.; Kagan, J.; Cook, R. G.; Davis, F. C.; Kim, H.; Polis, S.; McLaren, D. G.; Somerville, L. H.; McLean, A. A.; Maxwell, J. S. und Johnstone, T. (2004): Human amygdala responsivity to masked fearful eye whites, in: *Science* (Band 306), Seite 2061.
- Whalen, P. J.; Rauch, S. L.; Etcoff, N. L.; McInerney, S. C.; Lee, M. B. und Jenike, M. A. (1998): Masked presentations of emotional facial expressions modulate amygdala activity without explicit knowledge, in: *The Journal of Neuroscience* (Band 18), Nr. 1, Seite 411-8.
- Wierzbicka, A. (1999): *Emotions across languages and cultures*, Cambridge University Press, Cambridge, UK.

- Williams, L. M.; Loughland, C. M.; Green, M. J.; Harris, A. W. und Gordon, E. (2003): Emotion perception in schizophrenia: an eye movement study comparing the effectiveness of risperidone vs. haloperidol, in: *Psychiatry Research* (Band 120), Nr. 1, Seite 13-27.
- Williams, L.M.; Phillips, M. L.; Brammer, M. J.; Skerrett, D.; Lagopoulos, J.; Rennie, C.; Bahramali, H.; Olivieri, G.; David, A. S.; Peduto, A. und Gordon, E. (2001): Arousal dissociates amygdala and hippocampal fear responses: evidence from simultaneous fMRI and skin conductance recording, in: *Neuroimage* (Band 14), Nr. 5, Seite 1070-9.
- Williams, M. D. und Hollan, J. D. (1981): The process of retrieval from very long-term memory, in: *Cognitive Science* (Band 5), Seite 87–119.
- Winston, J. S.; O'Doherty, J. und Dolan, R. J. (2003): Common and distinct neural responses during direct and incidental processing of multiple facial emotions, in: *Neuroimage* (Band 20), Nr. 1, Seite 84-97.
- Winston, J. S.; Strange, B. A.; O'Doherty, J. und Dolan, R. J. (2002): Automatic and intentional brain responses during evaluation of trustworthiness of faces, in: *Nature Neuroscience* (Band 5), Seite 277–283.
- Yarbus, A. (1967): *Eye movements and vision*, Plenum Press, New York.
- Young, A. W.; Aggleton, J. P.; Hellawell, D. J.; Johnson, M.; Brooks, P. und Hanley, J. R. (1995): Face processing impairments after amygdalotomy, in: *Brain* (Band 118(Pt 1)), Seite 15-24.
- Young, A. W.; Newcombe, F.; de Haan, E. H.; Small, M. und Hay, D. C. (1993): Face perception after brain injury. Selective impairments affecting identity and expression, in: *Brain* (Band 116(Pt 4)), Seite 941-59.
- Zimmermann, P. und Fimm, B. (1993): Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAP) Version 1.7, Psytest Psychologische Testsysteme.

6 ANHANG

6.1 Anhang Studie eins

6.1.1 Leitfaden zum Telefoninterview für die Probandenrekrutierung von Studien eins und zwei

1. Sind Sie zurzeit ungestört, um ein paar Fragen zur Untersuchung beantworten zu können?
2. Welchen Schulabschluss haben Sie, welchen Beruf üben Sie derzeit aus?
3. Wie alt sind Sie?
4. Sind Sie Rechtshänder?
5. Sind Sie normalsichtig?
Bis +/-5 kann korrigiert werden, stärkere Fehlsichtigkeit und vor allem Hornhautverkrümmung muss mit Kontaktlinsen korrigiert werden. Wenn keine Kontaktlinsen vorhanden,, ausschließen.
6. Ethnische Herkunft? Wo sind Eltern und Großeltern geboren?
Sollte in Deutschland oder einer an Deutschland grenzenden Nation sein, auf gar keinen Fall in Afrika, Asien oder Südamerika.
7. Wo sind Sie aufgewachsen?
Sollte größtenteils in Deutschland oder einem an Deutschland grenzenden Land sein.
8. Rauchen Sie?
Für fMRT: Nie regelmäßig geraucht und seit zwei Jahren keine einzige Zigarette
9. Sind Sie gesund?
10. Zur Gesundheit:
 - a) Hatten Sie in Ihrer Vergangenheit oder haben Sie aktuell neurologische oder psychiatrische Erkrankungen?
Neurologischer Erkrankungen sind z.B.:
 - Epilepsie,
 - Schädelhirntrauma,
 - Multiple Sklerose,
 - Migräne
Psychiatrische Erkrankungen sind z.B.:
 - Schizophrenie
 - Depression
 - Essstörung
 - Suchterkrankungen*Wenn ja, von der Studie ausschließen.*
Gibt es in Ihrer engeren Familie (d.h. bei Eltern oder Geschwistern) die eben genannten Erkrankungen?

Wenn bei mehr als einem Elternteil eine neurologische/ psychiatrische Erkrankung vorliegt, ausschließen.

Hatten Sie einen schweren Unfall?

Waren Sie danach bewusstlos?

Hatten Sie Operationen? Auch Operationen am Kopf?

Waren Sie längere Zeit in ärztlicher Behandlung?

- b) Haben Sie andere Erkrankungen?
- Schilddrüse (Über- oder Unterfunktion)
 - Diabetes
 - Bluthochdruck
 - Herz-Kreislauf-Erkrankungen
 - Entzündungen
 - Magen-Darm
 - Niere und Harnwege

Lange unerkannte Schilddrüsenerkrankungen, Diabetes oder Bluthochdruck können zu Gefäßveränderungen und damit zu verringerter zerebraler Durchblutung führen, deswegen ausschließen. Akute Erkrankungen sind auch Ausschlusskriterien.

Gibt es in Ihrer engeren Familie eine der genannten Erkrankungen?

Haben Sie andere Krankheiten, die eben nicht mit aufgeführt waren?

- c) Nehmen Sie zurzeit Rauschmittel, Aufputzmittel, bewusstseinsverändernde Substanzen?

Haben Sie früher schon einmal länger Drogen konsumiert?

Derzeitiger Drogenkonsum und Drogenkonsum in der Vergangenheit, der über reines Ausprobieren hinausgeht, bedeutet Ausschluss.

- d) Nehmen Sie zurzeit Medikamente ein?

Haben Sie schon einmal regelmäßig Medikamente genommen?

Ausschluss bei derzeitiger Einnahme stark wirksamer Medikamenten, z.B. Psychopharmaka. Bei früher eingenommenen Medikamenten, Indikation erfragen.

- e) Wie viel Alkohol nehmen Sie zu sich?
Täglicher Alkoholkonsum ist Ausschlusskriterium.

11. Haben Sie Metall an oder in Ihrem Körper, das für die MRT-Untersuchung nicht entfernt werden kann?

12. Zur MRT-Tauglichkeit (entfielen für Probanden der Studie zwei)

- a) Tragen Sie einen Herzschrittmacher? *Wenn ja, Ausschluss.*

- b) Tragen Sie eine Medikamentenpumpe, z.B. Insulinpumpe?
Wenn ja, Ausschluss.
- c) Tragen Sie einen Neurostimulator? *Wenn ja, Ausschluss.*
- d) Waren Sie in einer metallverarbeitenden Branche tätig? *Ausschluss, wenn die Gefahr besteht, dass Metallsplitter im Körper sind.*
- e) Befinden sich Metallteile in oder an Ihrem Körper? (z.B. Akupunkturnadeln, künstliche Gelenke, (Gefäß-)Prothesen, (Brust-)Implantate, Metallsplitter; Metallclips, implantierte Elektroden?) *Wenn ja, welche? Wenn metallisch und nicht zu entfernen, ausschließen.*
- f) Tragen Sie ein Hörgerät? *Wenn ja, Ausschluss, weil Instruktionen nicht verstanden werden und Geräuschbelastung zu hoch.*
- g) Leiden Sie unter Tinnitus? *Wenn ja, Ausschluss, weil Geräuschbelastung möglicherweise schädlich.*
- h) Haben Sie (herausnehmbaren) Zahnersatz oder andere Metallteile in Ihrem Mund (Retainer)? *Ausschluss bei magnetischem, nicht entfernbarem Metall, bei großen Mengen nicht magnetischem Metall auch Ausschluss wegen möglicher Auslöschungen.*
- i) Leiden Sie unter Angst vor engen Räumen? *Wenn ja, Ausschluss.*
- j) Tragen Sie eine Tätowierung oder Permanent Make-up? *Ausschluss bei großflächigen Tattoos in der Nähe des Kopfes.*
- k) Tragen Sie ein Piercing oder Intimschmuck? *Ausschluss, wenn sie nicht vor der Messung entfernt werden können.*
- l) Besteht eine Schwangerschaft? *Wenn ja, Ausschluss.*
- m) Verhüten Sie mit Spirale? *Wenn ja, metallfrei? Wenn nicht metallfrei, Ausschluss, weil sie sich bewegen und so unwirksam werden könnte.*

Wir werden Ihre Antworten auswerten und uns danach mit Ihnen in Verbindung setzen um einen Termin auszumachen. Dann werden wir Ihnen auch genauere Informationen zur Messung geben.

13. Kontaktdaten

Name: _____

Festnetz: _____

Handy: _____

Email: _____

Wann nicht zu erreichen?

6.1.2 Probandeninformation Studie eins



Prof. Dr. med. Dr. phil. Henrik Walter
Klinik und Poliklinik für Psychiatrie und Psychotherapie
Abteilung medizinische Psychologie
Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

Sigmund-Freud-Strasse 25
53105 Bonn

Tel: +49(0)228 287 19124
Fax: +49(0)228 287 19125

Informationsblatt für Probanden über die Studie

„PERCEPT - Perceptual Consciousness: Explication and Testing“

Liebe Probandin, lieber Proband,

wir freuen uns über Ihr Interesse an dieser wissenschaftlichen Studie, bestehend aus zwei Experimenten, teilzunehmen. Bei unserer Studie wollen wir herausfinden, wie sich Hirnaktivität, Augenbewegungen und bestimmte physiologische Parameter bei Betrachtung unterschiedlicher Bilder ändern. Dies möchten wir mit Hilfe kernspintomographischer und peripherphysiologischer Verfahren untersuchen. Hierzu führen wir zwei Experimente im Magnetresonanztomographen durch, bei denen gleichzeitig Hirnaktivität, Augenbewegungen und Hautleitfähigkeit gemessen werden.

Im ersten Teil der Untersuchung sollen Sie Gesichter und Strudel betrachten und entscheiden, ob das gezeigte Gesicht männlich oder weiblich ist bzw. ob der Strudel sich nach links oder rechts dreht. Die Dauer des Durchgangs beträgt 20 Minuten.

Während des zweiten Teils bekommen Sie unterschiedlich emotionale Bilder zu sehen. Bei der gesamten Untersuchung müssen sie keine spezielle Aufgabe erledigen. Schauen Sie sich die Bilder frei an und lassen Sie diese auf sich wirken. *Versuchen Sie die Bilder möglichst real zu erleben.* Dieses Experiment dauert ca. 20 Minuten.

Anschließend erfolgt eine strukturelle Aufnahme des Gehirns ohne Präsentation von Bildern mit einer Dauer von 9 Minuten.

Sie sollten sich während der gesamten Untersuchung nach Möglichkeit nicht bewegen, da bereits kleinste Bewegungen die Aufnahmequalität deutlich verschlechtern. Anschließend an die fMRT-Untersuchung würden wir Sie bitten ein paar psychologische Fragebögen auszufüllen.

Ihre Teilnahme ist freiwillig. Sie können jederzeit, auch ohne Angabe von Gründen, Ihre Teilnahmebereitschaft widerrufen, ohne dass Ihnen dadurch Nachteile entstehen.

Praktische Durchführung der MRT-Untersuchung

Bei dieser Untersuchung wird das Verfahren der Magnetresonanztomographie (MRT) eingesetzt. Mit der MRT kann man genaue Bilder vom Inneren des Körpers ohne Anwendung von Röntgenstrahlen oder radioaktiven Kontrastmittel aufnehmen. Zur Aufnahme der Bilder müssen Sie sich in einem Magnetfeld befinden. Dazu werden Sie in eine Röhre geschoben. Diese Untersuchung dauert ungefähr 50 Minuten und beinhaltet:

- Einen Durchgang von Aufnahmen der Gebiete im Gehirn, die aktiv sind, während Sie das erste Experiment durchführen (so genannte funktionelle MRT)
- Einen Durchgang von Aufnahmen der Gebiete im Gehirn, die aktiv sind, während Sie das zweite Experiment durchführen (ebenso funktionelle MRT)
- Die Aufnahme genauer Bilder der Anatomie des Gehirns (so genannte strukturelle MRT)

Nach dem heutigen Erkenntnisstand der klinischen Forschung gibt es bei der MRT-Untersuchung keine gesundheitlichen Risiken. Wir möchten aber darauf hinweisen, dass durch die Enge und Lautstärke während der Untersuchung Beklemmungsgefühle entstehen können. Sie sollten also darauf achten, ob Sie mit den Bedingungen der Untersuchung zu Recht kommen. Während der MRT-Untersuchung haben Sie jederzeit die Möglichkeit, durch einen Knopfdruck zu signalisieren, dass Sie die Untersuchung abbrechen möchten. Dieser Aufforderung wird der Untersucher umgehend Folge leisten. Auch der/die Untersucher/In kann Ihre Teilnahme an der Studie jederzeit beenden, wenn ihm/ihr dieses erforderlich erscheint.

Bei dieser Untersuchung handelt es sich nicht um eine Untersuchung mit diagnostischer Fragestellung. Deshalb können die Ergebnisse nicht dazu verwendet werden, Gehirnerkrankungen auszuschließen. Trotzdem können manchmal Auffälligkeiten als Zufallsbefunde festgestellt werden. Sollte eine solche Auffälligkeit festgestellt werden, werden wir die Aufnahmen geschulten Neuroradiologen vorlegen und Sie anschließend informieren, ob eine weitere Abklärung des Zufallsbefundes empfohlen wird.

Aufgrund des starken Magnetfeldes dürfen Sie keine metallischen Gegenstände am oder im Körper in den eigentlichen MRT-Raum mitnehmen. Träger eines Herzschrittmachers oder bestimmter Metall-Implantate können nicht im MRT untersucht werden. Hierzu werden Sie von dem Untersucher detailliert befragt und erhalten eine gesonderte Einwilligungserklärung.

Praktische Durchführung der peripherpsychologischen Untersuchung

Bei dieser Untersuchung messen wir mittels zwei Klebeelektroden an den Fingerbeeren die Hautleitfähigkeit während des Experiments. Die Elektroden werden vor Gebrauch gründlich desinfiziert.

Praktische Durchführung der Augenbewegungsmessung

Gleichzeitig mit der Aufnahme der Hirnaktivität und Peripherphysiologie messen wir Ihre Augenbewegungen. Dies geschieht mittels einer Infrarotkamera, die in der Brille angebracht ist und auf die Augen gerichtet ist. Der Infrarotanteil in der Augenbewegungskamera ist mit dem IR-Anteil im Tageslicht vergleichbar und ist daher nicht schädlich.

Praktische Durchführung der psychologischen Testung

Nachdem wir mit der fMRT-Messung fertig sind, bitten wir Sie, die gesehenen Bilder noch einmal am Computer (außerhalb vom Scanner) bezüglich der hervorgerufenen Emotionen zu beurteilen. Dabei sollen Sie angeben, wie aufregend und wie positiv oder negativ Sie die Bilder fanden. Zudem sollen Sie die Emotionen benennen, die bei Ihnen durch ein bestimmtes Bild hervorgerufen wurden.

Dach folgt ein computerbasierten Test zur Emotionserkennung (10 Min). Im Anschluss daran sollen Sie einige psychologische Fragebögen ausfüllen, mit deren Hilfe wir mehr über Ihre Persönlichkeit und ihren alltäglichen Umgang mit Emotionen erfahren möchten. Zunächst ist ein Persönlichkeitsfragebogen (60 Fragen) zu beantworten, dann ein Fragebogen zur allgemeinen Depressivität (20 Fragen) und zwei Fragebögen zu Emotionalität als Zustand und als Persönlichkeitseigenschaft (40 und 20 Fragen). Überdies folgt ein Fragebogen zur psychischen Belastung während der letzten Woche (90 Fragen) Außerdem werden Sie gebeten einen Fragebogen, der die Fähigkeit eigene Gefühle wahrzunehmen und zu beschreiben, erfasst (20 Fragen) und ein Fragebogen zum emotionalen Bewusstsein bei sich und anderen Menschen (10 Fragen). Abschließend soll ein Fragebogen zur persönlichen Art der Emotionsregulation ausgefüllt werden (10 Fragen). Die Mehrheit der Tests ist auf einem Computer auszufüllen. Bei jeder Frage sollen Sie eine oder mehrere vorgegebene Antworten ankreuzen. Lediglich der Fragebogen zur Erfassung des emotionalen Bewusstseins hat ein offenes Antwortformat.

Bitte beachten Sie, dass es bei der Beantwortung der Fragebögen *keine richtigen oder falschen Antworten* gibt. Bitte beantworten Sie die Fragen wahrheitsgemäß und so, wie es am ehesten auf Sie zutrifft. Lassen Sie bitte keine Fragen unbeantwortet.

Die Gesamtdauer der Fragebogenbearbeitung beträgt ca. 1.5 Stunden.

Allgemeines

Sie erhalten für Ihre Teilnahme an der Studie eine Aufwandsentschädigung von 15 Euro pro Stunde.

Die Verantwortung für die fMRT-Untersuchung liegt beim Direktor der Abteilung, Herrn Prof. Dr. Dr. Henrik Walter.

Es wurde keine Probandenversicherung für die Studie abgeschlossen, die hier beschriebene Untersuchung ist lediglich durch die Haftpflichtversicherung des Uniklinikums Bonn abgesichert. Das bedeutet, dass nur Ansprüche geltend gemacht werden können, wenn eine Schädigung schuldhaft durch Mitarbeiter des Uniklinikums verursacht wurde.

Gelesen:

Ort, Datum, Unterschrift (Unterschrift Proband)

Ort, Datum, Unterschrift (Unterschrift Prüfarzt) (Name Prüfarzt)

6.1.3 Einverständniserklärung Studie eins



Prof. Dr. med. Dr. phil. Henrik Walter
 Klinik und Poliklinik für Psychiatrie und Psychotherapie
 Abteilung medizinische Psychologie
 Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

Sigmund-Freud-Strasse 25
 53105 Bonn

Tel: +49(0)228 287 19124
 Fax: +49(0)228 287 19125

Name: _____
 Geburtsdatum: _____

Das Original dieser Einwilligungserklärung verbleibt bei den Unterlagen. Eine Kopie der Einwilligungserklärung wird dem Probanden ausgehändigt.

Ich (Vorname, Name) _____ erkläre,
 dass ich die Probandeninformation zur wissenschaftlichen Untersuchung:

**„PERCEPT –Augenbewegungen und deren neuronale Korrelate bei
 Gesichtsbetrachtung“**

und diese Einwilligungserklärung erhalten habe.

- Ich wurde für mich ausreichend mündlich und schriftlich über die wissenschaftliche Untersuchung informiert.
- Ich weiß, dass die durchgeführte MRT-Untersuchung keine klinische Diagnose ersetzt. Ich erkläre mich aber damit einverstanden, dass mir Zufallsbefunde, die während der fMRT-Untersuchung auftreten, mitgeteilt werden.
- Ich weiß, dass ich jederzeit meine Einwilligung, ohne Angaben von Gründen, widerrufen kann, ohne dass dies für mich nachteilige Folgen hat.
- Ich bin damit einverstanden, dass die im Rahmen der wissenschaftlichen Untersuchung über mich erhobenen Daten sowie meine sonstigen mit dieser Untersuchung zusammenhängenden personenbezogenen Daten aufgezeichnet werden. Es wird gewährleistet, dass meine personenbezogenen Daten nicht an Dritte weitergegeben werden. Bei der Veröffentlichung in einer wissenschaftlichen Zeitung wird aus den Daten nicht hervorgehen, wer an dieser Untersuchung teilgenommen hat. Meine persönlichen Daten unterliegen dem Datenschutzgesetz.
- Mit der vorstehend geschilderten Vorgehensweise bin ich einverstanden und bestätige dies mit meiner Unterschrift.

 (Ort) den, _____
 (Datum)

 (Unterschrift Proband)

 (Ort) den, _____
 (Datum)

 (Unterschrift Prüfarzt)

 (Name Prüfarzt)

6.1.4 Dokument Datenbank Studien eins, zwei und drei



Prof. Dr. med. Dr. phil. Henrik Walter
 Klinik und Poliklinik für Psychiatrie und Psychotherapie
 Abteilung medizinische Psychologie
 Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

Sigmund-Freud-Strasse 25
 53105 Bonn

Tel: +49(0)228 287 19124
 Fax: +49(0)228 287 19125

Einverständniserklärung zur Aufnahme persönlicher Daten in die Probandendatenbank der Abteilung Medizinische Psychologie

Name: _____
 Geburtsdatum: _____
 Adresse: _____

 Telefon: _____
 Handy: _____
 E-Mail: _____

Ich (Vorname, Name) _____ erkläre mich damit einverstanden, dass meine persönlichen Daten in einer nicht-öffentlichen Datenbank in der Abteilung Medizinische Psychologie, Klinik und Poliklinik für Psychiatrie und Psychotherapie der Universität Bonn gespeichert werden.

Ich erkläre mich weiterhin ausdrücklich damit einverstanden, dass ich bezüglich der Teilnahme an weiteren Studien in der Zukunft durch die Mitarbeiter der Abteilung Medizinische Psychologie kontaktiert werden kann.

Dieses Einverständnis kann ich jederzeit ohne Angaben von Gründen widerrufen, ohne dass dies für mich nachteilige Folgen hat.

Mit der vorstehend geschilderten Vorgehensweise bin ich einverstanden und bestätige dies mit meiner Unterschrift.

_____ den, _____
 (Ort) (Datum) (Unterschrift Proband)

_____ den, _____
 (Ort) (Datum) (Unterschrift Prüfarzt)

 (Name Prüfarzt)

6.1.5 Anamnesebogen Studien eins, zwei und drei

PERCEPT– Anamnese – Probanden

MP_

Version:

Datum:

Einschlusskriterien:

- Gesund
- zwischen 18 und 45 Jahre
- rechtshändig

Fragen zu Ausschlusskriterien:

- Neurologische oder psychiatrische Erkrankung** (gehabt), z.B.:
 - Epilepsie
 - Schädelhirntrauma,
 - Schizophrenie,
 - Depression,
 - Multiple Sklerose
 - Migräne (Ausschlusskriterien).

Hilfsfragen: Hatten Sie einen schweren Unfall?
Mit oder ohne Bewusstlosigkeit? Hatten Sie Operationen?
Waren Sie längere Zeit in ärztlicher Behandlung?

- Erkrankungen in engerer Familie** (Eltern, Geschwister)?
(Ausschluss bei starker familiärer Belastung)
- Andere Erkrankungen**, z.B.
 - Schilddrüse,
 - Diabetes,
 - Bluthochdruck,
 - Herzinfarkt,
 - Entzündungen,
 - Magen-Darm,
 - Niere und Harnwege,
(Ausschluss bei schweren Formen).
- Nehmen Sie zurzeit **Rauschmittel**, Aufputschmittel, bewußtseinverändernde Substanzen ? (Ausschluss)
Haben Sie früher schon einmal so etwas ausprobiert, z.B. Haschisch? (Kein Ausschluss).
- Nehmen Sie zurzeit **Medikamente** ein?
Haben Sie schon mal regelmäßig Medikamente genommen?
(Ausschluss bei stark wirksamen Medikamenten).
- Rauchen Sie? Wie viel **Alkohol** nehmen sie zu sich?
(Dokumentation, Ausschluss nur bei starkem Alkoholkonsum).

6.1.6 Dokument Kontoverbindung Studien eins, zwei und drei



Prof. Dr. med. Dr. phil. Henrik Walter
Klinik und Poliklinik für Psychiatrie und Psychotherapie
Abteilung medizinische Psychologie
Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

Sigmund-Freud-Strasse 25
53105 Bonn

Tel: +49(0)228 287 19124
Fax: +49(0)228 287 19125

„PERCEPT“

Liebe Probandin, lieber Proband,

vielen herzlichen Dank für Ihre Teilnahme an dieser Untersuchung. Wie vereinbart werden wir Ihnen eine Entlohnung in Höhe von 50 € zukommen lassen. Hierzu benötigen wir nun noch Ihre Kontoverbindung.

Name: _____
Kontonummer: _____
Bankleitzahl: _____
Kreditinstitut: _____

Für gewöhnlich dauert es ca. 2 Wochen, bis der Betrag Ihrem Konto gutgeschrieben wird. Bitte stellen Sie sicher, dass der Betrag auch tatsächlich auf Ihrem Konto eingegangen ist. Sollte dies in ca. 4 Wochen noch nicht der Fall sein, so zögern Sie bitte nicht, uns zu kontaktieren, damit wir uns um eine sofortige Überweisung bemühen können!

Bitte lassen Sie uns auch wissen, ob Sie an den Ergebnissen der Studie interessiert sind. Falls Sie gerne weiter Informationen erhalten möchten, so können Sie sich mit E-Mail Adresse und/ oder Telefonnummer auf einer gesonderten Liste eintragen, wir werden Sie dann kontaktieren.

Datum der letzten Messung:

Erledigt:

6.1.6.1 Erläuterungen zur Karolinska-Kodierung (Studien eins und zwei)

Example: AF01ANFL.JPG

Letter 1: Session

A = series one

B = series two

Letter 2: Gender

F = female

M = male

Letter 3 & 4: Identity number

01 - 35

Letter 5 & 6: Expression

AF = afraid

AN = angry

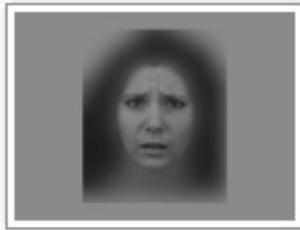
DI = disgusted

HA = happy

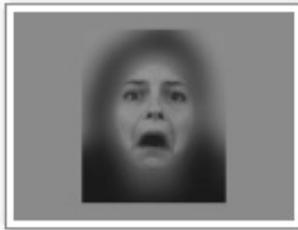
NE = neutral

SA = sad

SU = surprised

6.1.6.2 Stimuli Studie eins

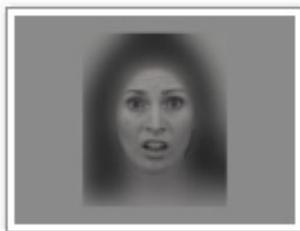
AF02AFS



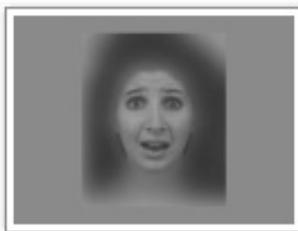
AF06AFS



AF08AFS



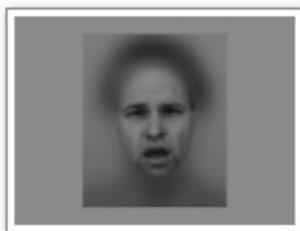
AF11AFS



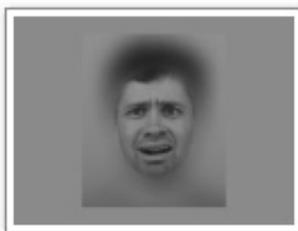
AF13AFS



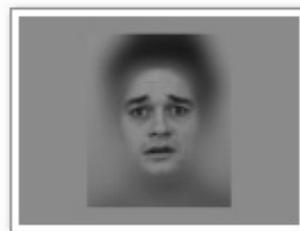
AM01AFS



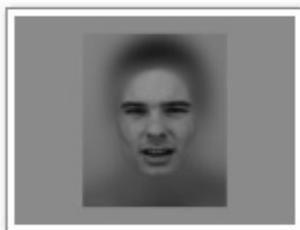
AM02AFS



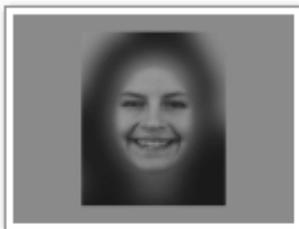
AM04AFS



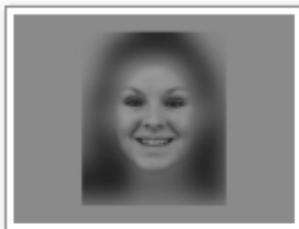
AM06AFS



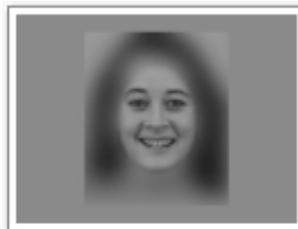
AM07AFS



AF06HAS



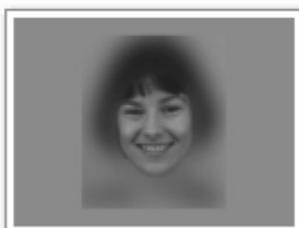
AF09HAS



AF14HAS



AF16HAS



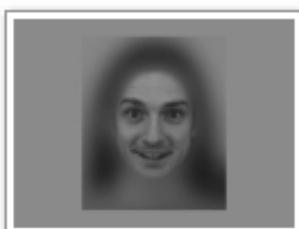
AF18HAS



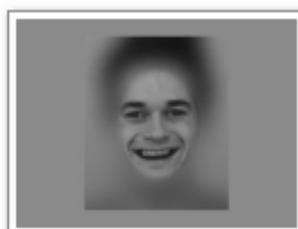
AM01HAS



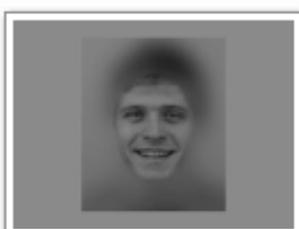
AM02HAS



AM03HAS



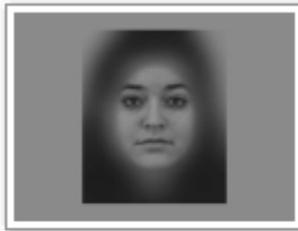
AM06HAS



AM23HAS



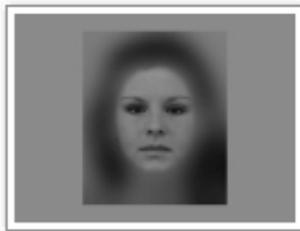
AF01NES



AF03NES



AF05NES



AF09NES



AF13NES



AM01NES



AM03NES



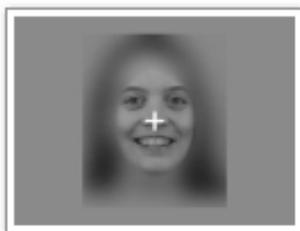
AM04NES



AM05NES



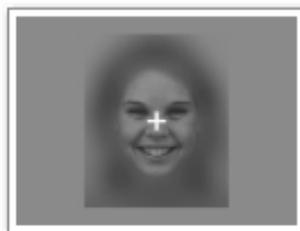
AM07NES



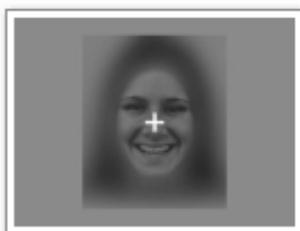
AF21HAS



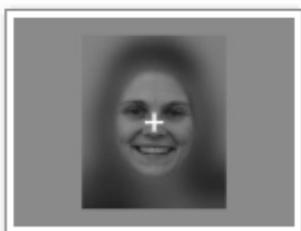
AF23HAS



AF25HAS



AF30HAS



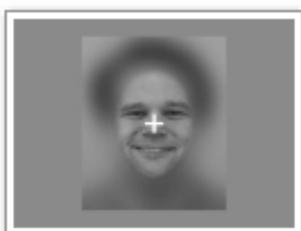
AF34HAS



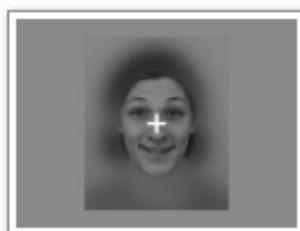
AM15HAS



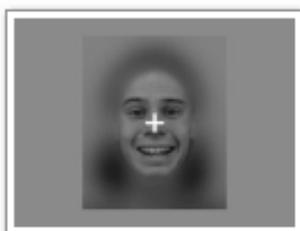
AM16HAS



AM17HAS



AM18HAS



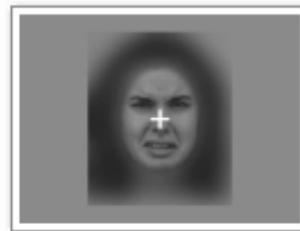
AM19HAS



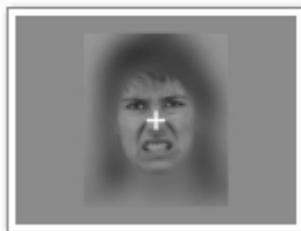
AF21DIS



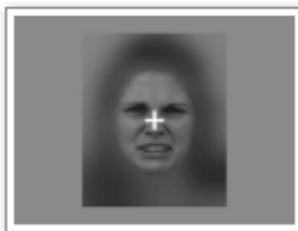
AF27DIS



AF29DIS



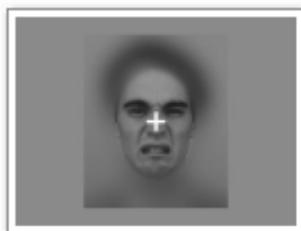
AF31DIS



AF34DIS



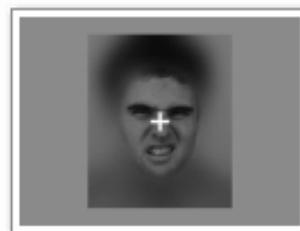
AM23DIS



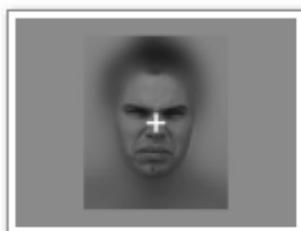
AM24DIS



AM25DIS



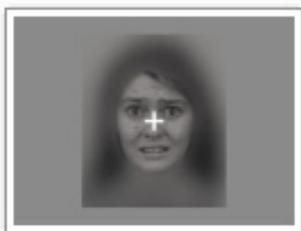
AM27DIS



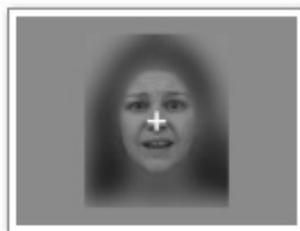
AM28DIS



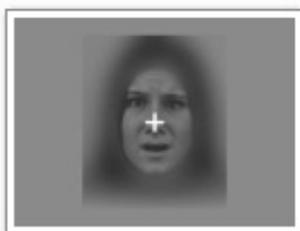
AF19AFS



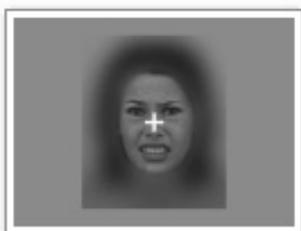
AF22AFS



AF24AFS



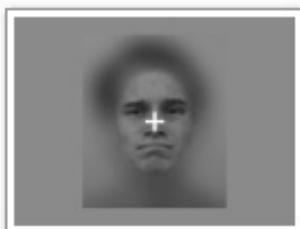
AF30AFS



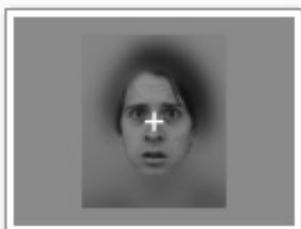
AF33AFS



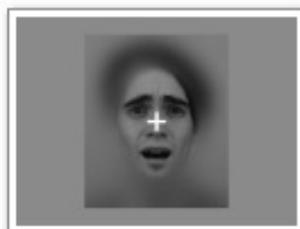
AM20AFS



AM21AFS



AM22AFS



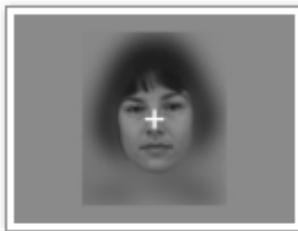
AM24AFS



AM25AFS



AF15NES



AF18NES



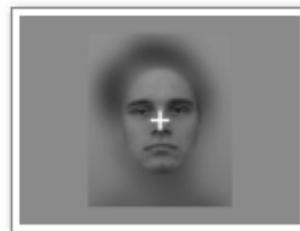
AF23NES



AF26NES



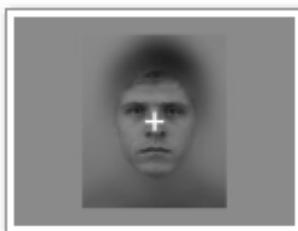
AF31NES



AM21NES



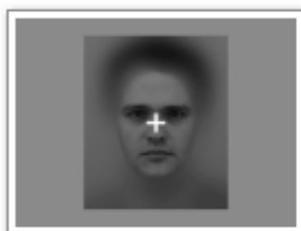
AM22NES



AM23NES

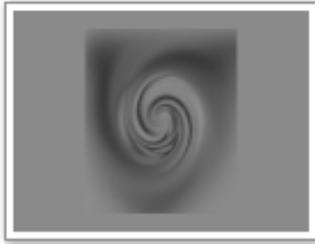


AM25NES

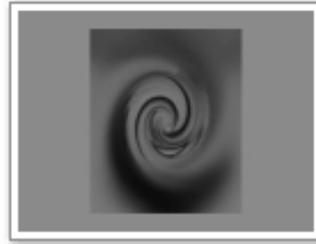


AM26NES

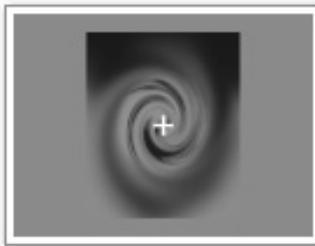
Beispiele für Strudel (nicht alle Stimuli abgebildet)



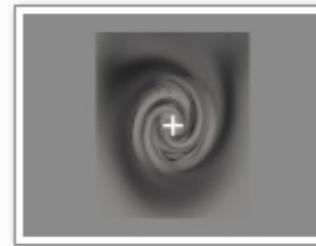
AF27DIS



AM27DIS



AF06AFS



AF22AFS



picExp



picFix

6.1.7 Scannersequenz Studie eins

SIEMENS MAGNETOM Trio syngo MR A30

\\USER\MP\PERCEPT\PerceptExp_Feb08\FaceFast_ep2d_bold_new	
Messzeit: 23:44	Voxelgröße: 3.1×3.1×2.5 [mm] Rel. SNR: 1.00 SIEMENS: ep2d_bold
Routine	8 Channel Head / PH3 1
Schichtgruppe 1	8 Channel Head / PH4 1
Schichten 34	Body 0
Distanzfaktor 25 [%]	Shim-Modus Erweitert
Position R3.1 A0.8 H0.8 [mm]	Mit Körperspule justieren 0
Orientierung T > C-24.5	Freq. Justage bestät. 0
Phasenkod.-Richt. A >> P	von Silikon ausgehen 0
Rotation 0 [Grad]	Ref. Amplitude [1H] 350.000 [V]
Phasen-Oversampling 0 [%]	Justagevolumen
FoV Auslese 200 [mm]	Position R3.1 A0.8 H0.8 [mm]
FoV Phase 100.0 [%]	Orientierung T > C-24.5
Schichtdicke 2.5 [mm]	Rotation 0 [Grad]
TR 2000 [ms]	R >> L 200 [mm]
TE 30 [ms]	A >> P 200 [mm]
Mittelungen 1	F >> H 106 [mm]
Verknüpfungen 1	
Filter Keine	Physio
Spulenelemente PH1,PH2,PH3,...	1.Signal/Modus Kein
Kontrast	BOLD
MTC 0	t-Test 0
Flipwinkel 80 [Grad]	Schwellwert 4.00
Fettunterdr. Fettsättig.	Fenster Wachsend
Mittelungsmodus Langzeit	Dynamische t-Karten 0
Rekonstruktion Betrag	Anfangsmess. ignorieren 0
Messungen 710	Paradigmengröße 20
Verzögerung in TR 0 [ms]	Mess.[1] Ignorieren
Mehrere Serien 0	Mess.[2] Ignorieren
Auflösung	Mess.[3] Baseline
Basis-Auflösung 64	Mess.[4] Baseline
Phasen-Auflösung 100 [%]	Mess.[5] Baseline
Phasen Partial Fourier Aus	Mess.[6] Baseline
Filter 1	Mess.[7] Baseline
Rohdaten Aus	Mess.[8] Baseline
Filter 2	Mess.[9] Baseline
großes FoV Aus	Mess.[10] Baseline
Filter 3	Mess.[11] Ignorieren
Normalisierung Aus	Mess.[12] Ignorieren
Filter 4	Mess.[13] Aktiv
Elliptischer Filter Aus	Mess.[14] Aktiv
Trajektorie Kartesisch	Mess.[15] Aktiv
Interpolation 0	Mess.[16] Aktiv
PAT Modus Keine	Mess.[17] Aktiv
Geometrie	Mess.[18] Aktiv
Mehrschichtmodus Verschachtelt	Mess.[19] Aktiv
Serie Aufsteigend	Mess.[20] Aktiv
Spez. Sättiger Keine	Bewegungskorrektur 0
System	Räumlicher Filter 0
Scan bei akt. LP 0	Sequenz
Position der Messreg. H	Einleitung 0
Position der Messreg. 0 [mm]	Bandbreite 2604 [Hz/Px]
MSMA S - C - T	Freier Echoabstand 0
Sagittal R >> L	Echoabstand 0.45 [ms]
Coronar A >> P	EPI Faktor 64
Transversal F >> H	HF-Puls-Typ Normal
8 Channel Head / PH5 1	Gradientenmodus Schnell*
8 Channel Head / PH6 1	
8 Channel Head / PH7 1	
8 Channel Head / PH8 1	
8 Channel Head / PH1 1	
8 Channel Head / PH2 1	

6.1.7.1 Ergänzende Aktivierungstabellen Studie eins

Kontrast eins (Fix > Exp)

Region	BA	X MNI	Y MNI	Z MNI	t-Wert	Cluster Size
Insula	13	45	14	0	6.46	2546
Insula	13	35	15	5	5.79	
Precentral Gyrus	6	45	-2	38	5.55	
Inferior Parietal Lobule	40	58	-36	42	6.42	1319
Superior Frontal Gyrus	6	8	6	54	5.23	1414
Cingulate Gyrus	32	-8	12	44	4.82	
Cingulate Gyrus	32	8	12	38	4.72	
Inferior Parietal Lobule	40	-60	-36	46	4.95	340
Superior Frontal Gyrus	9	36	34	36	4.51	664
Middle Frontal Gyrus	10	34	45	28	4.10	
Middle Occipital Gyrus	19	-42	-90	14	4.50	198
Middle Occipital Gyrus	18	-35	-95	8	4.10	
Middle Occipital Gyrus	18	-30	-102	-4	3.32	
Insula	*	-38	14	2	3.94	144
Insula	*	-32	20	4	3.41	
Middle Occipital Gyrus	18	40	-92	8	3.77	57
Middle Frontal Gyrus	6	-34	-4	44	3.61	64
Superior Frontal Gyrus	6	-18	2	68	3.61	39

Anmerkungen: Die korrespondierenden t-Werte der Maxima basieren auf einem unkorrigierten Grenzwert von $p < 0.001$ und einer Mindestgröße von 20 Voxeln, korrigiert über das gesamte Gehirn. MNI-Koordinaten x, y, z [mm].

Kontrast drei (Gesichter Exp > Kontrolle Exp)

Region	BA	X MNI	Y MNI	Z MNI	t-Wert	Cluster Size
Fusiform Gyrus	37	40	-50	-20	11.62	10726
Inferior Occipital Gyrus	19	44	-84	-8	7.91	
Cuneus	18	2	-90	12	7.51	
Fusiform Gyrus	37	-40	-52	-20	9.12	495
Medial Frontal Gyrus	11	4	42	-18	8.49	5965
Superior Frontal Gyrus	9	-8	50	38	5.51	
Medial Frontal Gyrus	9	5	54	22	5.90	
Inferior Frontal Gyrus	47	-38	28	-18	6.92	1747
Parahippocampal Gyrus	Amygdala	-20	-8	-18	5.13	
Parahippocampal Gyrus	Hippocampus	-28	-12	-24	5.03	
Inferior Frontal Gyrus	47	36	34	-16	6.85	4866
Parahippocampal Gyrus	Amygdala	22	-8	-20	5.52	
Middle Temporal Gyrus	21	54	-44	10	5.02	
Supramarginal Gyrus	40	-58	-60	38	5.78	889
Angular Gyrus	39	-52	-70	38	5.40	
Inferior Occipital Gyrus	19	-36	-78	-12	5.02	312
Inferior Temporal Gyrus	20	-60	-16	-20	4.93	574
Middle Temporal Gyrus	21	-54	-14	-14	4.55	
Superior Temporal Gyrus	21	-54	-24	-5	3.55	
Cuneus	18	-26	-102	-8	3.87	64
Precentral Gyrus	6	42	-16	68	3.76	22

Anmerkungen: Die korrespondierenden t-Werte der Maxima basieren auf einem unkorrigierten Grenzwert von $p < 0.001$ und einer Mindestgröße von 20 Voxeln, korrigiert über das gesamte Gehirn. MNI-Koordinaten x, y, z [mm].

Kontrast vier (Gesichter Fix > Kontrolle Fix)

Region	BA	X MNI	Y MNI	Z MNI	t-Wert	Cluster Size
Fusiform Gyrus	37	40	-50	-20	10.89	1320
Inferior Occipital Gyrus	19	40	-80	-10	7.15	
Fusiform Gyrus	37	-40	-52	-20	8.89	1079
Inferior Occipital Gyrus	19	-35	-78	-12	5.53	
Superior Temporal Gyrus	22	56	-42	12	5.46	1644
Superior Temporal Gyrus	39	58	-55	24	4.18	
Supramarginal Gyrus	40	54	-45	34	4.10	
Inferior Frontal Gyrus	45	52	32	8	4.75	295
Inferior Frontal Gyrus	47	28	32	-14	4.61	278
Middle Frontal Gyrus	47	38	38	-5	4.18	
Cuneus	19	12	-90	24	4.58	1072
Cuneus	18	8	-88	28	4.24	
Cuneus	19	-8	-88	28	3.83	
Parahippocampal Gyrus	Amygdala	24	-8	-20	4.33	237
Uncus	Amygdala	30	2	-28	3.92	
Parahippocampal Gyrus	Amygdala	34	-8	-15	3.58	
Uncus	28	-28	6	-28	4.29	102
Middle Temporal Gyrus	38	-38	4	-30	3.41	
Inferior Frontal Gyrus	47	-36	28	-18	4.07	1055
Lingual Gyrus	19	-14	-64	-6	4.00	142
Medial Frontal Gyrus	11	2	42	-18	3.91	123
Supramarginal Gyrus	40	-60	-58	34	3.88	306
Superior Temporal Gyrus	39	-52	-58	24	3.53	
Lingual Gyrus	18	10	-66	24	3.84	354
Lingual Gyrus	18	22	-55	0	3.81	
Parahippocampal Gyrus		15	-42	0	3.58	
Superior Frontal Gyrus	9	18	38	42	3.75	72
Medial Frontal Gyrus	9	5	50	40	3.38	
Medial Frontal Gyrus	8	10	44	44	3.34	
Parahippocampal Gyrus	34	-22	-10	-20	3.74	81
Parahippocampal Gyrus	Hippocampus	-28	-12	-28	3.41	
Uncus	20	-30	-8	-38	3.35	
Paracentral Lobule	6	-10	-30	54	3.62	22
Superior Frontal Gyrus	8	-18	40	48	3.59	54
Superior Frontal Gyrus	6	-14	22	62	3.53	24
Precentral Gyrus	6	44	-14	66	3.52	66
Precentral Gyrus	6	35	-22	58	3.24	
Superior Temporal Gyrus	38	38	16	-28	3.49	23
Cingulate Gyrus	31	14	-30	46	3.49	118
Paracentral Lobule	31	-4	-20	48	3.47	
Paracentral Lobule	31	2	-30	50	3.35	
Cuneus	18	-10	-78	14	3.41	36

Anmerkungen: Die korrespondierenden t-Werte der Maxima basieren auf einem unkorrigierten Grenzwert von $p < 0.001$ und einer Mindestgröße von 20 Voxeln, korrigiert über das gesamte Gehirn. MNI-Koordinaten x, y, z [mm].

Kontrast 15 (F Exp > N Exp)

Region	BA	X MNI	Y MNI	Z MNI	t-Wert	Cluster Size
Superior Frontal Gyrus	10	-14	66	24	5.28	258
Superior Frontal Gyrus	10	26	62	22	3.73	
Superior Frontal Gyrus	9	-26	56	32	3.55	
Precentral Gyrus	4	-44	-18	46	3.59	

Region	BA	X MNI	Y MNI	Z MNI	t-Wert	Cluster Size	
Precuneus	7	18	-48	60	4.51	74	
Anterior Cingulate	32	-16	18	24	4.49	31	
Parahippocampal Gyrus	35	-28	-26	-24	4.47	114	
Inferior Frontal Gyrus	47	26	18	-16	4.33	107	
Inferior Frontal Gyrus	47	28	28	-16	3.80		
Inferior Frontal Gyrus	47	36	20	-14	3.19		
Fusiform Gyrus	20	-60	-6	-30	4.32	8	
Superior Temporal Gyrus	38	36	4	-16	4.28	118	
Insula	13	44	-8	-6	3.34		
Caudate		Caudate head	-16	20	4	4.28	172
Inferior Frontal Gyrus	47	-22	28	-4	3.55		
Posterior Cingulate	29	12	-52	10	4.24	225	
Posterior Cingulate	30	22	-54	16	4.07		
Posterior Cingulate	29	12	-50	6	3.50		
Middle Frontal Gyrus	46	48	52	12	4.21	33	
Paracentral Lobule	6	-12	-34	62	4.21	64	
Middle Temporal Gyrus	39	34	-62	32	4.18	120	
Precuneus	7	24	-62	32	3.96		
Cingulate Gyrus	32	24	14	38	3.96		
Insula	13	36	26	18	3.94		
Middle Temporal Gyrus	21	-54	-4	-12	4.14	148	
Superior Temporal Gyrus	38	-56	8	-12	3.74		
Superior Temporal Gyrus		-60	2	-2	3.55		
Parahippocampal Gyrus	37	-28	-46	-4	4.12	104	
Culmen		-4	-50	-4	4.11	155	
Posterior Cingulate	29	-2	-54	10	3.55		
Thalamus		Pulvinar	-6	-38	12	3.52	
Superior Temporal Gyrus	22	-58	-46	14	4.10	155	
Insula	13	-50	-42	16	3.74		
Superior Temporal Gyrus	22	-56	-40	8	3.58		
Inferior Parietal Lobule	40	-48	-42	42	4.08	54	
Precentral Gyrus	6	50	-8	30	4.08	452	
Postcentral Gyrus	43	58	-14	16	3.78		
Postcentral Gyrus	43	58	-10	20	3.74		
Insula	13	40	-24	24	4.04	49	
Precuneus	7	-12	-84	50	4.03	101	
Insula	13	52	-36	22	4.01	110	
Inferior Temporal Gyrus	37	-50	-54	-12	3.98	261	
Middle Temporal Gyrus	37	-60	-60	-6	3.94		
Middle Temporal Gyrus	22	-52	-50	-2	3.54		
Superior Temporal Gyrus	41	46	-36	4	3.98	167	
Middle Temporal Gyrus	21	56	-40	-4	3.29		
Anterior Cingulate	32	16	44	14	3.96	76	
Anterior Cingulate	32	16	36	18	3.59		
Medial Frontal Gyrus	9	12	40	26	3.30		
Cingulate Gyrus	31	-8	-36	30	3.92	185	
Cingulate Gyrus	31	-2	-30	38	3.81		
Fusiform Gyrus	20	46	-22	-18	3.92	47	
Middle Temporal Gyrus	39	-38	-66	16	3.85	41	
Middle Temporal Gyrus	39	-40	-68	24	3.45		
Inferior Frontal Gyrus	13	-38	28	14	3.82	25	
Rectal Gyrus	11	-4	20	-22	3.78	56	
Anterior Cingulate	32	0	24	-14	3.66		
Anterior Cingulate	25	4	16	-8	3.51		
Inferior Semi-Lunar Lobule		18	-74	-46	3.78	25	
Precuneus	19	32	-86	38	3.76	28	

Region	BA	X MNI	Y MNI	Z MNI	t-Wert	Cluster Size
Middle Temporal Gyrus	39	-30	-60	24	3.74	41
Angular Gyrus	39	-34	-54	32	3.51	
Middle Temporal Gyrus	37	62	-50	-14	3.72	20
Superior Parietal Lobule	7	-30	-60	48	3.72	94
Superior Parietal Lobule	7	-32	-64	56	3.22	
Inferior Frontal Gyrus	47	46	26	-12	3.69	49
Declive		26	-72	-24	3.68	55
Precentral Gyrus	4	16	-32	60	3.63	21
Middle Frontal Gyrus	10	34	64	14	3.59	35
Superior Frontal Gyrus	10	22	68	14	3.34	
Superior Temporal Gyrus	22	-48	-20	-4	3.55	36
Superior Temporal Gyrus	22	-56	-8	4	3.32	
Middle Frontal Gyrus	6	-28	-2	62	3.53	30
Inferior Frontal Gyrus	9	-54	14	30	3.45	36
Superior Temporal Gyrus	22	56	2	-4	3.45	36
Middle Frontal Gyrus	6	-42	-4	48	3.44	25
Caudate	Caudate Body	4	2	16	3.43	42
Thalamus		-2	-6	12	3.37	
Middle Frontal Gyrus	9	-32	40	42	3.43	36
Middle Frontal Gyrus	9	-42	34	40	3.22	
Superior Temporal Gyrus	38	-42	10	-36	3.43	34
Middle Temporal Gyrus	21	-38	2	-36	3.23	
Inferior Semi-Lunar Lobule		42	68	-50	3.42	27
Tuber		40	-68	-40	3.19	
Superior Frontal Gyrus	10	-34	60	-2	3.38	43
Medial Frontal Gyrus	11	-4	40	-16	3.31	29
Medial Frontal Gyrus	11	-6	48	-14	3.14	

Anmerkungen: Die korrespondierenden t-Werte der Maxima basieren auf einem unkorrigierten Grenzwert von $p < 0.001$ und einer Mindestgröße von 20 Voxeln, korrigiert über das gesamte Gehirn. MNI-Koordinaten x, y, z [mm].

Kontrast 16 (E Exp > N Exp)

Region	BA	X MNI	Y MNI	Z MNI	t-Wert	Cluster Size
Superior Frontal Gyrus	10	-10	66	24	4.99	120
Middle Frontal Gyrus	10	-28	60	26	3.47	
Superior Temporal Gyrus	38	36	20	-36	4.32	81
Superior Temporal Gyrus	38	44	12	-36	3.61	
Pyramis		-44	-72	-42	4.31	46
Parahippocampal Gyrus	36	-26	-28	-22	4.25	82
Parahippocampal Gyrus	36	-34	-32	-18	3.28	
Culmen		-30	-28	-32	3.27	
Middle Frontal Gyrus	9	-30	20	40	4.22	73
Paracentral Lobule	6	-12	-34	62	4.17	68
Parahippocampal Gyrus	19	-32	-52	-12	4.10	94
Precentral Gyrus	6	46	-6	28	4.05	134
Precentral Gyrus	6	54	-8	38	3.46	
Inferior Semi-Lunar Lobule		38	-74	-50	3.99	143
Inferior Semi-Lunar Lobule		20	-84	-50	3.87	

Region	BA	X MNI	Y MNI	Z MNI	t-Wert	Cluster Size
Inferior Semi-Lunar Lobule		40	-56	-50	3.57	
Cingulate Gyrus	31	14	-50	22	3.94	11
Posterior Cingulate	30	20	-50	10	3.47	
Posterior Cingulate	29	8	-50	4	3.30	
Medial Frontal Gyrus	6	-4	-24	66	3.89	38
Middle Frontal Gyrus	6	-16	-8	64	3.99	42
Middle Temporal Gyrus	22	58	-42	2	3.98	419
Superior Temporal Gyrus	41	44	-36	-2	3.93	
Superior Temporal Gyrus	41	50	-38	10	3.84	
Posterior Cingulate	29	-8	-42	10	3.95	78
Medial Frontal Gyrus	11	-6	52	-14	3.94	43
Medial Frontal Gyrus	10	-14	52	-10	3.39	
Inferior Frontal Gyrus	13	-38	22	12	3.92	25
Thalamus	Ventral	14	-16	14	3.90	92
	Lateral					
	Nucleus					
Thalamus	Anterior	10	-12	20	3.56	
	Nucleus					
Culmen		-14	-38	-24	3.80	43
Culmen		-6	-36	-16	3.25	
Insula	13	-28	-26	24	3.78	40
Superior Temporal Gyrus	22	-48	-36	0	3.77	136
Superior Temporal Gyrus	22	-50	-18	-6	3.65	
Middle Temporal Gyrus	21	-52	-28	-6	3.56	
Superior Temporal Gyrus	38	54	10	-16	3.85	29
Superior Frontal Gyrus	10	22	68	14	3.79	55
Middle Frontal Gyrus	10	32	64	16	3.31	
Medial Frontal Gyrus	10	10	65	10	3.27	
Superior Temporal Gyrus	22	44	-22	-12	3.74	32
Anterior Cingulate	32	-14	34	22	3.74	20
Middle Temporal Gyrus	39	-30	-62	24	3.70	41
Posterior Cingulate	30	-32	-68	14	3.23	
Superior Temporal Gyrus	22	60	-24	0	3.64	33
Caudate	Caudate Body	20	10	18	3.63	27
Middle Frontal Gyrus		11	26	36	3.62	22
Inferior Frontal Gyrus		47	-22	28	3.62	36
Caudate	Caudate	-18	24	4	3.47	
	Head					
Inferior Parietal Lobule	40	48	-66	50	3.60	70
Precentral Gyrus	4	66	-4	18	3.59	24
Inferior Frontal Gyrus	47	48	26	-4	3.56	24
Inferior Frontal Gyrus	45	-58	24	12	3.55	32
Posterior Cingulate	23	4	-42	22	3.54	81
Posterior Cingulate	23	-8	-42	26	3.23	
Middle Frontal Gyrus	9	36	26	32	3.53	41
Superior Temporal Gyrus	22	-58	-44	14	3.47	27
Inferior Frontal Gyrus	47	-52	28	-2	3.41	26

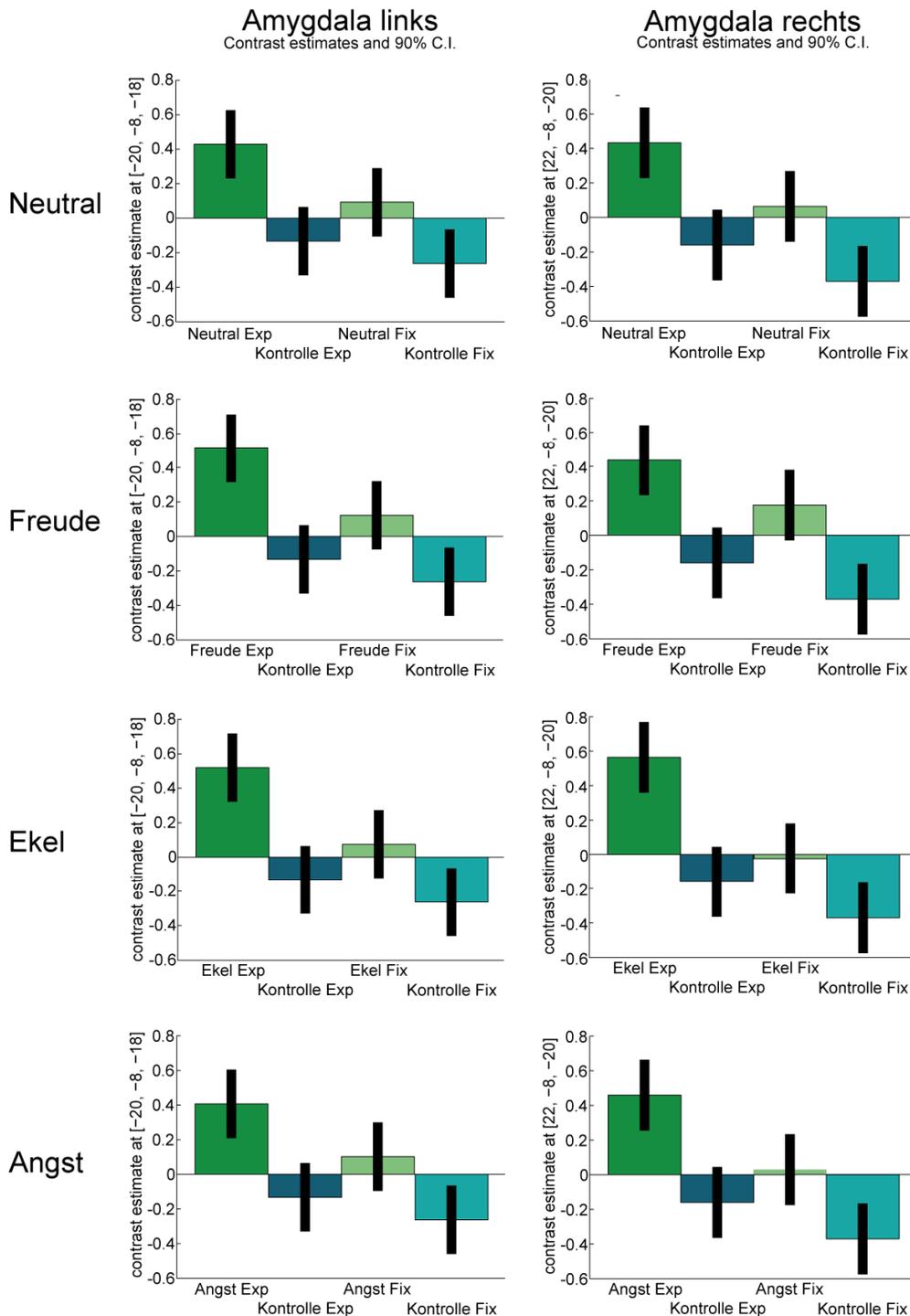
Anmerkungen: Die korrespondierenden t-Werte der Maxima basieren auf einem unkorrigierten Grenzwert von $p < 0.001$ und einer Mindestgröße von 20 Voxeln, korrigiert über das gesamte Gehirn. MNI-Koordinaten x, y, z [mm].

Kontrast 17 (A Exp > N Exp)

Region	BA	X MNI	Y MNI	Z MNI	t-Wert	Cluster Size
Superior Frontal Gyrus	10	-12	64	24	4.44	95
Inferior Temporal Gyrus	20	48	-22	-20	3.80	28
Superior Temporal Gyrus	22	48	-34	4	3.77	58
Parahippocampal Gyrus	36	-30	-28	-20	3.76	42
Inferior Frontal Gyrus	47	-50	30	-2	3.65	77
Inferior Frontal Gyrus	47	-42	30	2	3.56	
Inferior Frontal Gyrus	47	50	30	-10	3.56	27
Middle Temporal Gyrus	21	-50	-14	-18	3.47	28
Middle Temporal Gyrus	21	-54	-6	-18	3.36	

Anmerkungen: Die korrespondierenden t-Werte der Maxima basieren auf einem unkorrigierten Grenzwert von $p < 0.001$ und einer Mindestgröße von 20 Voxeln, korrigiert über das gesamte Gehirn. MNI-Koordinaten x, y, z [mm].

6.1.7.2 Darstellung der Kontrastgewichte mit 90 % Konfidenzintervall für die verschiedenen Gesichtsausdrücke aus linker (-20, -8, -18) und rechter (22, -8, -20) Amygdala



Abbildungen wurden erstellt aus Kontrast fünf und dem jeweiligen emotionsspezifischen F-Kontrast; MNI-Koordinaten x, y, z [mm].

6.2 Anhang Studie zwei

6.2.1 Probandeninformation Studie zwei



Prof. Dr. med. Dr. phil. Henrik Walter
Klinik und Poliklinik für Psychiatrie und Psychotherapie
Abteilung medizinische Psychologie
Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

Sigmund-Freud-Strasse 25
53105 Bonn

Tel: +49(0)228 287 19124
Fax: +49(0)228 287 19125

Informationsblatt für Probanden über die Studie

„Emotionserkennung und Emotionserleben bei wiederholter Testung“

Liebe Probandin, lieber Proband,

wir freuen uns über Ihr Interesse an einer wissenschaftlichen Studie teilzunehmen. Bei unserer Untersuchung wollen wir herausfinden, wie Augenbewegungen und bestimmte physiologische Parameter (Hautleitfähigkeit, Herzrate) sich bei Betrachtung unterschiedlicher Gesichter und Bilder ändern.

Hierzu führen wir an zwei Testzeitpunkten (2. Testung sieben Tage nach erster) eine Augenbewegungs-Studie durch, bei der gleichzeitig Augenbewegungen, Hautleitfähigkeit und Herzrate gemessen werden.

Die Studie besteht zu beiden Testzeitpunkten aus zwei unterschiedlichen Experimenten. In einem ersten Experiment sollen Sie Gesichter auf einem PC-Bildschirm betrachten und entscheiden, welche Emotion das gezeigte Gesicht ausdrückt (Dauer ca. 20 Min). Anschließend werden Ihnen verschiedene Bilder auf dem Computer präsentiert. Ihre Aufgabe ist es, sich die Bilder frei anzuschauen, sich dabei auf den Inhalt einzulassen und diesen möglichst real zu erleben. Nach jedem gezeigten Bild sollen sie auf einer Skala angeben, wie stark das Bild auf Sie gewirkt hat, wie sehr es Sie erregt hat und mit welcher Emotion Sie das Bild am besten beschreiben würden (Dauer ca. 20 Min).

Vor jedem der beiden Durchgänge wird Ihnen genau erklärt, was die Aufgabe ist und es findet ein Training statt, um Sie mit dem Ablauf vertraut zu machen. Während der beiden Experimente zeichnen wir Ihre Augenbewegungen mittels zweier Kameras auf, die sich unterhalb des Bildschirmmonitors befinden. Die Herzrate wird über einen

Pulsoximeter erfasst, der am Daumen befestigt wird, die Hautleitfähigkeit wird über Elektroden am kleinen und Ringfinger gemessen.

Anschließend an die beiden Augenbewegungs-Experimente würden wir Sie bitten fünf psychologische Fragebögen beim ersten Testtermin und drei Fragebögen beim zweiten Testzeitpunkt auszufüllen (Dauer 35 Min. bzw. 15 Min.).

Ihre Teilnahme ist freiwillig. Sie können jederzeit, auch ohne Angabe von Gründen Ihre Teilnahmebereitschaft widerrufen, ohne dass Ihnen dadurch Nachteile entstehen.

Praktische Durchführung der Augenbewegungsmessung

Während der beiden oben beschriebenen Experimente, zeichnen wir Ihre Augenbewegungen auf. Da die Kameras unterhalb des Bildschirms angebracht sind, bekommen Sie von der Aufnahme bewusst nichts mit. Die Aufzeichnung der Augenbewegungen geschieht mittels einer Infrarotkamera, die auf die Augen gerichtet ist. Der Infrarotanteil in der Augenbewegungskamera ist mit dem Infrarot-Anteil im Tageslicht vergleichbar und ist daher nicht schädlich. Um Kopfbewegungen zu reduzieren und den Abstand zum Bildschirm gleich zu halten, würden wir Sie bitten, Ihr Kinn auf eine Kinnstütze zu betten.

Praktische Durchführung der peripherpsychologischen Untersuchung

Bei dieser Untersuchung messen wir mittels zwei Klebeelektroden an den Fingerbeeren die Hautleitfähigkeit während des Experiments. Die Elektroden werden vor Gebrauch gründlich desinfiziert. Außerdem messen wir die Herzrate, die über ein am Daumen angebrachtes Pulsoximeter gemessen wird.

Praktische Durchführung der psychologischen Testung

Nachdem wir mit der Augenbewegungs-Messung fertig sind, bitten wir Sie, fünf psychologische Fragebögen auszufüllen, mit deren Hilfe wir mehr über Ihre Persönlichkeit und Ihren alltäglichen Umgang mit Emotionen erfahren möchten. Zunächst sind drei Persönlichkeitsfragebögen auszufüllen. Einer der Fragebögen erfasst Ihre Stimmung (20 Fragen), der andere Ihre persönliche Art der

Emotionsregulation (10 Fragen) und ein Fragebogen Ihre Persönlichkeit im Allgemeinen (60 Fragen). Danach folgen zwei Fragebögen, von denen der eine die allgemeine Depressivität (20 Fragen) und der andere körperliche Symptomen in Angstsituationen (20 Fragen) erfasst.

Alle Tests sind auf einem Computer auszufüllen. Bei jeder Frage sollen Sie eine oder mehrere vorgegebene Antworten ankreuzen.

Bitte beachten Sie, dass es bei der Beantwortung der Fragebögen *keine richtigen oder falschen Antworten* gibt. Bitte beantworten Sie die Fragen wahrheitsgemäß und so, wie es am ehesten auf Sie zutrifft. Lassen Sie bitte keine Fragen unbeantwortet. Die Gesamtdauer der Fragebogenbearbeitung beträgt ca. 35 Min. zum ersten Testzeitpunkt und 15 Minuten zum zweiten Testzeitpunkt.

Allgemeines

Sie erhalten für Ihre Teilnahme an der Studie eine Aufwandsentschädigung von 10 Euro pro Stunde.

Die Verantwortung für die Untersuchung liegt beim Direktor der Abteilung, Herrn Prof. Dr. Dr. Henrik Walter.

Es wurde keine Probandenversicherung für die Studie abgeschlossen, die hier beschriebene Untersuchung ist lediglich durch die Haftpflichtversicherung des Uniklinikums Bonn abgesichert. Das bedeutet, dass nur Ansprüche geltend gemacht werden können, wenn eine Schädigung schuldhaft durch Mitarbeiter des Uniklinikums verursacht wurde.

Gelesen:

Ort, Datum, Unterschrift (Unterschrift Proband)

Ort, Datum, Unterschrift (Unterschrift Prüfarzt) (Name Prüfarzt)

6.2.2 Einverständniserklärung Studie zwei



universitäts
klinikum**bonn**

Prof. Dr. med. Dr. phil. Henrik Walter
Klinik und Poliklinik für Psychiatrie und Psychotherapie
Abteilung medizinische Psychologie
Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

Sigmund-Freud-Strasse 25
53105 Bonn

Tel: +49(0)228 287 19124
Fax: +49(0)228 287 19125

Name: _____

Geburtsdatum: _____

Das Original dieser Einwilligungserklärung verbleibt bei den Unterlagen. Eine Kopie der Einwilligungserklärung wird dem Probanden ausgehändigt.

Ich (Vorname, Name) _____ erkläre,
dass ich die Probandeninformation zur wissenschaftlichen Untersuchung:

„Emotionserkennung und Emotionserleben bei wiederholter Testung“

und diese Einwilligungserklärung erhalten habe.

- Ich wurde für mich ausreichend mündlich und schriftlich über die wissenschaftliche Untersuchung informiert.
- Ich weiß, dass ich jederzeit meine Einwilligung, ohne Angaben von Gründen, widerrufen kann, ohne dass dies für mich nachteilige Folgen hat.
- Ich bin damit einverstanden, dass die im Rahmen der wissenschaftlichen Untersuchung über mich erhobenen Daten sowie meine sonstigen mit dieser Untersuchung zusammenhängenden personenbezogenen Daten aufgezeichnet werden. Es wird gewährleistet, dass meine personenbezogenen Daten nicht an Dritte weitergegeben werden. Bei der Veröffentlichung in einer wissenschaftlichen Zeitung wird aus den Daten nicht hervorgehen, wer an dieser Untersuchung teilgenommen hat. Meine persönlichen Daten unterliegen dem Datenschutzgesetz.
- Mit der vorstehend geschilderten Vorgehensweise bin ich einverstanden und bestätige dies mit meiner Unterschrift.

_____, den, _____
(Ort) (Datum)

(Unterschrift Proband)

_____, den, _____
(Ort) (Datum)

(Unterschrift Prüfarzt)

(Name Prüfarzt)

6.2.3 Stimuli Studie zwei

Erläuterungen zur Kodierung der Stimuli (siehe Anhang 6.1.7.1)



AF09AFS



AF14AFS



AF16AFS



AF22AFS



AF28AFS



AF30AFS



AF31AFS



AF33AFS



AM04AFS



AF01SUS



AF17SUS



AF20SUS



AF22SUS



AF24SUS



AF32SUS



AF34SUS



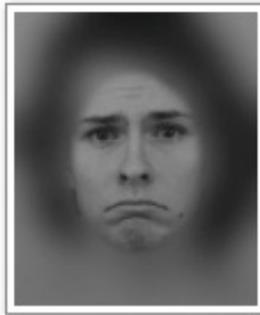
AF35SUS



AM01SUS



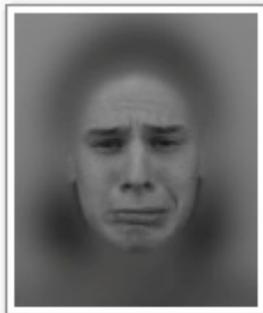
AM13SAS



AM14SAS



AM16SAS



AM19SAS



AM25SAS



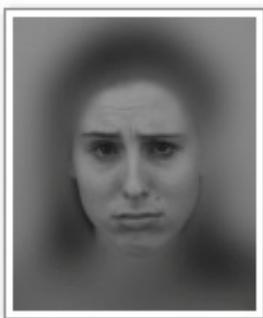
AM32SAS



AM33SAS



AF02SAS



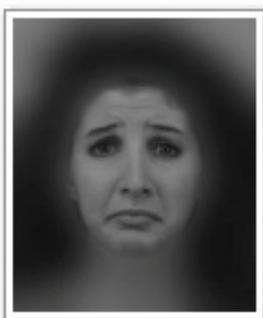
AF05SAS



AF09SAS



AF10SAS



AF13SAS



AF14SAS



AF20SAS



AF32SAS



AM05SAS



AM07NES



AM10NES



AM11NES



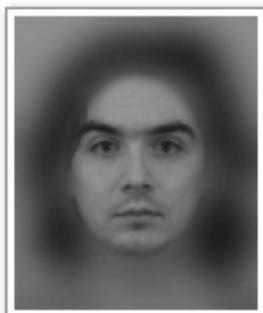
AM14NES



AM25NES



AM31NES



AM35NES



AF01NES



AF02NES



AF03NES



AF05NES



AF06NES



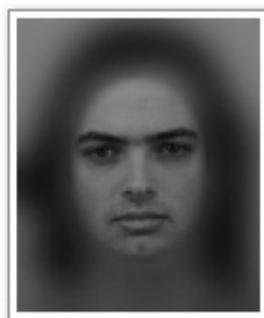
AF13NES



AF24NES



AF26NES



AM01NES



AM06HAS



AM09HAS



AM12HAS



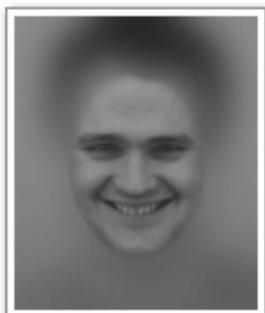
AM15HAS



AM16HAS



AM23HAS



AM26HAS



AF06HAS



AF07HAS



AF11HAS



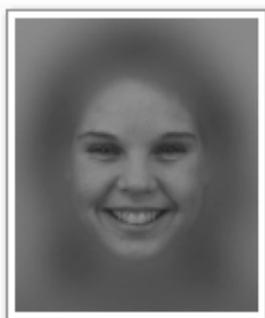
AF21HAS



AF22HAS



AF23HAS



AF25HAS



AF34HAS



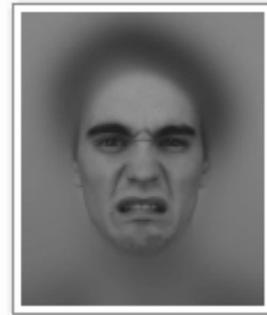
AM02HAS



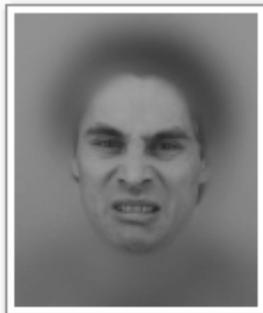
AM22DIS



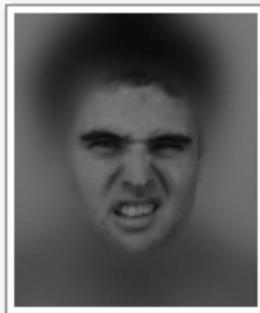
AM23DIS



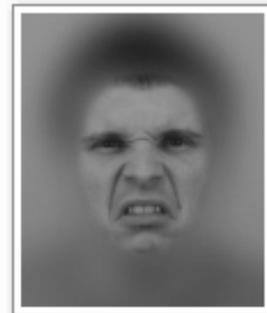
AM24DIS



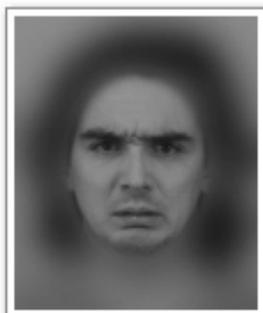
AM25DIS



AM27DIS



AM31DIS



AM35DIS



AF03DIS



AF05DIS



AF09DIS



AF10DIS



AF13DIS



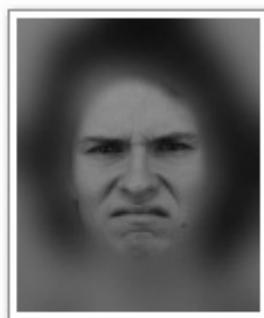
AF20DIS



AF21DIS



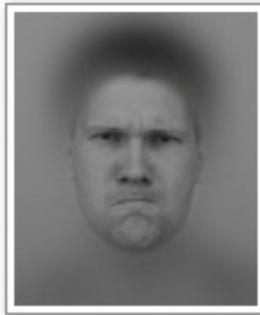
AF27DIS



AM14DIS



AM09ANS



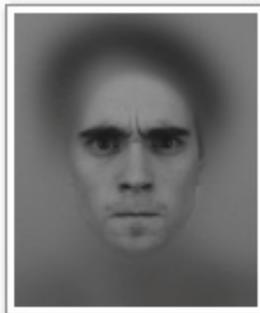
AM11ANS



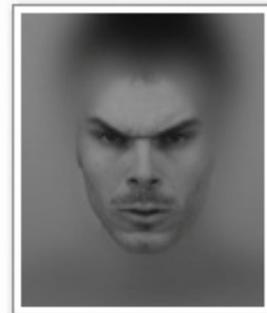
AM17ANS



AM22ANS



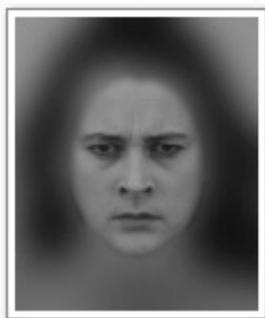
AM24ANS



AM29ANS



AM30ANS



AF14ANS



AF20ANS



AF21ANS



AF22ANS



AF23ANS



AF25ANS



AF29ANS



AF31ANS



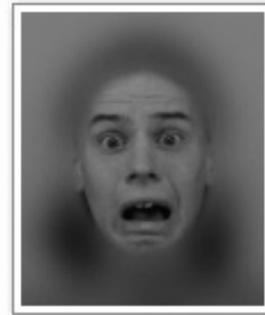
AM05ANS



AM10AFS



AM16AFS



AM19AFS



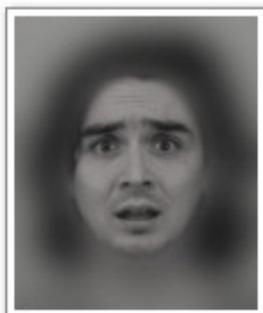
AM22AFS



AM24AFS



AM25AFS



AM35AFS



AM09SUS



AM10SUS



AM11SUS



AM13SUS



AM17SUS



AM28SUS



AM35SUS

6.2.4 Ergänzende Eyetracking-Daten zur Studie zwei

Hypothese vier

Mediane Fixationsdauer (ms) je Stimulus

Emotion	AOI	M		SD	
		T1	T2	T1	T2
Angst	1	266	275	45	51
	2	251	255	52	60
	3	242	239	104	94
Ekel	1	279	295	57	54
	2	266	271	55	58
	3	203	204	123	99
Wut	1	264	276	49	57
	2	250	255	53	65
	3	256	267	134	98
Überraschung	1	251	265	48	53
	2	258	254	60	77
	3	275	285	93	123
Trauer	1	268	280	49	52
	2	245	255	50	52
	3	235	243	90	125
Neutral	1	273	289	49	55
	2	265	261	52	67
	3	215	185	124	105
Freude	1	264	283	50	59
	2	252	265	52	51
	3	235	247	103	127

Anzahl Fixationen je Stimulus

Emotion	AOI	M		SD	
		T1	T2	T1	T2
Angst	1	7.53	7.27	2.29	2.30
	2	3.83	3.75	2.32	2.23
	3	1.12	1.08	1.20	1.11
Ekel	1	6.72	6.59	2.20	2.31
	2	4.28	4.28	1.98	2.06
	3	0.65	0.61	0.93	0.81
Wut	1	6.52	6.37	2.06	2.13
	2	3.58	3.54	2.14	2.35
	3	1.29	1.23	1.41	1.25
Überraschung	1	6.05	5.67	2.39	2.16
	2	3.56	3.61	1.94	1.96
	3	2.39	2.53	2.51	2.65
Trauer	1	7.44	7.38	2.18	2.48
	2	3.60	3.64	2.24	2.18
	3	0.82	0.74	1.02	0.81
Neutral	1	6.21	6.19	2.27	2.48
	2	3.97	3.92	2.47	2.55
	3	0.67	0.53	1.06	0.72
Freude	1	5.98	5.64	2.29	2.27
	2	4.23	4.32	2.17	2.46
	3	0.68	0.60	0.67	0.63

Summe Fixationsdauer (Sek) je Stimulus

Emotion	AOI	M	M	SD	SD
		T1	T2	T1	T2
Angst	1	2.26	2.27	0.67	0.72
	2	1.08	1.09	0.73	0.75
	3	0.33	0.33	0.36	0.39
Ekel	1	2.14	2.18	0.67	0.71
	2	1.28	1.31	0.70	0.67
	3	0.17	0.18	0.27	0.30
Wut	1	1.99	2.04	0.63	0.71
	2	1.03	1.03	0.67	0.73
	3	0.39	0.40	0.44	0.46
Überraschung	1	1.79	1.78	0.72	0.76
	2	1.08	1.09	0.69	0.68
	3	0.78	0.82	0.84	0.92
Trauer	1	2.29	2.39	0.66	0.75
	2	0.99	1.06	0.69	0.72
	3	0.23	0.22	0.28	0.29
Neutral	1	2.02	2.08	0.75	0.77
	2	1.24	1.21	0.89	0.89
	3	0.18	0.14	0.27	0.24
Freude	1	1.88	1.91	0.69	0.73
	2	1.28	1.40	0.81	0.91
	3	0.20	0.19	0.20	0.25

6.3 Anhang Studie drei

6.3.1 Telefoninterview Studie drei

Allgemeines Telefoninterview zur Probandenrekrutierung

Name:

Telefon:

Handy:

Email-Adresse:

Adresse:

Geburtsdatum:

Muttersprache:

Wo sind Sie aufgewachsen?

Ihr Schulabschluss ?

Sind Sie Brillenträger ? (+/-5 Dioptrien ungeeignet)	Ja	Nein
Haben Sie Kontaktlinsen? (+/-5 Dioptrien ungeeignet)	Ja	Nein
Wenn ja, sind Sie kurzsichtig?	Ja	Nein
weitsichtig?	Ja	Nein
Haben Sie eine Hornhautverkrümmung? (bei „ja“ = Ausschluss)	Ja	Nein
Schielen Sie? (bei „ja“ = Ausschluss)	Ja	Nein
Haben Sie Probleme beim Farbsehen?	Ja	Nein

Sind Sie **Rechtshänder**?

Sind Sie Rechtshänder? (bitte den Edinburgh –
Händigkeitsfragebogen - siehe nachfolgend-
benutzen) Rechtshänder, wenn ≥ 8
Rechtsantworten

Ja

Nein

Migräne	Ja	Nein
Schlaganfall	Ja	Nein
Schizophrenie	Ja	Nein
Depression	Ja	Nein
Essstörung	Ja	Nein
Suchterkrankung	Ja	Nein

Waren Sie schon mal in **psychotherapeutischer Behandlung**? (Wenn ja, warum?)

Gibt es in Ihrer **engeren Familie** (d.h. bei Eltern oder Geschwistern) die eben genannten Erkrankungen?

6.3.2 Patienteninformation Studie drei



Prof. Dr. med. Dr. phil. Henrik Walter
Klinik und Poliklinik für Psychiatrie und Psychotherapie
Abteilung medizinische Psychologie
Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

Sigmund-Freud-Strasse 25
53105 Bonn

Tel: +49(0)228 287 19124
Fax: +49(0)228 287 19125

Informationsblatt für Patienten über die Studie

„Emotionserkennung und Emotionserleben“

Liebe Patientin, lieber Patient,

wir freuen uns über Ihr Interesse an einer wissenschaftlichen Studie teilzunehmen. Bei unserer Untersuchung wollen wir herausfinden, wie Augenbewegungen und bestimmte physiologische Parameter (Hautleitfähigkeit, Herzrate) sich bei Betrachtung unterschiedlicher Gesichter und Bilder ändern. Darüber hinaus interessiert uns, wie sich Läsionen in bestimmten Hirnregionen auf diese Prozesse auswirken.

Hierzu führen wir einmal vor und an zwei Zeitpunkten nach Ihrem neurochirurgischen Eingriff (ca. 1 Woche und 3-4 Monate nach OP) eine Augenbewegungs-Studie durch, bei der gleichzeitig Augenbewegungen, Hautleitfähigkeit und Herzrate gemessen werden.

Zu Beginn der Testung bitten wir Sie einen Test am PC zur Aufmerksamkeit durchzuführen, so wie einen Fragebogen auszufüllen. Dann folgen zwei unterschiedlichen Experimenten. In einem ersten Experiment sollen Sie Gesichter auf einem PC-Bildschirm betrachten und entscheiden, welche Emotion das gezeigte Gesicht ausdrückt (Dauer ca. 20 Min). Anschließend werden Ihnen verschiedene Bilder auf dem Computer präsentiert. Ihre Aufgabe ist es, sich die Bilder frei anzuschauen, sich dabei auf den Inhalt einzulassen und diesen möglichst real zu erleben. Nach jedem gezeigten Bild sollen Sie auf

einer Skala angeben, wie stark das Bild auf Sie gewirkt hat, wie sehr es Sie erregt hat und mit welcher Emotion Sie das Bild am besten beschreiben würden (Dauer ca. 20 Min).

Vor jedem der beiden Durchgänge wird Ihnen genau erklärt, was die Aufgabe ist und Sie haben die Möglichkeit Probedurchgänge zu machen, um vertrauter mit dem Ablauf zu werden. Ihre Augenbewegungen zeichnen wir mittels zweier Kameras auf, die sich unterhalb des Bildschirmmonitors befinden. Die Herzrate wird über einen Pulsoximeter erfasst, der am Zeigefinger befestigt wird, die Hautleitfähigkeit wird über Elektroden an Mittel- und Ringfinger gemessen.

Anschließend an die beiden Augenbewegungs-Experimente würden wir Sie bitten fünf psychologische Fragebögen auszufüllen und ein zweites Mal am PC einen Test zur Aufmerksamkeit durchzuführen.

Ihre Teilnahme ist freiwillig. Sie können jederzeit, auch ohne Angabe von Gründen, Ihre Teilnahmebereitschaft widerrufen, ohne dass Ihnen dadurch Nachteile entstehen.

Praktische Durchführung der Augenbewegungsmessung

Während der beiden oben beschriebenen Durchgänge, zeichnen wir Ihre Augenbewegungen auf. Da die Kameras unterhalb des Bildschirms angebracht sind, bekommen Sie von der Aufnahme bewusst nichts mit. Die Aufzeichnung der Augenbewegungen geschieht mittels zwei Infrarotkameras, die auf die Augen gerichtet sind. Der Infrarotanteil in der Augenbewegungskamera ist mit dem Infrarot-Anteil im Tageslicht vergleichbar und ist daher nicht schädlich. Um Kopfbewegungen zu reduzieren und den Abstand zum Bildschirm gleich zu halten, würden wir Sie bitten, Ihr Kinn auf eine Kinnstütze zu betten.

Praktische Durchführung der peripherpsychologischen Untersuchung

Bei dieser Untersuchung messen wir mittels zwei Klebeelektroden an den Fingerbeeren die Hautleitfähigkeit während des Experiments. Die Elektroden werden vor Gebrauch gründlich desinfiziert. Außerdem messen wir die

Herzrate, die über ein am Zeigefinger angebrachtes Pulsoximeter gemessen wird.

Praktische Durchführung der psychologischen Testung

Jeweils einmal vor und nach den beiden Experimenten, bitten wir Sie einen Test am Computer durchzuführen, der die Aufmerksamkeit untersucht.

Im Verlauf der Testung gibt es zudem fünf psychologische Fragebögen zu bearbeiten, mit deren Hilfe wir mehr über Ihre Persönlichkeit und ihren alltäglichen Umgang mit Emotionen erfahren möchten. Zunächst sind zwei Persönlichkeitsfragebögen auszufüllen. Einer der Fragebögen erfasst Ihre Stimmung (20 Fragen), der andere Ihre persönliche Art der Emotionsregulation (10 Fragen). Danach folgen ein Fragebogen, der die allgemeine Depressivität (20 Fragen) und Angst (20 Fragen) erfasst, sowie ein Fragebogen, der die Fähigkeit eigene Gefühle wahrzunehmen und zu beschreiben, untersucht (20 Fragen).

Bei jeder Frage sollen Sie eine oder mehrere vorgegebene Antworten ankreuzen.

Alle Tests sind auf einem Computer auszufüllen. Bei jeder Frage sollen Sie eine oder mehrere vorgegebene Antworten ankreuzen.

Bitte beachten Sie, dass es bei der Beantwortung der Fragebögen *keine richtigen oder falschen Antworten* gibt. Bitte beantworten Sie die Fragen wahrheitsgemäß und so, wie es am ehesten auf Sie zutrifft. Lassen Sie bitte keine Fragen unbeantwortet.

Die Gesamtdauer der Fragebogenbearbeitung und des Tests beträgt ca. 40 Min.

Allgemeines

Falls Sie für den dritten Testzeitpunkt (ca. 3 bis 4 Monate post-OP) extra anreisen müssen, kommen wir für anfallende Anfahrts- bzw. Reisekosten auf.

Die Verantwortung für die Untersuchung liegt beim Direktor der Abteilung, Herrn Prof. Dr. Dr. Henrik Walter.

Es wurde keine Probandenversicherung für die Studie abgeschlossen, die hier beschriebene Untersuchung ist lediglich durch die Haftpflichtversicherung des Uniklinikums Bonn abgesichert. Das bedeutet, dass nur Ansprüche geltend gemacht werden können, wenn eine Schädigung schuldhaft durch Mitarbeiter des Uniklinikums verursacht wurde.

Gelesen:

Ort, Datum, Unterschrift (Unterschrift Patient)

Ort, Datum, Unterschrift (Unterschrift Prüfarzt) (Name Prüfarzt)

6.3.3 Probandeninformation Studie drei



Prof. Dr. med. Dr. phil. Henrik Walter
Klinik und Poliklinik für Psychiatrie und Psychotherapie
Abteilung medizinische Psychologie
Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

Sigmund-Freud-Strasse 25
53105 Bonn

Tel: +49(0)228 287 19124
Fax: +49(0)228 287 19125

Informationsblatt für Probanden über die Studie

„Emotionserkennung und Emotionserleben“

Liebe Probandin, lieber Proband,

wir freuen uns über Ihr Interesse an einer wissenschaftlichen Studie teilzunehmen. Bei unserer Untersuchung wollen wir herausfinden, wie Augenbewegungen und bestimmte physiologische Parameter (Hautleitfähigkeit, Herzrate) sich bei Betrachtung unterschiedlicher Gesichter und Bilder ändern.

Hierzu führen wir an zwei Testzeitpunkten (2. Testung vier Monate nach erster) eine Augenbewegungs-Studie durch, bei der gleichzeitig Augenbewegungen, Hautleitfähigkeit und Herzrate gemessen werden.

Zu Beginn der Testung bitten wir Sie einen Test am PC zur Aufmerksamkeit durchzuführen, so wie einen Fragebogen auszufüllen. Dann folgen zwei unterschiedlichen Experimenten. In einem ersten Experiment sollen Sie Gesichter auf einem PC-Bildschirm betrachten und entscheiden, welche Emotion das gezeigte Gesicht ausdrückt (Dauer ca. 20 Min). Anschließend werden Ihnen verschiedene Bilder auf dem Computer präsentiert. Ihre Aufgabe ist es, sich die Bilder frei anzuschauen, sich dabei auf den Inhalt einzulassen und diesen möglichst real zu erleben. Nach jedem gezeigten Bild sollen Sie auf einer Skala angeben, wie stark das Bild auf Sie gewirkt hat, wie sehr es Sie erregt hat und mit welcher Emotion Sie das Bild am besten beschreiben würden (Dauer ca. 20 Min).

Vor jedem der beiden Durchgänge wird Ihnen genau erklärt, was die Aufgabe ist und Sie haben die Möglichkeit Probedurchgänge zu machen, um vertrauter mit dem Ablauf zu werden. Ihre Augenbewegungen zeichnen wir mittels zweier Kameras auf, die sich unterhalb des Bildschirmmonitors befinden. Die Herzrate wird über einen Pulsoximeter

erfasst, der am Zeigefinger befestigt wird, die Hautleitfähigkeit wird über Elektroden an Mittel- und Ringfinger gemessen.

Anschließend an die beiden Augenbewegungs-Experimente würden wir Sie bitten fünf psychologische Fragebögen auszufüllen und ein zweites Mal am PC einen Test zur Aufmerksamkeit durchzuführen.

Ihre Teilnahme ist freiwillig. Sie können jederzeit, auch ohne Angabe von Gründen, Ihre Teilnahmebereitschaft widerrufen, ohne dass Ihnen dadurch Nachteile entstehen.

Praktische Durchführung der Augenbewegungsmessung

Während der beiden oben beschriebenen Durchgänge, zeichnen wir Ihre Augenbewegungen auf. Da die Kameras unterhalb des Bildschirms angebracht sind, bekommen Sie von der Aufnahme bewusst nichts mit. Die Aufzeichnung der Augenbewegungen geschieht mittels Infrarotkamera, die auf die Augen gerichtet ist. Der Infrarotanteil in der Augenbewegungskamera ist mit dem Infrarot-Anteil im Tageslicht vergleichbar und ist daher nicht schädlich. Um Kopfbewegungen zu reduzieren und den Abstand zum Bildschirm gleich zu halten, würden wir Sie bitten, Ihr Kinn auf eine Kinnstütze zu betten.

Praktische Durchführung der peripherpsychologischen Untersuchung

Bei dieser Untersuchung messen wir mittels zwei Klebeelektroden an den Fingerbeeren die Hautleitfähigkeit während des Experiments. Die Elektroden werden vor Gebrauch gründlich desinfiziert. Außerdem messen wir die Herzrate, die über ein am Zeigefinger angebrachtes Pulsoximeter gemessen wird.

Praktische Durchführung der psychologischen Testung

Nachdem wir mit der Augenbewegungs-Messung fertig sind, bitten wir Sie, fünf psychologische Fragebögen auszufüllen, mit deren Hilfe wir mehr über Ihre Persönlichkeit und ihren alltäglichen Umgang mit Emotionen erfahren möchten. Zunächst sind zwei Persönlichkeitsfragebögen auszufüllen. Einer der Fragebögen erfasst Ihre Stimmung (20 Fragen), der andere Ihre persönliche Art der Emotionsregulation (10 Fragen). Danach folgen ein Fragebogen, der die allgemeine Depressivität (20 Fragen) und Angst (20 Fragen) erfasst, sowie ein Fragebogen, der die Fähigkeit eigene Gefühle wahrzunehmen und zu beschreiben, untersucht (20 Fragen).

Bei jeder Frage sollen Sie eine oder mehrere vorgegebene Antworten ankreuzen.

Alle Tests sind auf einem Computer auszufüllen. Bei jeder Frage sollen Sie eine oder mehrere vorgegebene Antworten ankreuzen.

Bitte beachten Sie, dass es bei der Beantwortung der Fragebögen *keine richtigen oder falschen Antworten* gibt. Bitte beantworten Sie die Fragen wahrheitsgemäß und so, wie es am ehesten auf Sie zutrifft. Lassen Sie bitte keine Fragen unbeantwortet. Abschließend wird ein Test am Computer durchgeführt, der die Aufmerksamkeit untersucht. Die Gesamtdauer der Fragebogenbearbeitung und des Tests beträgt ca. 40 Min.

Allgemeines

Sie erhalten für Ihre Teilnahme an der Studie eine Aufwandsentschädigung von 10 Euro pro Stunde.

Die Verantwortung für die Untersuchung liegt beim Direktor der Abteilung, Herrn Prof. Dr. Dr. Henrik Walter.

Es wurde keine Probandenversicherung für die Studie abgeschlossen, die hier beschriebene Untersuchung ist lediglich durch die Haftpflichtversicherung des Uniklinikums Bonn abgesichert. Das bedeutet, dass nur Ansprüche geltend gemacht werden können, wenn eine Schädigung schuldhaft durch Mitarbeiter des Uniklinikums verursacht wurde.

Gelesen:

Ort, Datum, Unterschrift (Unterschrift Proband)

Ort, Datum, Unterschrift (Unterschrift Prüfarzt) (Name Prüfarzt)

6.3.4 Einverständniserklärung Patienten Studie drei



Prof. Dr. med. Dr. phil. Henrik Walter
 Klinik und Poliklinik für Psychiatrie und Psychotherapie
 Abteilung medizinische Psychologie
 Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

Sigmund-Freud-Strasse 25
 53105 Bonn

Tel: +49(0)228 287 19124
 Fax: +49(0)228 287 19125

Name: _____
 Geburtsdatum: _____

Das Original dieser Einwilligungserklärung verbleibt bei den Unterlagen. Eine Kopie der Einwilligungserklärung wird dem Patienten ausgehändigt.

Ich (Vorname, Name) _____ erkläre,
 dass ich die Patienteninformation zur wissenschaftlichen Untersuchung:

„Emotionserkennung und Emotionserleben“

und diese Einwilligungserklärung erhalten habe.

- Ich wurde für mich ausreichend mündlich und schriftlich über die wissenschaftliche Untersuchung informiert.
- Mit der vorstehend geschilderten Vorgehensweise bin ich einverstanden und bestätige dies mit meiner Unterschrift.
- Ich weiß, dass ich jederzeit meine Einwilligung, ohne Angaben von Gründen, widerrufen kann, ohne dass dies für mich nachteilige Folgen hat.
- Ich bin damit einverstanden, dass die im Rahmen der wissenschaftlichen Untersuchung über mich erhobenen Daten sowie meine sonstigen mit dieser Untersuchung zusammenhängenden personenbezogenen Daten aufgezeichnet werden. Es wird gewährleistet, dass meine personenbezogenen Daten nicht an Dritte weitergegeben werden. Bei der Veröffentlichung in einer wissenschaftlichen Zeitung wird aus den Daten nicht hervorgehen, wer an dieser Untersuchung teilgenommen hat. Meine persönlichen Daten unterliegen dem Datenschutzgesetz.
- Mit der vorstehend geschilderten Vorgehensweise bin ich einverstanden und bestätige dies mit meiner Unterschrift.

_____, den, _____
 (Ort) (Datum) (Unterschrift Patient)

_____, den, _____
 (Ort) (Datum) (Unterschrift Prüfarzt)

 (Name Prüfarzt)

6.3.5 Einverständniserklärung Probanden Studie drei



Prof. Dr. med. Dr. phil. Henrik Walter
 Klinik und Poliklinik für Psychiatrie und Psychotherapie
 Abteilung medizinische Psychologie
 Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

Sigmund-Freud-Strasse 25
 53105 Bonn

Tel: +49(0)228 287 19124
 Fax: +49(0)228 287 19125

Name: _____
 Geburtsdatum: _____

Das Original dieser Einwilligungserklärung verbleibt bei den Unterlagen. Eine Kopie der Einwilligungserklärung wird dem Probanden ausgehändigt.

Ich (Vorname, Name) _____ erkläre,
 dass ich die Probandeninformation zur wissenschaftlichen Untersuchung:

„Emotionserkennung und Emotionserleben“

und diese Einwilligungserklärung erhalten habe.

- Ich wurde für mich ausreichend mündlich und schriftlich über die wissenschaftliche Untersuchung informiert.
- Mit der vorstehend geschilderten Vorgehensweise bin ich einverstanden und bestätige dies mit meiner Unterschrift.
- Ich weiß, dass ich jederzeit meine Einwilligung, ohne Angaben von Gründen, widerrufen kann, ohne dass dies für mich nachteilige Folgen hat.

Ich bin damit einverstanden, dass die im Rahmen der wissenschaftlichen Untersuchung über mich erhobenen Daten sowie meine sonstigen mit dieser Untersuchung zusammenhängenden personenbezogenen Daten aufgezeichnet werden. Es wird gewährleistet, dass meine personenbezogenen Daten nicht an Dritte weitergegeben werden. Bei der Veröffentlichung in einer wissenschaftlichen Zeitung wird aus den Daten nicht hervorgehen, wer an dieser Untersuchung teilgenommen hat. Meine persönlichen Daten unterliegen dem Datenschutzgesetz.

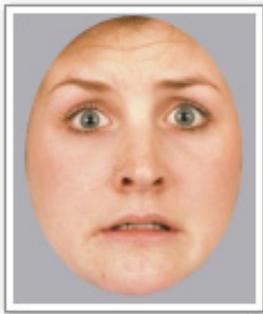
- Mit der vorstehend geschilderten Vorgehensweise bin ich einverstanden und bestätige dies mit meiner Unterschrift.

_____, _____
 (Ort) (Datum) (Unterschrift Patient)

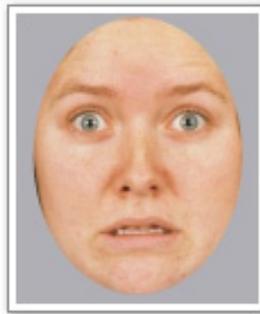
_____, _____
 (Ort) (Datum) (Unterschrift Prüfarzt)

 (Name Prüfarzt)

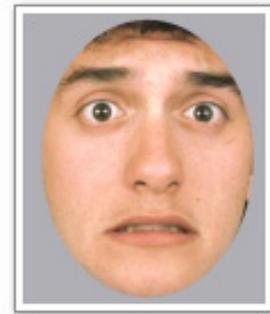
6.3.6 Stimuli Studie drei



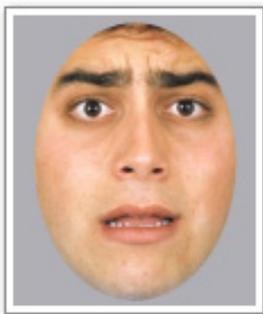
angst_1_cafe



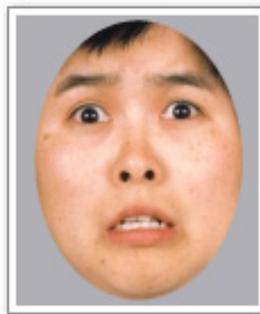
angst_2_cafe



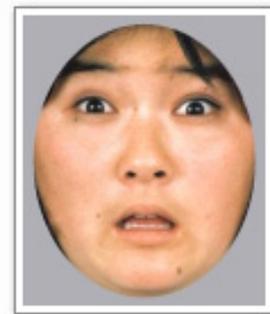
angst_3_cama



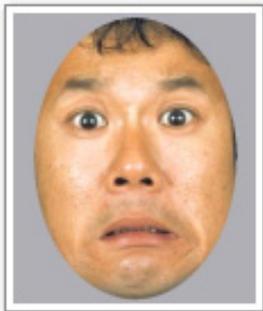
angst_4_cama



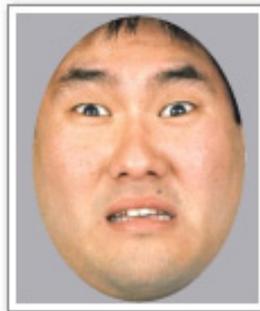
angst_5_jafe



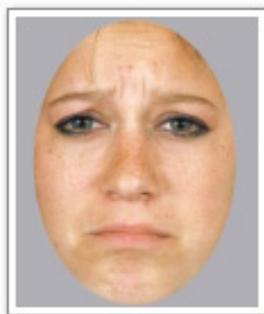
angst_6_jafe



angst_7_jama



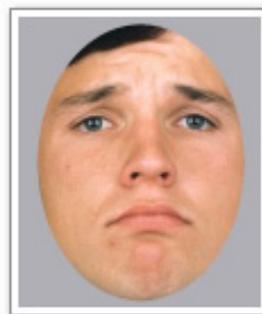
angst_8_jama



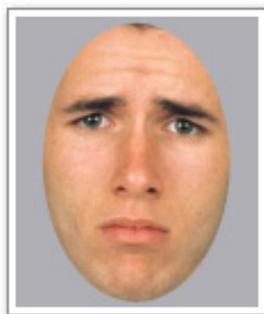
trauer_1_cafe



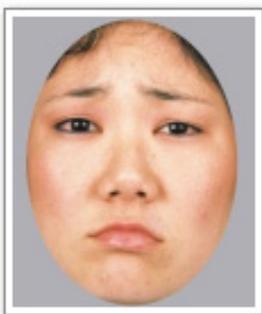
trauer_2_cafe



trauer_3_cama



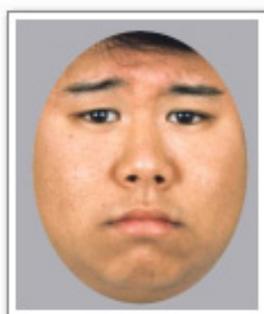
trauer_4_cama



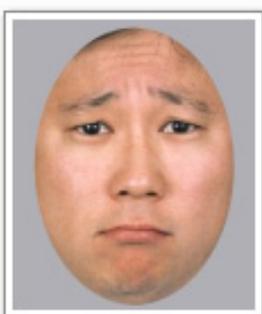
trauer_5_jafe



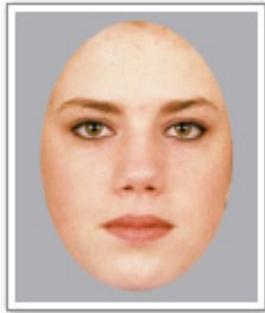
trauer_6_jafe



trauer_7_jama



trauer_8_jama



neutral_1_cafe



neutral_2_cafe



neutral_3_cama



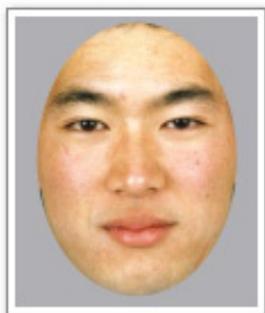
neutral_4_cama



neutral_5_jafe



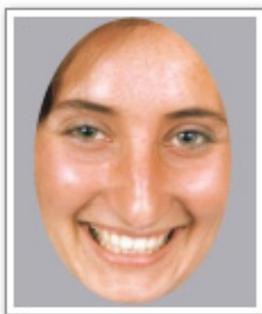
neutral_6_jafe



neutral_7_jama



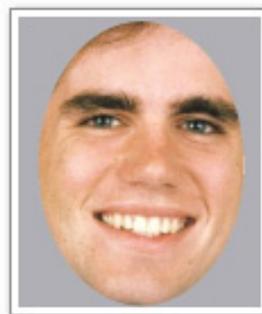
neutral_8_jama



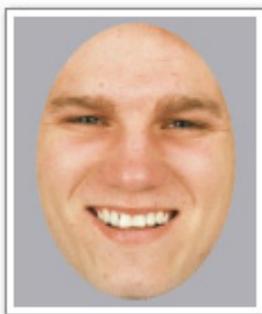
freude_1_cafe



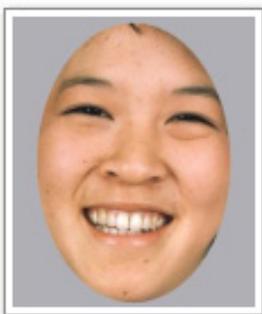
freude_2_cafe



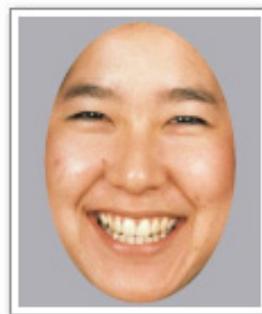
freude_3_cama



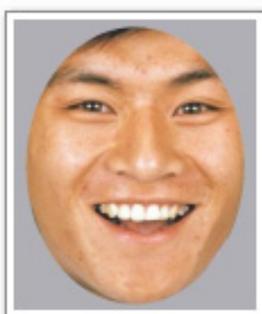
freude_4_cama



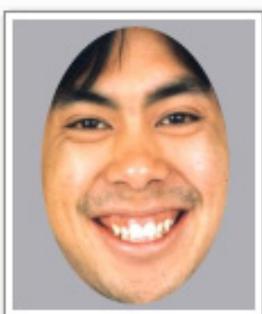
freude_5_jafe



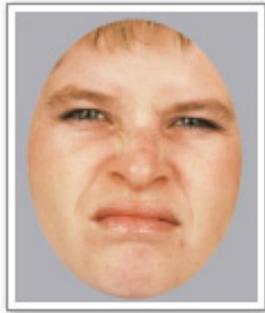
freude_6_jafe



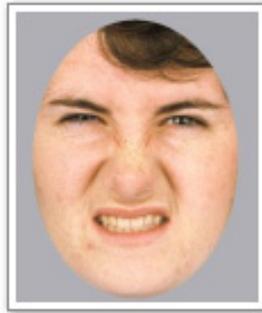
freude_7_jama



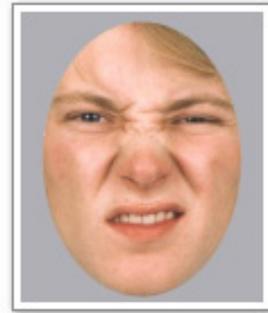
freude_8_jama



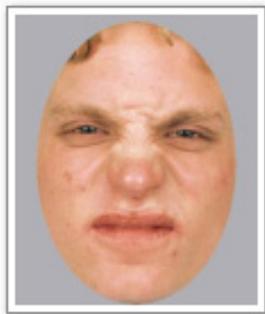
ekel_1_cafe



ekel_2_cafe



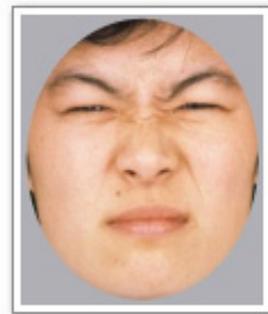
ekel_3_cama



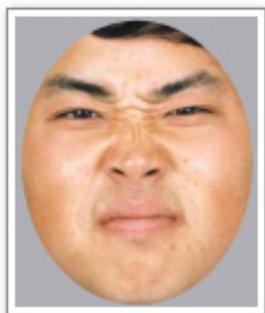
ekel_4_cama



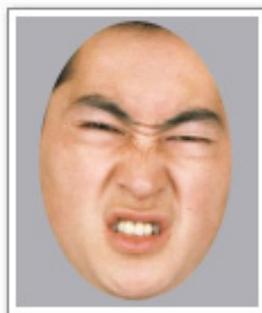
ekel_5_jafe



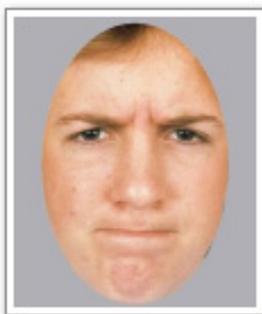
ekel_6_jafe



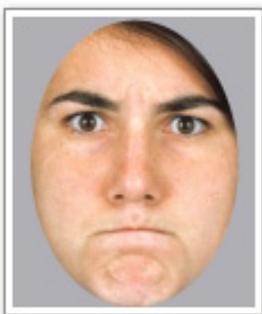
ekel_7_jama



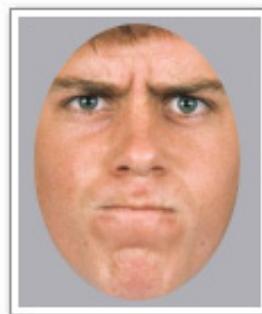
ekel_8_jama



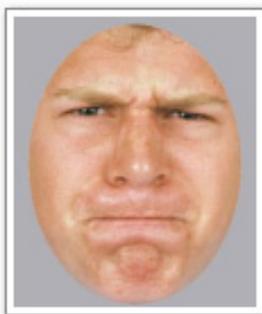
ärger_1_cafe



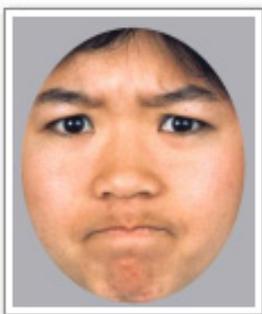
ärger_2_cafe



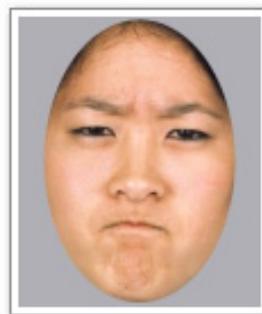
ärger_3_cama



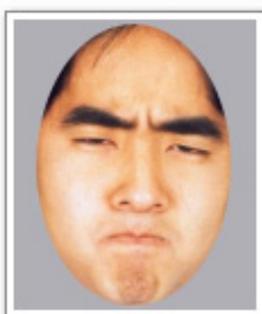
ärger_4_cama



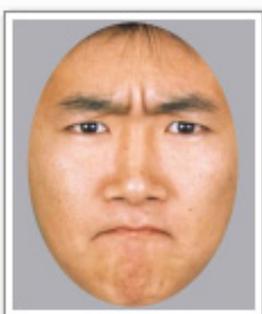
ärger_5_jafe



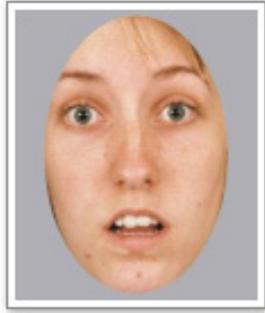
ärger_6_jafe



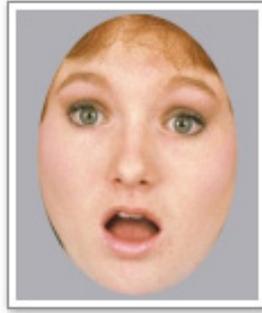
ärger_7_jama



ärger_8_jama



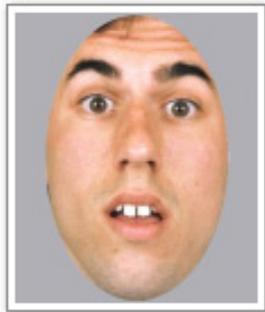
überraschung_1_cafe



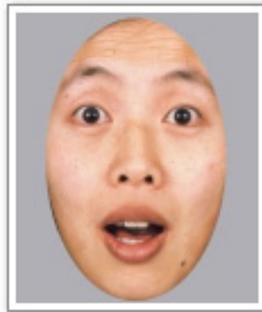
überraschung_2_cafe



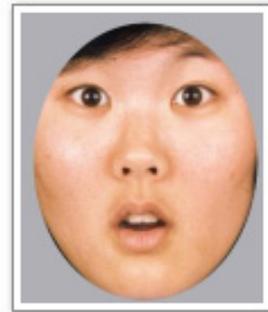
überraschung_3_cama



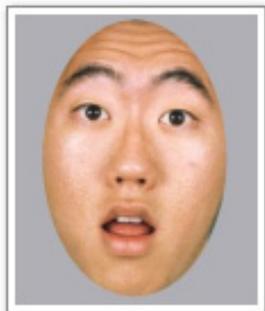
überraschung_4_cama



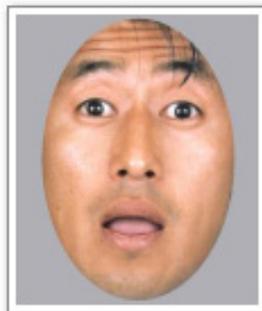
überraschung_5_jafe



überraschung_6_jafe



überraschung_7_jama



überraschung_8_jama

6.3.7 AOI-Koordinate von Studie drei

Bild	AOI_1_x1	AOI_1_y1	AOI_1_x2	AOI_1_y2	AOI_2_x1	AOI_2_y1	AOI_2_x2	AOI_2_y2	AOI_3_x1	AOI_3_y1	AOI_3_x2	AOI_3_y2
angst_1_cafe	506	607	784	714	560	481	747	600	435	333	835	476
angst_2_cafe	519	614	784	724	548	495	747	611	463	333	829	490
angst_4_cama	522	570	775	708	576	449	734	567	456	305	831	443
angst_5_jafe	510	583	791	707	550	464	728	576	457	327	829	459
angst_6_jafe	550	579	753	714	554	456	731	577	464	339	823	452
angst_7_jama	506	615	773	734	545	483	745	604	470	333	803	478
angst_8_jama	503	577	778	694	534	461	748	565	432	300	818	448
ekel_1_cafe	517	592	751	702	537	476	754	586	431	339	853	470
ekel_3_cama	535	595	754	707	554	477	747	587	436	353	841	471
ekel_4_cama	510	605	775	718	544	496	745	598	460	377	823	492
ekel_5_jafe	526	587	747	714	509	451	785	581	444	333	835	448
ekel_6_jafe	501	592	809	712	547	451	770	586	429	320	860	443
ekel_7_jama	520	581	754	698	528	456	744	564	422	314	859	448
ekel_8_jama	526	597	748	727	554	493	747	592	469	367	820	486
freude_1_cafe	489	606	773	746	538	518	753	601	445	352	829	501
freude_2_cafe	523	591	787	723	556	479	770	581	447	323	840	469
freude_3_cama	495	579	787	709	575	481	745	579	459	345	843	473
freude_4_cama	495	577	793	705	528	480	763	577	456	368	835	474
freude_5_jafe	489	576	762	705	547	478	735	562	457	318	826	471
freude_6_jafe	503	586	781	724	534	474	757	577	464	336	819	464
freude_7_jama	472	321	838	442	538	440	785	556	522	560	794	709
neutral_1_cafe	556	609	742	708	554	501	737	601	453	371	823	492
neutral_3_cama	513	626	765	715	547	492	720	616	448	364	825	483
neutral_4_cama	514	589	757	708	556	477	723	581	441	346	831	473
neutral_5_jafe	520	617	763	724	535	486	728	599	429	323	828	476
neutral_6_jafe	534	612	753	718	592	506	738	608	459	342	828	486
neutral_7_jama	529	608	763	711	557	490	734	587	450	348	829	471
neutral_8_jama	542	595	742	708	531	483	753	584	451	343	829	471
trauer_1_cafe	497	620	772	726	548	492	709	609	444	337	819	474
trauer_2_cafe	476	596	748	695	556	481	701	590	445	321	845	470
trauer_3_cama	545	580	781	701	572	472	747	573	458	344	842	464
trauer_4_cama	529	617	734	715	541	484	765	599	472	352	813	473
trauer_5_jafe	492	621	775	724	534	488	741	601	448	352	812	485
trauer_7_jama	544	573	766	692	566	464	754	574	476	308	826	455
trauer_8_jama	522	611	765	711	554	484	754	599	464	325	823	478
ärger_1_cafe	531	627	757	720	567	506	729	623	460	396	818	493
ärger_2_cafe	489	618	781	727	533	485	741	608	453	348	829	473
ärger_3_cama	509	564	762	679	545	458	740	558	439	311	831	442
ärger_4_cama	481	586	803	705	542	459	759	580	453	353	840	451
ärger_5_jafe	484	614	771	729	519	490	737	599	431	345	847	477
ärger_6_jafe	517	609	737	712	537	496	728	606	453	345	826	486
ärger_8_jama	498	609	778	721	519	487	766	605	451	342	832	478
Überraschung_1_cafe	556	603	738	731	560	480	717	598	454	327	807	467
Überraschung_3_cama	545	579	726	742	550	451	738	567	467	315	807	436
Überraschung_4_cama	523	558	756	709	559	455	728	552	479	305	807	446
Überraschung_5_jafe	545	597	731	745	553	477	719	584	460	305	807	462
Überraschung_6_jafe	544	578	731	726	550	452	723	570	458	326	826	451
Überraschung_7_jama	507	593	735	730	537	471	722	584	463	299	815	464
Überraschung_8_jama	534	580	729	723	542	455	741	571	473	299	807	449

6.3.8 Größe der AOI-Koordinaten der Studie drei

Stimulus	Area of Interest	AOI Size [px]
angst_1_cafe.bmp	AOI 003	29746
angst_1_cafe.bmp	AOI 002	22253
angst_1_cafe.bmp	AOI 001	57200
angst_1_cafe.bmp	Rest	1201521
angst_2_cafe.bmp	AOI 003	29150
angst_2_cafe.bmp	AOI 002	23084
angst_2_cafe.bmp	AOI 001	57462
angst_2_cafe.bmp	Rest	1201024
angst_4_cama.bmp	AOI 003	34914
angst_4_cama.bmp	AOI 002	18644
angst_4_cama.bmp	AOI 001	51750
angst_4_cama.bmp	Rest	1205412
angst_5_jafe.bmp	AOI 003	34844
angst_5_jafe.bmp	AOI 002	19936
angst_5_jafe.bmp	AOI 001	49104
angst_5_jafe.bmp	Rest	1206836
angst_6_jafe.bmp	AOI 003	27405
angst_6_jafe.bmp	AOI 002	21417
angst_6_jafe.bmp	AOI 001	40567
angst_6_jafe.bmp	Rest	1221331
angst_7_jama.bmp	AOI 003	31773
angst_7_jama.bmp	AOI 002	24200
angst_7_jama.bmp	AOI 001	48285
angst_7_jama.bmp	Rest	1206462
angst_8_jama.bmp	AOI 003	32175
angst_8_jama.bmp	AOI 002	22256
angst_8_jama.bmp	AOI 001	57128
angst_8_jama.bmp	Rest	1199161
Ärger_1_cafe.bmp	AOI 003	21018
Ärger_1_cafe.bmp	AOI 002	18954
Ärger_1_cafe.bmp	AOI 001	34726
Ärger_1_cafe.bmp	Rest	1236022
Ärger_2_cafe.bmp	AOI 003	31828
Ärger_2_cafe.bmp	AOI 002	25584
Ärger_2_cafe.bmp	AOI 001	47000
Ärger_2_cafe.bmp	Rest	1206308
Ärger_3_cama.bmp	AOI 003	29095
Ärger_3_cama.bmp	AOI 002	19500
Ärger_3_cama.bmp	AOI 001	51352
Ärger_3_cama.bmp	Rest	1210773
Ärger_4_cama.bmp	AOI 003	38318
Ärger_4_cama.bmp	AOI 002	26257
Ärger_4_cama.bmp	AOI 001	37926
Ärger_4_cama.bmp	Rest	1208219
Ärger_5_jafe.bmp	AOI 003	33005
Ärger_5_jafe.bmp	AOI 002	23762
Ärger_5_jafe.bmp	AOI 001	54912
Ärger_5_jafe.bmp	Rest	1199041
Ärger_6_jafe.bmp	AOI 003	22660
Ärger_6_jafe.bmp	AOI 002	21010
Ärger_6_jafe.bmp	AOI 001	52593
Ärger_6_jafe.bmp	Rest	1214457
Ärger_8_jama.bmp	AOI 003	31360
Ärger_8_jama.bmp	AOI 002	29146
Ärger_8_jama.bmp	AOI 001	51816

Stimulus	Area of Interest	AOI Size [px]
Ärger_8_jama.bmp	Rest	1198398
ekel_1_cafe.bmp	AOI 003	25740
ekel_1_cafe.bmp	AOI 002	23870
ekel_1_cafe.bmp	AOI 001	55282
ekel_1_cafe.bmp	Rest	1205828
ekel_3_cama.bmp	AOI 003	24528
ekel_3_cama.bmp	AOI 002	21230
ekel_3_cama.bmp	AOI 001	47790
ekel_3_cama.bmp	Rest	1217172
ekel_4_cama.bmp	AOI 003	29945
ekel_4_cama.bmp	AOI 002	20502
ekel_4_cama.bmp	AOI 001	41745
ekel_4_cama.bmp	Rest	1218528
ekel_5_jafe.bmp	AOI 003	28067
ekel_5_jafe.bmp	AOI 002	35880
ekel_5_jafe.bmp	AOI 001	44965
ekel_5_jafe.bmp	Rest	1201808
ekel_6_jafe.bmp	AOI 003	36960
ekel_6_jafe.bmp	AOI 002	30105
ekel_6_jafe.bmp	AOI 001	53013
ekel_6_jafe.bmp	Rest	1190642
ekel_7_jama.bmp	AOI 003	27378
ekel_7_jama.bmp	AOI 002	23328
ekel_7_jama.bmp	AOI 001	58558
ekel_7_jama.bmp	Rest	1201456
ekel_8_jama.bmp	AOI 003	28860
ekel_8_jama.bmp	AOI 002	19107
ekel_8_jama.bmp	AOI 001	41769
ekel_8_jama.bmp	Rest	1220984
freude_1_cafe.bmp	AOI 003	39760
freude_1_cafe.bmp	AOI 002	17845
freude_1_cafe.bmp	AOI 001	57216
freude_1_cafe.bmp	Rest	1195899
freude_2_cafe.bmp	AOI 003	34848
freude_2_cafe.bmp	AOI 002	21828
freude_2_cafe.bmp	AOI 001	57378
freude_2_cafe.bmp	Rest	1196666
freude_3_cama.bmp	AOI 003	37960
freude_3_cama.bmp	AOI 002	16660
freude_3_cama.bmp	AOI 001	49152
freude_3_cama.bmp	Rest	1206948
freude_4_cama.bmp	AOI 003	38144
freude_4_cama.bmp	AOI 002	22795
freude_4_cama.bmp	AOI 001	40174
freude_4_cama.bmp	Rest	1209607
freude_5_jafe.bmp	AOI 003	35217
freude_5_jafe.bmp	AOI 002	15792
freude_5_jafe.bmp	AOI 001	56457
freude_5_jafe.bmp	Rest	1203254
freude_6_jafe.bmp	AOI 003	38364
freude_6_jafe.bmp	AOI 002	22969
freude_6_jafe.bmp	AOI 001	45440
freude_6_jafe.bmp	Rest	1203947
freude_7_jama.bmp	AOI 003	40528
freude_7_jama.bmp	AOI 002	28652
freude_7_jama.bmp	AOI 001	44286
freude_7_jama.bmp	Rest	1197748
neutral_1_cafe.bmp	AOI 003	18414

Stimulus	Area of Interest	AOI Size [px]
neutral_1_cafe.bmp	AOI 002	18300
neutral_1_cafe.bmp	AOI 001	44770
neutral_1_cafe.bmp	Rest	1229236
neutral_3_cama.bmp	AOI 003	22428
neutral_3_cama.bmp	AOI 002	21452
neutral_3_cama.bmp	AOI 001	44863
neutral_3_cama.bmp	Rest	1221977
neutral_4_cama.bmp	AOI 003	28917
neutral_4_cama.bmp	AOI 002	17368
neutral_4_cama.bmp	AOI 001	49530
neutral_4_cama.bmp	Rest	1214905
neutral_5_jafe.bmp	AOI 003	26001
neutral_5_jafe.bmp	AOI 002	21809
neutral_5_jafe.bmp	AOI 001	61047
neutral_5_jafe.bmp	Rest	1201863
neutral_6_jafe.bmp	AOI 003	23214
neutral_6_jafe.bmp	AOI 002	14892
neutral_6_jafe.bmp	AOI 001	53136
neutral_6_jafe.bmp	Rest	1219478
neutral_7_jama.bmp	AOI 003	24102
neutral_7_jama.bmp	AOI 002	17169
neutral_7_jama.bmp	AOI 001	46617
neutral_7_jama.bmp	Rest	1222832
neutral_8_jama.bmp	AOI 003	22600
neutral_8_jama.bmp	AOI 002	22422
neutral_8_jama.bmp	AOI 001	48384
neutral_8_jama.bmp	Rest	1217314
trauer_1_cafe.bmp	AOI 003	29150
trauer_1_cafe.bmp	AOI 002	18837
trauer_1_cafe.bmp	AOI 001	51375
trauer_1_cafe.bmp	Rest	1211358
trauer_2_cafe.bmp	AOI 003	26928
trauer_2_cafe.bmp	AOI 002	15805
trauer_2_cafe.bmp	AOI 001	59600
trauer_2_cafe.bmp	Rest	1208387
trauer_3_cama.bmp	AOI 003	28556
trauer_3_cama.bmp	AOI 002	17675
trauer_3_cama.bmp	AOI 001	46080
trauer_3_cama.bmp	Rest	1218409
trauer_4_cama.bmp	AOI 003	20090
trauer_4_cama.bmp	AOI 002	25760
trauer_4_cama.bmp	AOI 001	41261
trauer_4_cama.bmp	Rest	1223609
trauer_5_jafe.bmp	AOI 003	29149
trauer_5_jafe.bmp	AOI 002	23391
trauer_5_jafe.bmp	AOI 001	48412
trauer_5_jafe.bmp	Rest	1209768
trauer_7_jama.bmp	AOI 003	26418
trauer_7_jama.bmp	AOI 002	20680
trauer_7_jama.bmp	AOI 001	51450
trauer_7_jama.bmp	Rest	1212360
trauer_8_jama.bmp	AOI 003	24300
trauer_8_jama.bmp	AOI 002	23000
trauer_8_jama.bmp	AOI 001	54927
trauer_8_jama.bmp	Rest	1208493
Überraschung_1_cafe.bmp	AOI 003	23296
Überraschung_1_cafe.bmp	AOI 002	18526
Überraschung_1_cafe.bmp	AOI 001	49420

Stimulus	Area of Interest	AOI Size [px]
Überraschung_1_cafe.bmp	Rest	1219478
Überraschung_3_cama.bmp	AOI 003	29503
Überraschung_3_cama.bmp	AOI 002	21808
Überraschung_3_cama.bmp	AOI 001	41140
Überraschung_3_cama.bmp	Rest	1218269
Überraschung_4_cama.bmp	AOI 003	35183
Überraschung_4_cama.bmp	AOI 002	16393
Überraschung_4_cama.bmp	AOI 001	46248
Überraschung_4_cama.bmp	Rest	1212896
Überraschung_5_jafe.bmp	AOI 003	27528
Überraschung_5_jafe.bmp	AOI 002	17762
Überraschung_5_jafe.bmp	AOI 001	54479
Überraschung_5_jafe.bmp	Rest	1210951
Überraschung_6_jafe.bmp	AOI 003	27676
Überraschung_6_jafe.bmp	AOI 002	20414
Überraschung_6_jafe.bmp	AOI 001	46000
Überraschung_6_jafe.bmp	Rest	1216630
Überraschung_7_jama.bmp	AOI 003	31236
Überraschung_7_jama.bmp	AOI 002	20905
Überraschung_7_jama.bmp	AOI 001	58080
Überraschung_7_jama.bmp	Rest	1200499
Überraschung_8_jama.bmp	AOI 003	27885
Überraschung_8_jama.bmp	AOI 002	23084
Überraschung_8_jama.bmp	AOI 001	50100
Überraschung_8_jama.bmp	Rest	1209651

6.3.8.1 Erkennungsraten von Amygdala-Patienten sowie gesunden und klinischen Kontrollen

Darstellung der Prozentzahlen, Mittelwerte und Standardabweichungen der korrekt erkannten Emotionen von sieben Stimuli je Emotionskategorie und 49 Stimuli insgesamt in Abhängigkeit von Gruppe.

	M (SD)Hit Angst	M (SD)Hit Freude	M (SD)Hit Überr.	M (SD)Hit Ekel	M (SD)Hit Trauer	M (SD)Hit Ärger	M (SD)Hit Neutral	Sum (SD)Hit Emo
T1								
Amygdala-Patienten (N = 5)	45.71 % 3.20 (± 2.17)	91.43 % 6.40 (± 0.89)	80.00 % 5.60 (± 1.67)	60.00 % 4.20 (± 2.39)	62.86 % 4.40 (± 2.19)	80.00 % 5.60 (± 0.89)	80.00 % 5.60 (± 2.61)	71.43 % 35.00 (± 6.40)
Klinische Kontrollen (N = 3)	57.14 % 4.00 (± 2.65)	100 % 7.00 (± 0.00)	90.43 % 6.33 (± 0.58)	42.86 % 3.00 (± 3.00)	42.86 % 3.00 (± 3.00)	95.29 % 6.67 (± 5.78)	85.71 % 6.00 (± 1.73)	73.47 % 36.00 (± 2.65)
Gesunde Kontrollen (N = 14)	68.14 % 4.77 (± 1.96)	98.86 % 6.92 (± 0.28)	87.86 % 6.15 (± 1.07)	75.86 % 5.31 (± 1.97)	75.86 % 5.31 (± 1.80)	92.29 % 6.46 (± 0.89)	93.43 % 6.54 (± 0.97)	71.43 % 35.00 (± 6.40)
T2								
Amygdala-Patienten (N = 4)	46.43 % 3.25 (± 2.21)	96.43 % 6.75 (± 0.50)	89.29 % 6.25 (± 0.96)	53.57 % 3.75 (± 2.36)	57.14 % 4.00 (± 1.41)	89.29 % 6.25 (± 1.50)	89.29 % 6.25 (± 0.96)	74.49 % 36.50 (± 3.10)
Klinische Kontrollen (N = 3)	52.43 % 3.67 (± 2.08)	100 % 7.00 (± 0.00)	90.43 % 6.33 (± 0.58)	42.86 % 3.00 (± 3.60)	42.86 % 3.00 (± 2.65)	66.71 % 4.67 (± 2.52)	95.29 % 6.67 (± 0.58)	70.06 % 34.33 (± 8.14)
Gesunde Kontrollen (N = 13)	73.43 % 5.14 (± 1.51)	100 % 7.00 (± 0.00)	92.86 % 6.50 (± 0.65)	86.71 % 6.07 (± 1.86)	82.71 % 5.79 (± 1.42)	92.86 % 6.50 (± 1.10)	92.86 % 6.50 (± 0.76)	88.78 % 43.50 (± 3.95)
T3								
Amygdala-Patienten (N = 5)	45.71 % 3.20 (± 1.79)	91.43 % 6.40 (± 1.34)	85.71 % 6.00 (± 1.23)	74.29 % 5.20 (± 2.17)	62.86 % 4.40 (± 2.97)	94.29 % 6.60 (± 0.55)	85.71 % 6.00 (± 1.00)	77.14 % 37.80 (± 5.50)
Klinische Kontrollen (N = 3)	66.71 % 4.67 (± 1.53)	100 % 7.00 (± 0.00)	92.29 % 6.67 (± 0.58)	47.57 % 3.33 (± 3.51)	61.86 % 4.33 (± 2.89)	81.00 % 5.67 (± 2.31)	81.00 % 5.67 (± 2.31)	76.18 % 37.33 (± 6.66)
Gesunde Kontrollen (N = 13)	71.43 % 5.00 (± 2.48)	98.86 % 6.92 (± 0.28)	90.14 % 6.31 (± 0.63)	85.71 % 6.00 (± 1.87)	84.57 % 5.92 (± 1.66)	94.57 % 6.62 (± 0.77)	94.57 % 6.62 (± 0.65)	88.53 % 43.38 (± 5.68)

6.3.8.2 Summe der Fixationsdauern (ms) für Amygdala-Patienten und gesunde Kontrollen auf den verschiedenen AOI und der Augenregion bei angstvollen Gesichtern zu T1 und T3

Vpn	AOI 1 T1 SumFix- Dauer	AOI 2 T1 SumFix- Dauer	AOI 3 T1 SumFix- Dauer	AOI 4 T1 SumFix- Dauer	Angst AOI 1 SumFix- Dauer
T1					
1	98	267	1106	375	3
3	329	604	342	540	66
7	10	943	487	297	0
14	1098	205	155	316	166
Amyg-Pat.					
M (SD) (N = 4)	384 (± 494)	505 (± 340)	522 (± 412)	382 (± 110)	59 (± 78)
GK					
M (SD) (N = 13)	837 (± 358)	292 (± 110)	359 (± 237)	271 (± 70)	120 (± 52)
T3					
1	71	264	936	252	0
3	449	520	190	485	70
7	45	1033	319	436	16
14	889	372	217	273	158
Amyg-Pat.					
M (SD) (N = 4)	364 (± 396)	547 (± 340)	415 (± 351)	362 (± 117)	61 (± 72)
GK					
M (SD) (N = 13)	831 (± 412)	342 (± 202)	341 (± 254)	288 (± 94)	122 (± 55)
Diff Amyg-Pat.					
T3-T1 M (SD)	-20 (± 120)	-42 (± 94)	-107 (± 97)	-205 (± 97)	2 (± 9)
Diff GK					
T3-T1 M (SD)	-5 (± 104)	49 (± 137)	-17 (± 114)	17 (± 50)	1 (± 17)

6.4 Fragebögen

6.4.1 BDI

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

A

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

B

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

C

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

E

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

F

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

G

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

D

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

I

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

J

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

H

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

M

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

N

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

K

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

L

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

Q

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

O

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

P

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

T

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

R

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

S

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

Ich esse absichtlich weniger, um abzunehmen:

Ja

Nein

U

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

Subtotal Seite 1

Subtotal Seite 2

Subtotal Seite 3

Summe

6.4.2 STAI-S

Anleitung: Im folgenden Fragebogen finden Sie eine Reihe von Feststellungen, mit denen man sich selbst beschreiben kann. Bitte lesen Sie jede Feststellung durch und wählen Sie aus den vier Antworten diejenige aus, die angibt, wie Sie sich **jetzt**, d.h. **in diesem Moment** fühlen. Kreuzen Sie bitte bei jeder Feststellung das Kästchen unter der von Ihnen gewählten Antwort an. Es gibt keine richtigen oder falschen Antworten. Überlegen Sie bitte nicht lange und denken Sie daran, diejenige Antwort auszuwählen, die ihren **augenblicklichen** Gefühlszustand am besten beschreibt.

	überhaupt nicht	ein wenig	ziemlich	stark
1. Ich bin ruhig.				
2. Ich fühle mich geborgen.				
3. Ich fühle mich angespannt.				
4. Ich bin bekümmert.				
5. Ich bin gelöst.				
6. Ich bin aufgeregt.				
7. Ich bin besorgt, dass etwas schief gehen könnte.				
8. Ich fühle mich ausgeruht.				
9. Ich bin beunruhigt.				
10. Ich fühle mich wohl.				
11. Ich fühle mich selbstsicher.				
12. Ich bin nervös.				
13. Ich bin zappelig.				
14. Ich bin verkrampft.				
15. Ich bin entspannt.				
16. Ich bin zufrieden.				
17. Ich bin besorgt.				
18. Ich bin überreizt.				
19. Ich bin froh.				
20. Ich bin vergnügt.				

6.4.3 STAIT-T

Anleitung: Im folgenden Fragebogen finden Sie eine Reihe von Feststellungen, mit denen man sich selbst beschreiben kann. Bitte lesen Sie jede Feststellung durch und wählen Sie aus den vier Antworten diejenige aus, die angibt, wie Sie sich **im Allgemeinen** fühlen. Kreuzen Sie bitte bei jeder Feststellung das Kästchen unter der von Ihnen gewählten Antwort an. Es gibt keine richtigen oder falschen Antworten. Überlegen Sie bitte nicht lange und denken Sie daran, diejenige Antwort auszuwählen, die am besten beschreibt, wie Sie sich **im Allgemeinen** fühlen.

	überhaupt nicht	ein wenig	ziemlich	stark
21. Ich bin vergnügt.				
22. Ich werde schnell müde.				
23. Mir ist zum Weinen zumute.				
24. Ich glaube, es geht mir schlechter als anderen Leuten.				
25. Ich verpasse günstige Gelegenheiten, weil ich mich nicht schnell genug entscheiden kann.				
26. Ich fühle mich ausgeruht.				
27. Ich bin ruhig und gelassen.				
28. Ich glaube, dass mir meine Schwierigkeiten über den Kopf wachsen.				
29. Ich mache mir zu viel Gedanken über unwichtige Dinge.				
30. Ich bin glücklich.				
31. Ich neige dazu, alles schwer zu nehmen.				
32. Mir fehlt es an Selbstvertrauen.				
33. Ich fühle mich geborgen.				
34. Ich mache mir Sorgen über mögliches Missgeschick.				
35. Ich fühle mich niedergeschlagen.				
36. Ich bin zufrieden.				
37. Unwichtige Gedanken gehen mir durch den Kopf und bedrücken mich.				
38. Enttäuschungen nehme ich so schwer, dass ich sie nicht vergessen kann.				
39. Ich bin ausgeglichen.				
40. Ich werde nervös und unruhig, wenn ich an meine derzeitigen Angelegenheiten denke.				

6.4.4 ERQ

Wir möchten Ihnen gerne einige Fragen zu Ihren Gefühlen stellen. Uns interessiert, wie Sie Ihre Gefühle unter Kontrolle halten bzw. regulieren. Zwei Aspekte Ihrer Gefühle interessieren uns dabei besonders. Einerseits ist dies Ihr emotionales Erleben, also was Sie *innen* fühlen. Andererseits geht es um den emotionalen Ausdruck, also wie Sie Ihre Gefühle verbal, gestisch oder im Verhalten nach *außen* zeigen. Obwohl manche der Fragen ziemlich ähnlich klingen, unterscheiden sie sich in wesentlichen Punkten.

Bitte beantworten Sie die Fragen, indem Sie folgende Antwortmöglichkeiten benutzen.

1-----2-----3-----4-----5-----6-----7

stimmt überhaupt nicht	neutral	stimmt vollkommen
------------------------------	---------	----------------------

1. ____ Wenn ich *mehr positive* Gefühle (wie Freude oder Heiterkeit) empfinden möchte, ändere ich, woran ich denke.
2. ____ Ich behalte meine Gefühle für mich.
3. ____ Wenn ich *weniger negative* Gefühle (wie Traurigkeit oder Ärger) empfinden möchte, ändere ich, woran ich denke.
4. ____ Wenn ich *positive* Gefühle empfinde, bemühe ich mich, sie *nicht* nach außen zu zeigen.
5. ____ Wenn ich in eine stressige Situation gerate, ändere ich meine Gedanken über die Situation so, dass es mich beruhigt.
6. ____ Ich halte meine Gefühle unter Kontrolle, indem ich sie *nicht* nach außen zeige.
7. ____ Wenn ich *mehr positive* Gefühle empfinden möchte, versuche ich über die Situation anders zu denken.
8. ____ Ich halte meine Gefühle unter Kontrolle, indem ich über meine aktuelle Situation anders nachdenke.
9. ____ Wenn ich *negative* Gefühle empfinde, Sorge ich dafür, sie *nicht* nach außen zu zeigen.
10. ____ Wenn ich *weniger negative* Gefühle empfinden möchte, versuche ich über die Situation anders zu denken.

6.4.5 PANAS

Dieser Fragebogen enthält eine Reihe von Wörtern, die unterschiedliche Gefühle und Empfindungen beschreiben. Lesen Sie jedes Wort und tragen dann in die Skala neben jedem Wort die Intensität ein. Sie haben die Möglichkeit, zwischen fünf Abstufungen zu wählen.

Geben Sie bitte an, wie Sie sich **im Moment** fühlen.

	ganz wenig oder gar nicht	ein bisschen	einiger- maßen	erheblich	äußerst
aktiv					
bekümmert					
interessiert					
freudig erregt					
verärgert					
stark					
schuldig					
erschrocken					
feindselig					
angeregt					
stolz					
gereizt					
begeistert					
beschämt					
wach					
nervös					
entschlossen					
aufmerksam					
durcheinander					
ängstlich					

6.4.6 TAS-20

Bitte geben Sie den Grad Ihrer Zustimmung zu den folgenden zwanzig Aussagen auf der fünfstufigen Skala an. (1 = trifft nicht zu; 5 = trifft absolut zu).

1. Mir ist oft unklar, welche Gefühle ich gerade habe.	1	2	3	4	5
2. Es fällt mir schwer, die richtigen Worte für meine Gefühle zu finden.	1	2	3	4	5
3. Ich habe körperliche Empfindungen, die sogar die Ärzte nicht verstehen.	1	2	3	4	5
4. Es fällt mir leicht, meine Gefühle zu beschreiben.	1	2	3	4	5
5. Ich gehe lieber Problemen auf den Grund, als sie nur zu beschreiben.	1	2	3	4	5
6. Wenn mich etwas aus der Fassung gebracht hat, weiß ich oft nicht, ob ich traurig, ängstlich oder wütend bin.	1	2	3	4	5
7. Ich bin oft über Vorgänge in meinem Körper verwirrt.	1	2	3	4	5
8. Ich lasse die Dinge lieber einfach geschehen und versuche nicht herauszufinden, warum sie gerade so passiert sind.	1	2	3	4	5
9. Einige Gefühle kann ich gar nicht richtig benennen.	1	2	3	4	5
10. Sich mit Gefühlen zu beschäftigen finde ich sehr wichtig.	1	2	3	4	5
11. Ich finde es schwierig zu beschreiben, was ich für andere Menschen empfinde.	1	2	3	4	5
12. Andere fordern mich auf, meine Gefühle mehr zu beschreiben.	1	2	3	4	5
13. Ich weiß nicht, was in mir vorgeht.	1	2	3	4	5
14. Ich weiß oft nicht, warum ich wütend bin.	1	2	3	4	5
15. Ich unterhalte mich mit anderen nicht so gerne über ihre Gefühle, sondern lieber darüber, womit sie sich täglich beschäftigen.	1	2	3	4	5
16. Ich sehe mir lieber „leichte“ Unterhaltungsstücke als psychologische Problemfilme an.	1	2	3	4	5
17. Es fällt mir schwer, selbst engen Freunden gegenüber meine innersten Gefühle mitzuteilen.	1	2	3	4	5
18. Ich kann mich jemandem sogar in Augenblicken des Schweigens sehr nahe fühlen.	1	2	3	4	5
19. Ich finde, dass das Mir-Klarwerden über meine Gefühle wichtig ist, wenn ich persönliche Probleme lösen muss.	1	2	3	4	5
20. Durch die Suche nach verborgenen Bedeutungen nimmt man sich das Vergnügen an Filmen oder Theaterstücken.	1	2	3	4	5

6.4.7 MWTB

Finden Sie in jeder Zeile das richtige Wort!

1. Nale – Sahe – Nase – Nesa – Sehna
2. Funktion – Kuntion – Finzahn – Tuntion
3. Struk – Streik – Sturk – Streck – Kreik
4. Kulinse – Kulerane – Kulisse – Klubihle – Kubistane
5. Kenekel – Sesonk – Kelume – Gelenk – Gelerge
6. siziol – salzahl – sozihl – sziam – sozial
7. Sympasie – Symmofeltrie – Symmantrie – Symphonie – Symplanie
8. Umma – Pamme – Nelle – Ampe – Amme
9. Krusse – Surke – Krustelle – Kruste – Struke
10. Kirse – Sirke – Krise – Krospe – Serise
11. Tinxur – Kukutur – Fraktan – Tinktur – Rimsuhr
12. Unfision – Fudision – Infusion – Syntusion – Nuridion
13. Feudasmus – Fonderismus – Föderalismus – Födismus – Föderasmus
14. Redor – Radium – Terion – Dramin – Orakium
15. kentern – knerte – kanzern – kretern – trekern
16. Kantate – Rakante – Kenture – Krutehne – Kallara
17. schalieren – waschieren – wakieren – schackieren – kaschieren
18. Tuhl – Lar – Lest – Dall – Lid
19. Dissonanz – Diskrisanz – Distranz – Dinotanz – Siodenz
20. Ferindo – Inferno – Orfina – Firanetto – Imfindio
21. Rilkiase – Kilister – Riliker – Klistier – Linkure
22. kurinesisch – kulinarisch – kumensisch – kulissarisch – kannastrisch
23. Rosto – Torso – Soro – Torgos – Tosor
24. Kleiber – Beikel – Keibel – Reikler – Biekerl
25. Ralke – Korre – Ruckse – Recke – Ulte
26. Lamone – Talane – Matrone – Tarone – Malonte
27. Tuma – Umat – Maut – Taum – Muta
28. Sorekin – Sarowin – Rosakin – Marosin – Kerosin
29. beralen – gerältet – anälteren – untären – verbrämen
30. Kapaun – Paukan – Naupack – Aupeck – Ankepran
31. Sickaber – Bassiker – Kassiber – Sassiker – Askiber
32. Pucker – Keuper – Eucker – Reuspeck – Urkane
33. Spirine – Saprin – Parsin – Purin – Asprint
34. Kulon – Solgun – Koskan – Soran – Klonus
35. Adept – Padet – Edapt – Epatt – Taped
36. Gindelat – Tingerat – Indigenat – Nitgessar – Ringelaar
37. Berkizia – Brekzie – Birakize – Brikazie – Bakiria

Lebenslauf

- 10/2009 - heute **Neuropsychologin** in der Gedächtnisambulanz des Universitätsklinikums Bonn (Priv.- Doz. Dr. med Frank Jessen)
- 04/2007 – heute **Wissenschaftliche Mitarbeiterin und Lehrkoordinatorin** in der Abteilung für Medizinische Psychologie des Universitätsklinikums Bonn (Prof. Dr. med. Dr. phil. H. Walter), eingesetzt in der Forschungsgruppe “Social Cognitive Affective Neuroscience” der Universität Bonn
- 03/2006 – 03/2007 **Wissenschaftliche Mitarbeiterin** am Brain Imaging Center Frankfurt am Main in der Abteilung „Epilepsie, Schlaf und EEG“ (PD Dr. med. K. Krakow)
- 10/2005 – 04/2007 **Studium der Psychologie (M.A.)** an der Universität Erfurt
- 10/2002 – 04/2005 **Studium der Psychologie (B.A.) und Vergleichenden Religionswissenschaften (B.A.)** an der Universität Erfurt
- 2001 **Allgemeine Hochschulreife** am Felix-Klein-Gymnasium, Göttingen

Erklärung

Ich erkläre hiermit ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe; die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht. Bei der Auswahl und Auswertung des Materials sowie bei der Herstellung des Manuskripts habe ich keine Unterstützungsleistung erhalten.

Weitere Personen waren an der geistigen Herstellung der vorliegenden Arbeit nicht beteiligt. Insbesondere habe ich nicht die Hilfe eines Promotionsberaters in Anspruch genommen. Dritte haben von mir weder unmittelbar noch mittelbar geldwertige Leistungen für die Arbeiten erhalten, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen.

Die Arbeit oder Teile davon wurden bisher weder im Inland noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde als Dissertation vorgelegt. Ferner erkläre ich, dass ich nicht bereits eine gleichartige Doktorprüfung an einer Hochschule endgültig nicht bestanden habe.

Bonn, den 12.04.2010

Ann-Katrin Herbold